



Comune di Pertosa



Comune di Auletta

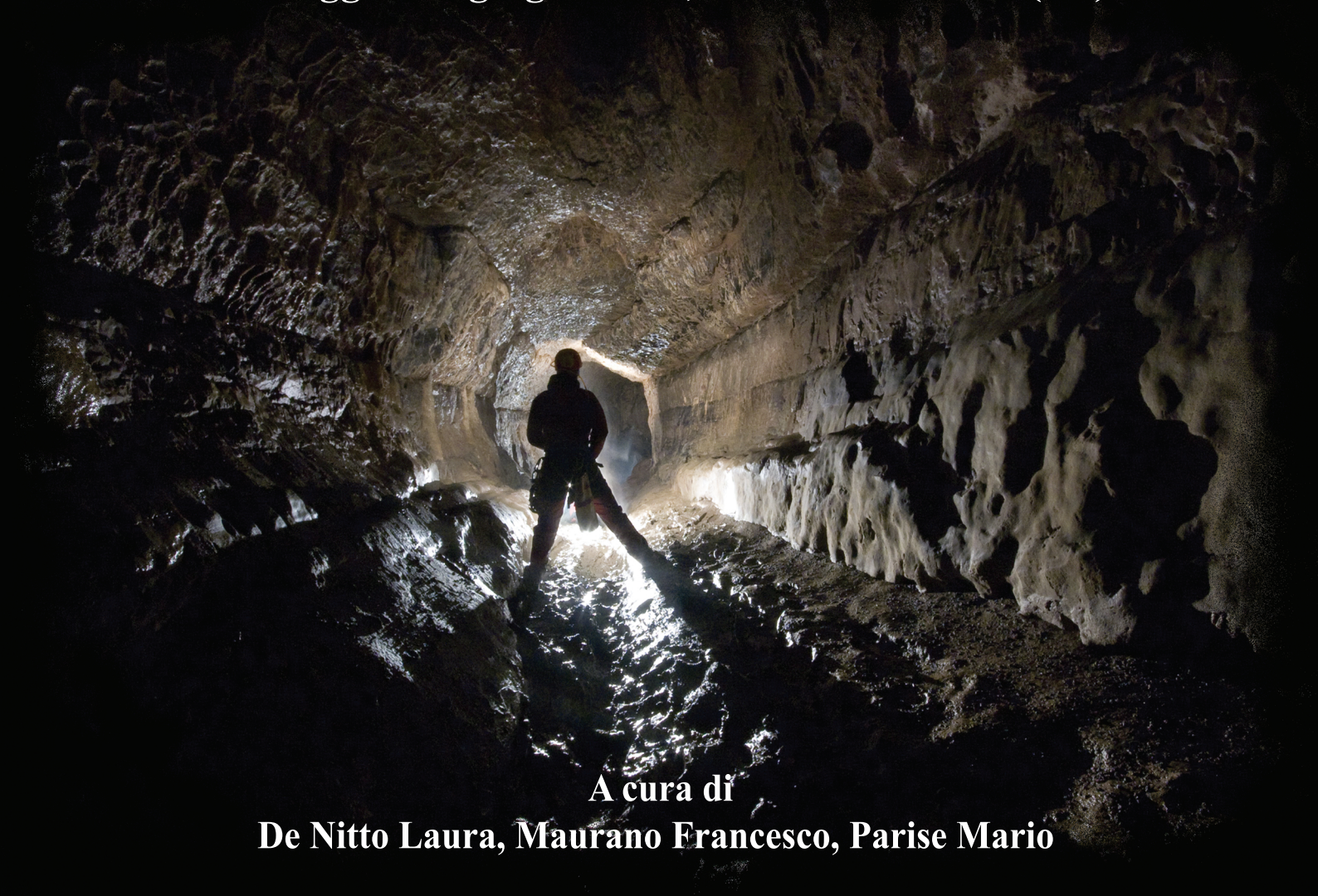
Atti

XXII Congresso Nazionale di Speleologia

Euro Speleo Forum 2015

“Condividere i dati”

30 maggio – 2 giugno 2015, Pertosa – Auletta (SA)



A cura di
De Nitto Laura, Maurano Francesco, Parise Mario

Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia
Serie II, vol. XXIX – 2015



9 788889 897119

Società Speleologica Italiana
Federazione Speleologica Campana
Gruppo Speleo Alpinistico Vallo di Diano
Fondazione Musei Integrati dell’Ambiente
Comune di Pertosa
Comune di Auletta

Atti XXII Congresso Nazionale di Speleologia
Euro Speleo Forum 2015
“Condividere i dati”
30 maggio – 2 giugno 2015 Pertosa – Auletta (SA)

A cura di
De Nitto Laura, Maurano Francesco, Parise Mario

Memorie dell’Istituto italiano di Speleologia
Serie II, vol. XXIX – 2015

Memorie dell'Istituto italiano di Speleologia, Serie II, vol. XXIX – 2015
Atti XXII Congresso Nazionale di Speleologia – Euro Speleo Forum 2015
“Condividere i dati”
30 maggio – 2 giugno 2015, Pertosa – Auletta (SA)
@ 2015 Società Speleologica Italiana

ISBN: 978-88-89897-11-9

Finito di stampare maggio 2015

In copertina: Inghiottitoio del Cozzetta - Foto: Francesco Maurano
Retro di copertina: Grotta dello Scalandrone - Foto: Francesco Maurano

Il contenuto e la forma degli articoli pubblicati impegnano esclusivamente gli Autori. Nessuna parte della presente pubblicazione può essere riprodotta senza il consenso degli Autori.

I diritti di riproduzione sotto qualsiasi forma intera o parziale sono riservati a:

Società Speleologica Italiana

Via Zamboni 67 - 40126 Bologna

Organizzato da:

Società Speleologica Italiana
Federazione Speleologica Campana
Gruppo Speleo Alpinistico Vallo di Diano
Fondazione MIIdA,
Comune di Pertosa
Comune di Auletta

Coordinamento editoriale e impaginazione:

Francesco Maurano, Laura De Nitto

Comitato organizzatore:

Francesco Maurano, Laura De Nitto, Giuseppe Paladino, Immacolata Nunneri, Antonella Giammarino, Raffaele Fasano, Francesco D'Orilia, Michele Caggiano, Pietro Pessolano, Giampietro Marchesi, Vincenzo Martimucci, Michele Manco, Domenico Barba, Luigi Cavallo, Antonietta Cafaro, Simona Cafaro, Francesca Caggiano, Luca Calzolari, Mario Cancro, Antonio Coronato, Pasquale Curcio, Ada De Matteo, Anna De Mauro, Sossio Del Prete, Pierino Di Blasio, Massimo Goldoni, Alessandra Lanzetta, Gaetano Monaco, Luciano Montefusco, Vittorio Morrone, Vincenzo Soldovieri.

Comitato Scientifico:

Presidente: Mario Parise

Membri: Giovanni Badino, Luca Calzolari, Franco Cucchi, Jo De Waele, Italo Giulivo, Massimo Goldoni, Leonardo Piccini, Antonio Santo.

Con il Patrocinio di:

Università degli Studi della Basilicata, Club Alpino Italiano, Corpo Nazionale Soccorso Alpino e Speleologico, Ordine dei Geologi della Campania, Società Italiana di Geologia Ambientale, Osservatorio Europeo del Paesaggio - Arco Latino, Seconda Università degli Studi di Napoli, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Consiglio Nazionale dei Geologi, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale - Università di Napoli "Federico II", Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni, Federazione Europea di Speleologia, Associazione Grotte Turistiche Italiane, Federazione Italiana Escursionismo, Comunità Montana Vallo di Diano, Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica – CNR, Federazione Nazionale dei Consorzi di Bacino Imbrifero Montano, Provincia di Salerno

Con il contributo di:

Federazione Europea di Speleologia, Uka Pacha, Mercoledisanto, Beal, Climbing Tecnology, G.&G.I.S., Terralab, Scurion, Adventure Vertical, Santo Jacopo salumi, Emme & PI, Amaro Teggiano, Mulino Aquara Alburni, Colline del Tanagro, Pallino shop, Scherzi di Grano

Si consiglia la seguente citazione:

De Nitto L., Maurano F., Parise M. (eds)

Atti XXII Congresso Nazionale di Speleologia – Euro Speleo Forum 2015 “Condividere i dati”
30 maggio – 2 giugno 2015, Pertosa – Auletta (SA)

Memorie dell'Istituto italiano di Speleologia, Serie II, vol. XXIX – 2015

Indice

<i>Prefazioni</i>	10
Cinquant'anni di comunicazione in Speleologia: la rivoluzione vista da un addetto ai lavori. <i>P. Forti</i>	25
La Grotta di Pertosa. <i>G. De Paola</i>	31
Considerazioni di Arrigo Cigna al volume: "Grotta di Perosa" Paradiso di meraviglie di G. De Paola.	57
Documentazione	
<i>Documentazione - A1 Collezione di grotte: catalogare e archiviare. Il mondo dei catasti, la loro gestione e la diffusione dei dati</i>	
Le aree carsiche di rilevante interesse idrogeologico, ambientale e paesaggistico della Liguria (Italia). <i>Benedettini A., Calandri G., Cavallo C., Chiesa R., Faccini F., Giordani G., Massa E., Massucco R., Perasso L., Poggi F., Vernassa A., Vinai D.</i>	58
L'esplorazione delle zone a carenza d'aria respirabile della Miniera di zolfo di Perticara (RN): tecniche e attrezzature. <i>Belvederi G., Fogli G., Garberi M.L., Giordani M., Gonella S., Leandri O., Peruzzi F., Rossi G.</i>	64
Il Centro Italiano di Documentazione Speleologica "Franco Anelli": quarant'anni di crescita tumultuosa. <i>Forti P., Sivelli M.</i>	70
Cinque anni del Portale delle Grotte d'Italia. <i>Del Vecchio U., Meuli V., Martimucci V.</i>	76
Una nuova idea di struttura per il database di gestione del catasto delle grotte. <i>Del Vecchio U., Piccini L., Pani D.</i>	77
Concetti base per la registrazione geografica e la rappresentazione spaziale delle grotte. <i>Piccini L., Pani D.</i>	82
Per un Catasto delle Grotte del Chiapas, Messico. <i>Zárate-Gálvez K., Lazzaroni M., Dávila García A., Dávila García L., Bernabei T.</i>	88
Dalle grotte ai geoportali e ai dati aperti: esperienze in Emilia-Romagna. <i>Olivucci S., Martini A., Formella W., Belvederi G., Panichi S.</i>	93
Catalogo delle mineralizzazioni secondarie riscontrate all'interno di alcune grotte vulcaniche Etnee. <i>Barone G., Mazzoleni P., Priolo G.</i>	99
L'importanza della documentazione (antica e recente): bibliografia delle grotte del Massiccio degli Alburni (Campania). <i>Parise M.</i>	110
Contributo alla storia della speleologia: Pietro Parenzan (1902-1992). <i>Guidi P.</i>	176
<i>Documentazione - A2 Nuove tecnologie in vecchie grotte: Il buono (e Il cattivo) uso di nuove tecniche e strumenti</i>	
cSurvey e i portali catastali: nuovi strumenti per l'interfacciamento e per la rappresentazione tridimensionale dei dati online. <i>Cendron F.</i>	184
Localizzazione in grotta e rilievo 3D in tempo reale: nuove frontiere. <i>Rossi A., Menegon S.</i>	190
Miniera di Predappio Alta: ricostruzione 3D. <i>Belvederi G., Garberi M.L., Gonella S., Lucchi E., Rossi G.</i>	196

Progetto ORSO-3D: Operazione Rilievo con Sensore Ottico in 3D. <i>Deravignone L., Fucile D., Croci M.</i>	202
Raccolta dati in spedizione: quando la fantasia può essere più potente della tecnologia. Il caso di Palawan, Filippine (1991-2011). <i>Forti P.</i>	207
Un GeoDataBase dei siti paleontologici a vertebrati della provincia di Palermo: ipotesi di modellizzazione. <i>Surdi G., Ceresia G., Di Patti C.</i>	213
"CaveSurvey" Android Surveying. <i>Stoev, Mitrev</i>	218
Le memorie del buio ricostruzione 3D delle antiche miniere della Manina (BG). <i>Allieri F., Belvederi G., Cendron F., Garberi M.L.</i>	219
Comunicazione	
Comunicazione - B1 La lettura del vuoto: scrittura di testi, racconti e testimonianze dal mondo sotterraneo	
Condividere i dati riflessioni sul tema. <i>Goldoni M., Parise M.</i>	225
Condividere negli Incontri di Speleologia. <i>Goldoni M., Olivucci S.</i>	231
La grotta da non luogo a luogo narrato. Raccontare la speleologia. <i>Calzolari L., Goldoni M.</i>	237
Avevo le mani doloranti. <i>Ceresia G.</i>	241
Comunicazione - B2 Favole, disegni e racconti di grotta: il primo corso di avvicinamento alla speleologia	
"Progetto Proteus" per iniziare a conoscere le grotte, la speleologia e gli speleologi. <i>Fornasier G., Re N.</i>	247
Comunicazione - B3 Rete di grotte Il web nel mondo speleologico	
La falsa condivisione del social network e il bisogno di un ritorno agli archivi. <i>Scatolini A.</i>	252
Webgis e mappe digitali: un modo per condividere e comunicare Speleologia. <i>Gregori F.</i>	255
Grotta Gigante: web e dispositivi mobili per la diffusione della conoscenza e dei dati. <i>De Marchi T., Giacomini A.</i>	260
Scienza	
Scienza - C1 Proviamo a capirne di più: le scienze applicate all'ambiente grotta	
Recenti indagini sul sistema carsico di Sant'Angelo Muxaro (Sicilia centrale). <i>Vattano M., Interlandi M.M., Buscaglia G., Madonna G.</i>	265
Ricostruzioni paleoclimatiche del Peri-Adriatico attraverso speleotemi: primi risultati. <i>Chiarini V., Columbu A., De Waele J., Couchoud I., Arnoud F., Drysdale R.</i>	271
Datazione di speleotemi carbonatici nei gessi dell'Emilia-Romagna: implicazioni speleogenetiche e paleoclimatiche. <i>Columbu A., Chiarini V., De Waele J., Forti P., Drysdale R.</i>	277
Caratteristiche minero-petrografiche di alcuni particolari speleotemi delle grotte di Matanzas, Cuba. <i>D'Angeli I.M., Bontognali T.R.R., Tisato N., De Waele J.</i>	283
Analisi morfo-strutturale e geomorfologica degli Alburni (Campania): risultati preliminari. <i>Cafaro S., Gueguen E., Parise M., Schiattarella M.</i>	289

La Grotta dei Personaggi di Montevago (AG), una nuova segnalazione di cavità ipogenica in Sicilia. <i>Vattano M., Scopelliti G., Fulco A., Presti R., Sausa L., Valenti P., Di Maggio C., Lo Valvo M., Madonia M.</i>	295
Strutture tipo "graben" e carsificazione nell'estremo ponente ligure. <i>Calandri G.</i>	301
Nuovi dati sui fenomeni paleocarsici nelle colline Torricelle (Verona). <i>Gonzato G., Castellarin A., Chignola R., Gamberini F., Lazzeri P.</i>	307
Cavità naturali nel Sistema Solare una rassegna. <i>Del Prete S.</i>	313
La ricostruzione paleoclimatico-ambientale dell'Appennino Umbro Marchigiano durante il Pleistocene Medio e Superiore attraverso lo studio dei depositi in grotta, comprendente l'analisi palinologica. <i>Loreti M</i>	326
Tecniche geoelettriche per la caratterizzazione di cavità carsiche profonde. Il caso della Grotta del Falco (Alburni). <i>Potenza G., Bavusi M., Laurita S., Cafaro S., De Nitto L.</i>	345
Specie di Pteridofite presenti in aree limitrofe ad alcune cavità nel Parco Nazionale del Cilento Vallo di Diano e Alburni. <i>Di Novella D.</i>	350
Scienza - C2 La lunga storia dell'acqua: dalla genesi delle grotte, all'inquinamento degli acquiferi carsici	
Tracciamento delle acque sotterranee nella Grotta del Peral (Sorbas, Spagna sud-orientale). <i>Sanna L.</i>	351
Studi speleogenetici e paleoclimatici su stalagmiti del Sistema carsico dei Piani Eterni, Parco Nazionale Dolomiti Bellunesi, Italia. <i>Sauro F., Lundberg J., Columbu A., De Waele J.</i>	357
Ricerche idrologiche sul drenaggio carsico nei Piani di Monte Lago. <i>Galdenzi S.</i>	363
Risultati e interpretazione idrodinamica del monitoraggio in continuo delle sorgenti carsiche di Equi Terme (Alpi Apuane). <i>Poggetti E., Lazzaroni M., Verole Bozzello M., Piccini L.</i>	369
Piano quotato dell'acquifero carsico di Frasassi. <i>Galdenzi S., Campagnoli A.</i>	375
Speleogenesi nelle dolomie della Formazione di Dorgali (Sardegna centro orientale). <i>Sanna L., Cabras S., De Waele J.</i>	381
Prove di colorazione e recenti esplorazioni nell'area della Grotta del Falco - Monti Alburni. <i>Cozzolino L., Damiano N., Del Vecchio U., Minieri G., Testa L., Trifone P.</i>	387
Utilizzo ed interpretazione dei valori di conducibilità delle acque carsiche con un foglio di calcolo. <i>Merlak E.</i>	393
Comportamento idrogeologico di alcune risorgenti carsiche nei gessi dell'Emilia-Romagna. <i>Tedeschi L., D'Angeli I.M., Vigna B., Dalmonte C., De Waele J.</i>	399
Geochemica delle acque sotterranee del Complesso Carsico di Codula Elune (Sardegna centro- orientale). <i>Sanna L., Cabras S., Marchetti E.</i>	405
Caratteri chimico-fisici delle sorgenti carsiche del settore di Fornovolasco (Alpi Apuane, prov. Lucca). <i>Calandri G., Gobis D.</i>	411

Recenti prove di colorazione nell'area di Petina (SA) - Monti Alburni. <i>Cozzolino L., Damiano N., Del Vecchio U., Minieri G., Soldovieri M.G., Testa L.</i>	416
Scienza - C3 Io vivo sottoterra: storie, dati e ricerche di biospeleologia	
Monitoraggio a lungo termine del geotritone <i>Speleomantes strinatii</i> nella Stazione Biospeleologica di San Bartolomeo di Besolagno (GE). <i>Salvidio S., Oneto F., Ottonello D., Pastorino M.V.</i>	422
La biodiversità che non ti aspetti: motivi di interesse ecologico nelle grotte carsiche dei gessi di Maiano (Montefeltro). <i>Bambini R., Galdenzi S., Sarbu S.M., Atudorei N.V., Bellesi G., Carestia L., Compagnucci A., Giorgetti S., Goyette J.</i>	428
Entomologia forense in Sicilia: prime sperimentazioni in ambiente terrestre e ipogeo. <i>Gemmellaro D., Bucolo C., Musumeci E., Weidner L.</i>	434
Nota preliminare sulla fauna della grotta di Piano Porcaria (Etna). <i>Bucolo C., Musumeci E.</i>	440
Chiroteri troglodili delle grotte del Parco Nazionale dell'Appennino Lucano Val d'Agri Lagonegrese. <i>Bartolomei R., Conte A.L.</i>	446
Contribution of the Prusik Speleological Association Timișoara to the bats protection and conservation in the Cave Peștera Mare (Șălițari, Cernei Mountain, Romania). <i>Albuică A., R. Pușcaș, Geza G., A. Ghițescu, Chachula O. M.</i>	452
Scienza - C4 Che tempo fa lì sotto? Clima e ambiente sotterraneo	
Il Fiato di Eolo: misure della circolazione dell'aria nel Monte Corchia. <i>Badino G., Chignola R., Palazzolo L.</i>	454
La Grotta Meteorologica di Murisengo (Alessandria, Piemonte): una rivisitazione. <i>Cigna A.</i>	456
L'Underground Kate Aerometer: un nuovo strumento per le misure aerometriche in grotta. <i>Badino G.</i>	461
Test con traccianti aerei ai piani del Tivano (CO). <i>Cella G., Botta L., Miragoli M.</i>	463
Agricola, Kircher e Lomonosov: le prime descrizioni e interpretazioni delle circolazioni d'aria in sotterraneo. <i>Badino G.</i>	469
Il Subterranean Sucking Evaporimeter: un nuovo strumento per le misure di umidità in grotta. <i>Badino G.</i>	473
Tracciamento delle correnti aeree con terpeni naturali. <i>Cella G.D., Gigante D., Miragoli M.</i>	478
Sistema carsico Bueno Fonteno – Nueva Vida: studio e tracciamento dei flussi d'aria. <i>Gatti S., Pozzo M., Botta L., Cella G.</i>	486
Il sistema di vapore delle Piccole Terme di Baia. <i>Ferrari G., Guidone I., Lamagna R.</i>	492
Scienza - C5 Nelle tracce del tempo: La grotta abitata da animali e uomini	
<i>Aqua Augusta Campaniæ</i> : considerazioni sulle morfologie degli spechi in area flegrea. <i>Ferrari G., Lamagna R.</i>	498
Le grotte del Monte Sellaro in Calabria. Uno straordinario patrimonio speleo-archeologico. <i>Larocca F.</i>	504
La grotta di Pertosa (Salerno) e il suo giacimento archeologico. <i>Larocca F.</i>	510

Le grotte dell'Alta Valle dell'Esaro (Calabria) dalla preistoria al medioevo. <i>Breglia F., Arena F</i>	516
Storie della speleobiologia: la ricerca delle grotte ossifere. <i>Laureti L.</i>	522
La frequentazione delle grotte della Gola di Frasassi e della Rossa in età pre-protostorica tra ricerca archeologica e speleologica. <i>Pignocchi G.</i>	535
Rivisitazione di alcune grotte storiche a vertebrati dell'area di Palermo. <i>Ceresia G., Surdi G., Di Patti C</i>	541
Esplorazione	
<i>Esplorazione - D1 Esploriamo gli esploratori: una storia delle esplorazioni in grotta</i>	
Le antiche Miniere di zolfo del territorio di Sapigno (RN). <i>Belvederi G., Garberi M.L., Gentilini A., Gonnella S., Leandri O., Peruzzi F., Poggioli E., Rossi G.</i>	547
Maje e Hekurave, le grotte e le tradizioni delle montagne di ferro. <i>Corazzi R., Torelli L., Mulaj N., Zini L.</i>	553
Il massiccio del Grignone un esempio di esplorazione condivisa. <i>Aimar L., Corvi M., Maconi A., Merazzi M., Premazzi A., Tognini P.</i>	559
La “Risorgenza di Sette Fontane” in Val di Vara una nuova importante emergenza carsica attiva della Liguria orientale. <i>Brozzo G., Nicolini S., Pastorino M.V., Poggetti E., Roncioni A., Tinagli L., Tronconi L.</i>	565
Grotta Ventara della Scorzella (Montella, Campania). <i>Galasso G., De Cristofaro A.</i>	571
<i>Esplorazione - D2 Ma dove finisce il vuoto? Le esplorazioni infinite</i>	
Un sistema carsico nel ghiacciaio del Belvedere (VB). <i>Bertona J., Botta L., Botta V., Cella G.D., Galimberti L., Ghielmetti E.</i>	576
Spedizione Inti Machay 2014: esplorazione e risultati ottenuti. <i>Damiano N., Galvan Bernal M., Lopez Terzero C., Vela Turcott G., Del Campo Adeva J., Guerrero Alegria J., Torre M., Solognac G., Rojo R.</i>	582
L'importanza della topografia nell'esplorazione del complesso della Valle del Nose'. <i>Aimar L., Corvi M., Maconi A., Merazzi M., Premazzi A., Tognini P.</i>	588
Aggiornamento sulle esplorazioni ai Piani Eterni, Parco Nazionale Dolomiti Bellunesi, Italia. <i>Sauro F., Ferrarese G., Salogni M.</i>	594
La storia dell'inghiottitoio della Masseria Rotolo (Pu 355), con particolare riferimento alla sua (ri)scoperta. <i>Benedetto L., Lippolis V., Buongiorno V., Menichetti M., Pedrali L., Parise M.</i>	599
Convergenza di dati per l'esplorazione della Grotta del Falco sul Massiccio degli Alburni (Campania). <i>Pedrali L., Buongiorno V., Antonini G., Cafaro S., De Nitto L.</i>	605
Bocca del Vento un abisso sul Partenio. <i>Venezia M., Maurano F., Manco M., Nunneri I., Salvo P., Martimucci V., Izzo F.</i>	611
L'esplorazione delle grotte nella Cordillera de la Sal Salar de Atacama Cile. <i>Padovan E.</i>	617
Salvaguardia	
<i>Salvaguardia - E1 Conoscere e condividere per tutelare: la salvaguardia del patrimonio speleologico</i>	
Un progetto di ricerca della Federazione Speleologica dell'Emilia-Romagna: “Gessi e Solfi della Romagna orientale”. <i>Federazione Speleologica Regione Emilia-Romagna</i>	629

L'importanza del Catasto delle Cavità Artificiali in regione Campania. <i>Guidone I., Izzo F.</i>	639
Speleologia e istituzioni nei Campi Flegrei. <i>Ferrari G., Lamagna R., Miniero P.</i>	645
Basilicata sotterranea un mondo da salvaguardare. <i>Gueguen E., Cafaro S., Parise M.</i>	651
L'area carsica e mineraria del Vallinlungo, San Vincenzo, Livorno un progetto integrato per la tutela e lo sviluppo. <i>Cascone G.</i>	657
Le forme del paesaggio raccontano: la cartografia geomorfologica in ambiente carsico. <i>Parise M., Pepe M.</i>	663
"Una casa per un vecchio amico il pipistrello": progetto di didattica e valorizzazione naturalistica. <i>Fornasier G., Antoniazzi P.</i>	669
Salvaguardia - E2 La fruizione turistica delle grotte e i suoi problemi	
Diversamente speleo: da iniziative locali a movimento nazionale lo scambio di esperienze crea condivisione. <i>Ponti E.</i>	674
La didattica scientifica della Grotta Gigante per le scuole. <i>De Marchi T., Forti F.</i>	683
Salvaguardia - E3 Grotte e paesaggi carsici nei parchi naturali	
Il restauro ambientale dell'area di deflusso della Fontana Salsa di Poiano (Villaminazzo, RE). <i>Chiesi M., Morelli V., Carra G.</i>	689
Geositi carsici dell'area dei Monti di Capo San Vito (Sicilia nord-occidentale). <i>Ruggeri R., Messina Panfalone D.</i>	695
Prevenzione	
Prevenzione - F1 Vivere sopra le grotte siamo al sicuro Storie di sprofondamenti e di (mancata) prevenzione	
Cunicoli drenanti lungo la linea ferroviaria Battipaglia-Reggio Calabria presso la stazione di Pisciotta (SA). <i>Del Vecchio U., Gabriele S., Sirica G., Valentino F., Vigile G., Iovine G.</i>	701
I sinkholes antropogenici della città di Napoli. <i>Varriale R.</i>	709

PREFAZIONE

Il volume che avete tra le mani (o il tablet sul quale state navigando, secondo l'ormai quotidiano uso di nuove tecnologie, difficilmente immaginabili così diffuse sino a pochi anni fa) contengono gli atti del XXII Congresso Nazionale di Speleologia, promosso ed organizzato dalla Società Speleologica Italiana, la Federazione Speleologica Campana ed il Gruppo Speleo Alpinistico Vallo di Diano, in accordo con la Fondazione MIIdA e le amministrazioni comunali di Pertosa e Auletta (provincia di Salerno).

Si tratta di oltre 600 pagine per il volume cartaceo, e di oltre 700 per la versione digitale, certamente un "peso" non da poco, che è il risultato dell'ottimo riscontro ricevuto come contributi, provenienti da tutte le zone d'Italia, e in parte dall'estero. Va infatti ricordato che la manifestazione è stata anche indicata dalla Federazione Speleologica Europea come Euro Speleo Forum 2015, ovvero momento di incontro per tutti i ricercatori e gli speleologi dell'area comunitaria. In totale gli atti comprendono un centinaio di contributi, derivanti dal lavoro di oltre 200 autori. Numeri impressionanti, o che almeno hanno impressionato noi del Comitato Organizzatore e del Comitato Scientifico.

Sinceramente, non ci attendevamo una risposta così importante e numerosa dal mondo speleologico. Non perché questo non fosse attivo in esplorazioni e ricerche, ma a causa del momento particolare, caratterizzato da una prolungata crisi economica che in qualche maniera colpisce un po' tutti e, in ambito scientifico, da un proliferare di eventi, congressi e manifestazioni che rendono difficile il garantire una partecipazione numerosa ad un evento congressuale di nicchia, quale può essere il Congresso Nazionale di Speleologia.

Grazie quindi a tutti coloro che hanno contribuito, con un proprio lavoro, frutto di attività speleologica e/o di ricerca, a questi atti.

Abbiamo scelto, andando "in direzione ostinata e contraria" rispetto a quasi tutti i congressi, di distribuire gli atti in occasione delle giornate congressuali. Ciò ha comportato malumori da parte di alcuni che non gradivano l'idea di scrivere un articolo con anticipo di qualche mese rispetto alla data del Congresso, o di altri che di malavoglia si sono dovuti allineare alle stringenti date da noi indicate come scadenze. Ma abbiamo preferito tali malumori all'inevitabile e, ahinoi, consueto ritardo con cui gli atti di congressi precedenti sono stati stampati, e poi distribuiti e divulgati. Anni di ritardo, con gli atti che ti arrivavano quando ormai avevi quasi perso memoria del congresso stesso.

E' stato un lavoro difficile, pesante, oneroso, gestito da poche persone. Non mi pare opportuno fare nomi in questa sede ma ringrazio di cuore e con affetto tutti coloro che in sede organizzativa e di gestione dei contributi pervenuti, nonché dei contatti con gli autori, hanno dedicato una buona fetta del loro tempo libero al congresso, oltre a tutti quelli che hanno contribuito alla revisione dei lavori.

Un ringraziamento particolare va ai membri del Comitato Scientifico, costituito esclusivamente da esperti speleologi, che, per i casi della vita, sono anche ricercatori o professori, o rappresentanti di pubbliche amministrazioni. Anche questa è stata una scelta, che si è dovuta scontrare con le pressioni di chi voleva "infilare" nel Comitato Scientifico nomi che con la speleologia non avevano e non hanno nulla a che fare. Abbiamo resistito alle pressioni, limitando il Comitato agli esperti del settore, come doveroso, così rifiutando le solite logiche che purtroppo caratterizzano costantemente il mondo della ricerca scientifica in Italia.

Il XXII Congresso è stato da noi denominato "Condividere i dati", ed essenzialmente finalizzato alla

condivisione della conoscenza speleologica, ai fini della salvaguardia dei territori carsici e delle risorse naturali in essi contenute. Crediamo fermamente che la condivisione del dato, speleologico e non solo, sia fondamentale nel mondo odierno, in cui tutti corriamo velocissimamente dietro a un qualcosa che non raggiungiamo mai, e ci smarriamo, fino a entrare nel panico, se per caso ci troviamo in un luogo senza copertura internet e in cui non possiamo utilizzare WhatsApp... Condividere significa confrontarsi, mettere a disposizione la propria conoscenza, i propri dati, con altri; significa dare per ricevere, in uno scambio che fa crescere tutti. Vuol dire aprirsi verso l'esterno. Questa, in particolare, è divenuta una necessità per il mondo speleologico, troppo spesso eccessivamente autoreferenziale nel passato, e che oggi più che mai ha invece bisogno di mostrare all'esterno le sue attività, i risultati delle esplorazioni, le ricerche in ambito carsico e speleologico, i pensieri e le emozioni dell'andare in grotta.

Parlando di condivisione, e di condivisione di tutto ciò che riguarda la speleologia, sottolineo la circostanza che nelle varie sessioni in cui è stato articolato il congresso non ve n'era (volutamente) una specifica sulle cavità artificiali. Anche questa è stata una scommessa, nel tentativo di rompere lo schema secondo il quale una cosa è la "vera" speleologia (quella in grotte naturali) e ben altra quella in cavità artificiali, da alcuni addirittura ritenuta un'attività "non speleologica". Ebbene, eravamo convinti che di cavità artificiali si sarebbe potuto discutere su tutti gli argomenti delle sessioni, dalla Scienza, alla Comunicazione, alla Documentazione, ecc. E così è stato, come dimostra il dato numerico: un quinto dei lavori pubblicati riguarda le cavità artificiali, delle quali, pertanto, si sentirà molto parlare al Congresso ...

Come sede congressuale sono stati scelti, non a caso, i comuni di Pertosa ed Auletta. A cavallo del secolo scorso lo studioso Carucci fu il primo ad evidenziare le peculiarità della Grotta di Pertosa-Auletta, ancora oggi di estrema rilevanza nel panorama archeologico, antropologico e paleontologico nazionale. Da questa scintilla è scaturita, a partire dalle prime esplorazioni del 1924 sino a quelle dei giorni nostri, ancora in corso, una lunga e fruttuosa attività di conoscenza e ricerca che ha permesso di scoprire uno dei principali sistemi carsici a livello nazionale: il massiccio degli Alburni.

Auspichiamo che il Congresso sia l'occasione giusta per chi, non conoscendo ancora gli Alburni, possa apprezzare questa magnifica area carsica, e gli scenari (in superficie e nel sottosuolo) che essa offre.

Siamo in Italia meridionale, un settore poco "battuto" dai Congressi Nazionali nel passato. L'ultimo risale al 1987, a Castellana-Grotte; parliamo di circa 30 anni fa... Non si tratta di tanto tempo, ma sembra un'eternità, se lo rapportiamo a come il mondo è nel frattempo cambiato, a come la stessa speleologia si è evoluta, sia tecnicamente che organizzativamente. Si corre sempre di più, in tutti i campi; la lentezza, purtroppo, è diventata sinonimo di arretratezza, anziché, come dovrebbe a mio avviso, di reale apprezzamento di ciò che si vive (lento è bello, perché fa vivere appieno le emozioni, i sentimenti, ciò che accade a noi e intorno a noi).

Siamo in Italia meridionale, dicevo. E questo congresso vede anche un esponente della speleologia meridionale come presidente della SSI. Campanilismi a parte (essendo meridionale anche io; anzi, napoletano), mi sembra un buon segno, che indica che tutta l'Italia ha qualcosa da dire, da dare, e da condividere in ambito speleologico; si tratta, insomma, di un riconoscimento alle attività svolte dai gruppi meridionali nelle ultime decadi.

Chiudo augurandovi buona lettura di questi atti, e buon congresso, sperando che il lavoro profuso in questi

mesi possa essere da ciascun partecipante apprezzato nelle giornate che ci apprestiamo a vivere insieme sui Monti Alburni.

Dott. Mario Parise

Presidente del Comitato Scientifico

IL SALUTO DEI DUE PRESIDENTI

L'idea di organizzare questo Congresso è nata ad Urbino il 9 dicembre 2012, durante la riunione del Consiglio Direttivo della Società Speleologica Italiana. L'allora vice presidente, Vincenzo Martimucci e il consigliere Francesco Maurano, amichevolmente sollecitati dai presenti, accoglievano, con comprensibile riserva, la proposta di riportare l'evento nazionale al sud e più precisamente a Pertosa in provincia di Salerno.

La Campania aveva già ospitato la quinta edizione del Congresso Nazionale a Salerno dal 25 al 30 ottobre del 1951. Durante quel Congresso vi fu una visita alle Grotte di Pertosa e, negli interventi, se ne auspicò la compiuta turisticizzazione. A quel tempo la SSI era appena stata fondata e non aveva avuto parte nell'organizzazione.

L'ultima volta che il Meridione d'Italia ha ospitato la manifestazione è stata nel 1987 a Castellana Grotte in provincia di Bari.

È anche riflettendo su queste considerazioni che il tutto ha preso consistenza e concretezza durante l'incontro che si è tenuto proprio a Pertosa l'11 maggio 2013.

La stupenda balconata dei Monti Alburni che sovrasta il paese ha accolto e quasi invitato a procedere. Si è presa visione delle strutture esistenti sul territorio, si è avuto con un primo contatto positivo con le autorità e con la Fondazione MIIdA (Musei Integrati dell'Ambiente) e con le realtà speleologiche locali, coordinate dalla Federazione Speleologica Campana.

A seguito di questo incontro è nato un gruppo di lavoro, che durante questi anni ha saputo organizzare con grande accuratezza, spirito di sacrificio grande impegno e con un pizzico di fantasia che è grande risorsa delle genti del sud, il XXII Congresso Nazionale di Speleologia.

L'evento è stato designato quale decimo Euro Speleo Forum dalla Federazione Speleologica Europea che, ogni anno, indica e promuove come «punto d'incontro» per gli speleologi in Europa e per i gruppi di lavoro impegnati nei progetti della FSE stessa scegliendo un appuntamento di rilevanza nazionale e indicandolo come Euro Speleo Forum, momento fondamentale di scambio per la speleologia ed evento quindi di dimensione europea.

E qui dobbiamo ricordare che la Società Speleologica Italiana è una libera associazione di e per gli speleologi italiani ed ha come principale fine la promozione dei modi corretti di interazione tra il mondo sotterraneo e quanti lo esplorano, lo visitano per ricerca, studio o personale curiosità. La Società Speleologica Italiana, membro dell'U.I.S. e della F.S.E., è naturale riferimento per quanti frequentano, in modo consapevole e sostenibile, il mondo sotterraneo delle montagne e anche le cavità create dall'uomo. Gli speleologi esplorano e riportano i dati di questo mondo vicino, simile, ma non uguale. Lo rendono conosciuto, conoscibile. Accompagnano visitatori, formano futuri esploratori. Esaurita la fase esplorativa tornano nei territori carsici, cercando una visione d'insieme correlata alle conoscenze del sottosuolo acquisite attraverso la speleologia.

Non possiamo dimenticare che il forte livello di antropizzazione raggiunto nel nostro paese ha molto avvicinato molto i confini fra i due mondi, rendendo in diversi casi vulnerabili ipogei nascosti e quasi sconosciuti. Tramite studi ed analisi di compatibilità, SSI diventa partner nella ricerca di dati, informazioni e

metodi per aggiungere conoscenza indispensabile alla razionale gestione delle risorse ambientali.

SSI, che conta oltre 3500 soci, distribuiti su tutto il territorio nazionale, coinvolge annualmente centinaia di giovani alla pratica speleologica attraverso i corsi di primo livello organizzati dalle Scuole di oltre 160 gruppi speleologici della Società.

Ma il risultato delle escursioni ed esplorazioni, oltre ad un viaggio per conoscere se stessi, è sempre un approfondimento della conoscenza, è attività di ricerca, esplorazione e didattica in campo.

La Società Speleologica Italiana considera, dunque, prioritario operare perché esista una reale condivisione dei dati e delle conoscenze acquisite dagli speleologi. Ci preoccupiamo, infatti, di come veicolarli, pubblicarli, tradurli per pubblico più ampio e renderli fruibili alla comunità. La nostra Biblioteca di Bologna, Speleologia e ogni altra pubblicazione o presenza sul web sono in funzione di un continuo scambio e una reciproca crescita, per poi comunicare con Enti, Istituzioni e Amministrazioni in modo preciso e inequivocabile.

Con l'Associazione Grotte Turistiche Italiane e con il Club Alpino Italiano e Federparchi abbiamo cominciato percorsi che tendono a mettere in comune esperienze e conoscenze, per contribuire fattivamente a progetti di formazione, salvaguardia e razionale gestione del patrimonio ambientale. In tutto questo, sarà centrale il ruolo del Portale del Catasto delle Grotte d'Italia e dei catasti regionali, cuore e ragione dell'Italia Speleologica.

Noi abbiamo un grande potenziale di conoscenza, che deve essere portato compiutamente alla luce, per divenire strumento di consapevole gestione del territorio. Non possiamo pensare di salvaguardare ciò che non è fatto conoscere

Nel precedente Congresso, che si è svolto a Trieste, dal 2 al 5 giugno del 2011, il tema di fondo era la diffusione delle conoscenze, qui invece si è voluto dare risalto ai dati e alla loro condivisione.

I contributi arrivati al vaglio del comitato scientifico sono numerosissimi e questo è motivo di soddisfazione. Non tutti hanno declinato il filo conduttore suggerito, ma siamo certi che tanti lavori saranno utili per incrementare la ricerca e la cultura speleologica. Sarà anche l'occasione per visitare il territorio e le sue grotte, valorizzando un'area carsica tra le più interessanti del nostro Paese. E parliamo di grotte, perché sono proprio loro che ci danno lo stimolo a organizzare anche eventi complessi, che richiedono lavoro oscuro di chi prepara, predispone, pubblicizza, mantiene rapporti, accompagna i congressisti a conoscere il nostro mondo. A loro va il nostro ringraziamento, come va ai tanti che non compaiono come autori negli atti, ma hanno fatto la loro parte, collaborando con passione e continuità.

Salutiamo con un ringraziamento tutti coloro che hanno permesso di creare questo Congresso che sarà ricordato nel tempo per il suo valore. Ci permettiamo di salutare con un invito e un auspicio.

Quando questioni e conflitti ci dividono, quando contrasti anche personali ci contrappongono ripensiamo alle nostre prime uscite in grotta, al piacere e all'emozione, alla complicità con i compagni e con il gruppo. Da soli non si fa nulla, l'unione, a volte, crea risultati inattesi e stupefacenti.

Evadiamo dalle gabbie formali e dagli stereotipi dogmatici in cui spesso ci rinchiudiamo.

Ritroviamo la curiosità e la magia delle prime volte che abbiamo "fatto speleologia".

Grazie, buon lavoro e... buone grotte!

Vincenzo Martimucci

Giampietro Marchesi

SALUTO DEL PRESIDENTE FSC

In questi ultimi anni la Federazione Speleologica Campana, grazie al fondamentale contributo dei gruppi speleologici della regione che ad essa afferiscono, ha avuto modo di crescere sempre più ma soprattutto di maturare e prendere sempre più coscienza delle sue potenzialità. Potenzialità che, nel pieno rispetto delle identità dei singoli gruppi che lo compongono, diventa sinonimo di esplorazioni e ricerche intergruppi, principi base sui quali poggia le fondamenta, rafforzando lo spirito federativo.

Tutto ciò ha permesso alla Federazione nel corso degli anni di realizzare diversi ed importanti lavori, come quello dell'atlante "Grotte della Campania" e l'informatizzazione del catasto delle grotte naturali, arrivando poi ad organizzare diversi incontri a carattere sia regionale quali "I convegni regionali di speleologia" che nazionale "VI Convegno Nazionale di Speleologia in Cavità Artificiali". Oggi grazie allo spirito d'iniziativa dei diversi gruppi federati, si è avviato un altro importante percorso, quello del Congresso Nazionale di Speleologia.

Un importante appuntamento che si pone l'obiettivo di far conoscere, tutelare, valorizzare e condividere in modo compatibile le ricchezze e le peculiarità del patrimonio ipogeo, non solo campano ma nazionale. Nasce quindi l'esigenza di trasmettere alle future generazioni e a condividere con la Società civile il patrimonio di ricchezze naturalistiche, di scoperte e di ricerche che per tanti anni la comunità speleologica ha svolto silenziosamente, sacrificando tempo ed affetti personali.

Confido che nel tempo il CONGRESSO possa diventare l'occasione per mettere in comunicazione la speleologia con le Comunità Locali, le Istituzioni scientifiche e le Amministrazioni preposte alla pianificazione del territorio. In questo senso il rapporto instaurato con le Amministrazioni Locali, la Fondazione MIdA, rappresentano un mirabile esempio di questa sinergia.

Un ringraziamento va alla Società Speleologica Italiana, al Gruppo Speleo Alpinistico Vallo di Diano, la Fondazione MIdA, il Comune di Pertosa e il Comune di Auletta per il sostegno e l'impegno prestato nell'organizzazione del congresso.

Infine un grazie va a tutti gli organizzatori e a tutti i congressisti che si alterneranno in queste giornate i quali con la loro presenza contribuiranno al buon esito della manifestazione.

Michele Manco

Presidente FSC

GRUPPO SPELEO ALPINISTICO VALLO DI DIANO

Per noi piccolo ed ultimo gruppo ad entrare a far parte della FSC, la Speleologia è sempre stata momento di condivisione. Forse perché la nostra passione ci ha regalato una visione più ampia di un territorio da sempre amato e frequentato. O forse perché come giovane gruppo privo di radici e tradizioni abbiamo formato il nostro modo di intendere la speleologia dai testi non solo tecnico/scientifici ma anche testimoni della storia e dell'evoluzione di questa particolare disciplina ed abbiamo conosciuto le grotte presenti nella nostra zona grazie al lavoro svolto dai tanti gruppi che vi si sono alternati e/o che ancora la frequentano. Siamo sempre stati trasversali amando interagire con tutti i gruppi campani e non e, da sempre, abbiamo ravvisato la necessità di comunicare le tematiche ambientali insite nella speleologia anche a chi di speleologia non si occupa. Corsi speleo ovviamente ma anche giornate a tema, sia in escursione che nelle scuole, corsi di approfondimento e serate spese nei piccoli stand delle sagre e manifestazioni paesane. Riteniamo che quest'attività non possa essere capita e soprattutto amata da tutti ma, nel corso degli anni, la nostra soddisfazione sta nel fatto che, se pochi sono i ragazzi che dopo il corso si sono fermati con noi, i molti che si sono allontanati spesso tornano anche solo per salutare perché ne conservano un ricordo prezioso che ha gettato una luce diversa sul loro modo di leggere, vivere e rispettare le montagne che ci circondano.

Con queste premesse è stato facile accettare con entusiasmo la proposta di partecipare all'organizzazione del congresso collaborando con SSI e FSC dei quali ci sentiamo parte locale di un discorso più ampio. Un impegno indubbiamente notevole cui si è data una tematica forte: "Condividere i dati" punto focale di un'attività estremamente articolata che ai suoi massimi livelli permette l'estrapolazione di dati scientifici di sostanziale valore economico e sociale.

Per la Speleologia si dovrebbe avere una maggiore sensibilità in una regione come la nostra nella quale il fenomeno carsico è piuttosto esteso e quest'attenzione è stata ampiamente dimostrata dagli enti locali, comuni di Pertosa ed Auletta e Fondazione MIDA, che hanno da subito accolto la proposta di partecipare attivamente all'organizzazione del XXII Congresso Nazionale di Speleologia 2015.

Il tema del congresso, non a caso, rappresenta per noi l'integrazione della comunità speleologica con la realtà territoriale, sintesi di una reciproca crescita e conoscenza. L'importanza del dialogo con la propria terra è perciò la base sulla quale abbiamo pensato di completare il congresso attraverso iniziative volte a coinvolgere quanto più possibile i residenti: dalle associazioni locali con le speleopiazze, agli amici e soci del Gruppo Escursionistico Trekking che accompagneranno i partecipanti alle escursioni esterne, ai semplici residenti che potranno visitare liberamente mostre e proiezioni e condividere naturalmente le speleopiazze. Una speleologia che si racconterà al di fuori dei lavori congressuali, più tecnici, con un linguaggio universale fatto di immagini e convivialità quale connubio tra grotte, ambiente, acque, storia, cultura.

Un personale e sentito ringraziamento porgo dunque ai comuni di Pertosa ed Auletta e alla

Fondazione MIIdA per aver messo a disposizione gratuitamente i locali che ci ospitano, per aver sostenuto e creduto nel XXII Congresso Nazionale di Speleologia 2015 e senza i quali il congresso non si sarebbe potuto svolgere, agli amici che hanno prestato il loro tempo e le loro abilità, a tutti coloro che hanno contribuito in qualsiasi misura; tutti pronti a "Condividere i dati".

*Giuseppe Paladino
Presidente GSAVD*

MIdA E SSI: INSIEME PER DIFFONDERE LA CONOSCENZA DEL MONDO SOTTERRANEO

La Fondazione MIdA saluta con soddisfazione la decisione di tenere il XXII Congresso Nazionale di Speleologia in un territorio del Sud Italia caratterizzato da un sistema carsico particolarmente ricco di forme ipogee ed epigee. In tal contesto, da molti anni, alcuni siti (Castelcivita, Morigerati e Pertosa-Auletta) sono diventati mete turistiche molto frequentate.

In particolare, in quest'ultimo decennio, partendo dalla risorsa "grotta turistica", i comuni di Pertosa e Auletta insieme alla Provincia di Salerno e alla Regione Campania hanno puntato alla costituzione di una Fondazione che avesse come mission quella di creare intorno al sito speleologico un sistema che raccontasse l'intero territorio in tutti i suoi aspetti identitari, dalle relazioni col paesaggio al sistema agro-alimentare per costruire benessere, stabilità e coesione. In questa visione, le Grotte rappresentano non solo un sito di attrazione turistica ma anche un'occasione non comune per l'osservazione dei processi naturali alla base della formazione del suolo, del paesaggio e dei sistemi suolo-vegetazione che sostengono le filiere agro-pastorali ed alimentari. Questo approccio collega ed unifica le diverse attività della Fondazione MIdA centrate sulla "terra", dalla visita alle grotte all'archeologia, all'osservatorio sul dopo-sisma, fino alle attività in agricoltura ed al museo sulla vegetazione, completando il percorso che porta dalla roccia alla pianta e all'uomo. Si tratta, perciò, di un progetto che porta alla luce caratteristiche forti e distintive del sistema MIdA rispetto ad altri siti naturalistici o sistemi museali e le sue potenzialità di offrire un contributo originale in campo educativo e sociale.

Ogni attività svolta dalla Fondazione ha avuto come filo conduttore lo studio, la documentazione, la ricerca, la "conoscenza" finalizzate ad uno sviluppo sostenibile e alla valorizzazione delle identità territoriali. In questo scenario, pertanto, accogliamo con grande interesse i lavori del XXII Congresso ispirati al tema "Condividere i dati" come giornate di approfondimento e di scambio della conoscenza del mondo sotterraneo finalizzate non solo a favorire il dialogo tra gli "addetti ai lavori" ma anche ad offrire nuovi strumenti conoscitivi a coloro che lavorano intorno alle grotte turistiche oltre a divulgare informazioni al grande pubblico, accrescendo la consapevolezza di coloro che vivono i territori carsici.

Questo prestigioso appuntamento rappresenta senza'altro per il nostro territorio e per la Fondazione MIdA una tappa importante per migliorare e qualificare l'offerta turistica che vuole rispondere in termini di competenza ad una domanda sempre più consapevole ed attenta ai processi naturali che riguardano il mondo sotterraneo.

*Francescantonio D'Orilia
Presidente MIdA*

L'AGTI INCONTRA LA SSI: L'IMPORTANZA DI UN PERCORSO RECIPROCO

Le grotte turistiche rappresentano, per la maggior parte delle persone, l'archetipo delle cavità sotterranee in genere. Non è infrequente, allorché si parla con qualcuno di "mondo sotterraneo", sentirsi citare grotte turistiche famose se non altro per il fatto che almeno una volta, nella vita, qualcuna di tali cavità è stata visitata. Ed ecco che cavità come Castellana, Frasassi, Pertosa-Auletta, etc. diventano, nella conoscenza generale, il modello di riferimento che risponde alla parola "grotte" e "speleologia". Per tale motivo le grotte turistiche, anche e soprattutto in virtù della loro conoscibilità in quanto "luoghi facilmente visitabili", veicolano all'esterno un'immagine e un'idea del sottosuolo che si radica in profondità nell'immaginario collettivo. Ecco che, dunque, esse svolgono un fondamentale ruolo educativo per la divulgazione, presso il più vasto pubblico, di conoscenze sui fenomeni sotterranei. Rappresentano la prima tappa conoscitiva di una sorta di "percorso iniziatico" che solo per pochi, poi, continua in quell'alto grado di specializzazione conoscitiva dalla speleologia esplorativa e scientifica.

Per svariati decenni le grotte sono state considerate luoghi insoliti meritevoli di attenzione e curiosità esclusivamente per la ricchezza del loro concrezionamento calcitico (stalattiti e stalagmiti). Nel passato non era infrequente ascoltare, nel corso di una visita guidata in una cavità turistica, il riferimento alla somiglianza delle concrezioni con sagome di figure umane, mitologiche e religiose, ma anche di animali e di vegetali. Le spiegazioni delle guide perlopiù esaltavano o enfatizzavano la grandezza, l'eccentricità e la singolarità di gruppi stalatto-stalagmitici. Oggi, sebbene questa tendenza non sia completamente scomparsa, la gestione delle cavità turistiche ha raggiunto una maggior consapevolezza del suo ruolo educativo presso il grande pubblico e le grotte visitabili si sono trasformate in "miniere" di informazioni e conoscenze. Sebbene le nozioni connesse alla geologia e al carsismo (cioè la grotta in quanto contenitore) restano sempre dominanti nei pacchetti informativi offerti ai visitatori, è pur vero che in modo sempre più frequente sono evidenziati altri aspetti d'interesse, più pertinenti al "contenuto" delle grotte, quali ad esempio quello connesso alla vita nel sottosuolo (biospeleologia), alle antiche frequentazioni umane del mondo sotterraneo (speleo-archeologia), alla presenza di bacini idrici e fiumi ipogei (idrologia sotterranea).

La funzione dell'AGTI, vista da questo punto di vista, risulta di fondamentale importanza: avviare i "non addetti al settore", i "non specialisti", in una parola il più vasto pubblico di quanti non si occupano di speleologia, ad un corretto e multiforme approccio conoscitivo col mondo sotterraneo. In quest'ottica, il XXII Congresso Nazionale di Speleologia è un'ulteriore occasione per portare avanti l'obiettivo di diffondere la conoscenza del mondo sotterraneo. Questo rapporto di collaborazione tra AGTI e SSI è frutto di un protocollo d'intesa nato da circa un paio d'anni, che in poco tempo ha già messo in campo varie iniziative tese a realizzare le finalità comuni, che si sono tradotte nella partecipazione dell'AGTI al raduno SSI di Casola Valsenio, alla promozione del concorso fotografico "Valorizzazione per immagini delle grotte turistiche" e all'organizzazione di un percorso formativo nazionale per le guide in grotta turistica (tenutisi a Frasassi, Baunei e Ulassai, Toirano) che ha registrato un grande successo di partecipazione in termini di qualità e quantità grazie alla qualificata competenza dei docenti e al grande interesse e coinvolgimento dimostrato dai partecipanti.

Alla luce di questo interessante percorso, frutto dell'incontro tra AGTI e SSI, auspichiamo sempre di più che la

grotta turistica non venga più intesa come una sorta di prodotto di consumo, da visitare al massimo per la sua amenità e per il suo singolare concrezionamento ma divenga occasione di conoscenza profonda e varia, che metta in rilievo le peculiarità speleologiche locali e, al tempo stesso, fornisca notizie generali scientificamente fondate e valide per una comprensione compiuta dei fenomeni sotterranei in un’ottica più globale.

Francescantonio D’Orilia

Presidente AGTI

COMUNE DI PERTOSA

Da sempre Pertosa si identifica con le meravigliose grotte, luoghi che hanno forgiato l'animo, i costumi e gli aspetti economici di un'intera comunità.

Partendo da ciò si è cercato di perseguire forme di sviluppo che non si scostassero mai dal nostro sito di interesse turistico, riuscendo a raggiungere risultati degni di nota.

Tuttavia negli ultimi anni abbiamo cercato di perseguire uno sviluppo ancor più consapevole, mettendo in luce gli aspetti più prettamente scientifici che sottostanno ad una fruizione, fin qui, prettamente turistica della nostra grotta.

Tutto ciò è reso possibile dalla presenza nel nostro paese del GSAVD, gruppo di "amici" che ci onoriamo di ospitare presso una struttura che si affaccia sulla piazza principale del paese, che con mirabile passione e la semplice presenza sono riusciti a far parlare di speleologia ad una comunità intera fino ad oggi poco consapevole di tutte le sfaccettature che il proprio territorio offre.

A questo si aggiunge l'entusiasmo di ospitare un evento di caratura nazionale, basti pensare che il nostro territorio regionale non aveva l'onore di poter assistere ad un Congresso Nazionale di Speleologia da circa 65 anni.

Ebbene se tutto ciò è divenuto realtà non possiamo far altro che ringraziare gli amici, gli studiosi, i conterranei che con la loro perseveranza hanno prima creato e poi reso vivo più che mai un gruppo (GSAVD) capace di mostrarci un'altra prospettiva turistica che, siamo sicuri, porterà un valore aggiunto per l'intero comprensorio. Noi ci limitiamo a fare a tutti un forte in bocca al lupo, ad augurare un proficuo buon lavoro, ricordando che noi faremo tutto ciò che è nelle nostre corde affinché si colgano i frutti di un lavoro iniziato negli anni passati da "pochi" e che si appresta a divenire un successo per "tutti".

dott. Michele Caggiano

Sindaco di Pertosa

COMUNE DI AULETTA

Il Comune di Auletta è ben lieto di ospitare un evento di tale portata e dalle tematiche così rilevanti ed alle quali siamo molto sensibili poiché con il vicino comune di Pertosa, la Provincia di Salerno e la Regione Campania siamo parte della Fondazione MIdA, un progetto basato soprattutto sulla stretta integrazione delle tematiche ambientali con quelle culturali.

Nel nostro DNA c'è infatti un profondo amore e rispetto per il nostro territorio che affonda le sue radici nella nostra storia. Il nome Auletta, cui sono attribuite varie ipotesi, pare derivi dall'immagine dei pastori suonatori di flauto "auletes" presenti nell'area degli Alburni nel periodo greco. Da sempre inoltre Auletta vanta una secolare vocazione agricola che oggi è affiancata da una spiccata attenzione all'offerta turistica intesa come connubio tra valorizzazione delle bellezze naturalistiche ed itinerari culturali.

Credo che il XXII Congresso Nazionale di Speleologia sposi pienamente quest'ottica. Le tematiche care agli speleologi ed ai ricercatori di questa materia così complessa, forniscono a noi amministratori basi solide sulle quali poter elaborare le strategie migliori per lo sviluppo delle nostre terre.

La nostra sensibilità è naturalmente merito anche della presenza delle Grotte turistiche di Pertosa-Auletta, impegno ed esempio di gestione condivisa, che ci ha permesso di sviluppare una visione più chiara della complessità che caratterizza i territori carsici.

Ma, di questi argomenti si parlerà approfonditamene nel corso dei lavori. A me il piacere di illustrarvi i luoghi di Auletta che vi ospiteranno. Il Castello Marchesale, attualmente proprietà della famiglia Maioli, è un imponente complesso architettonico risalente al XII sec. e destinato in quest'occasione ad accogliere voi tutti per l'inaugurazione. La Casa delle Parole, di recente costruzione, nata proprio per ospitare e parlare di cultura, sarà destinata alle proiezioni ed assemblee ed infine lo storico Palazzo dello Jesus nel quale potrete ammirare le opere degli artisti che sapientemente sanno farci rivivere con i loro scatti le emozioni che le bellezze sotterranee sanno infondere.

Invitandovi a visitare anche gli altri luoghi storici ed architettonici del nostro piccolo paese e gli ameni itinerari naturalistici che lo circondano, auguro a tutti voi di trascorrere un gradevole XXII Congresso Nazionale di Speleologia 2015 "Condividere i dati".

dott. Pietro Pessolano

Sindaco di Auletta

**WELCOME ADDRESS OF THE PRESIDENT OF THE FÉDÉRATION SPÉLÉOLOGIQUE
EUROPÉENNE (FSE).**

Dear Ladies and Gentlemen, dear fellow cavers,

It gives me great pleasure to warmly welcome you to the 22rd Italian National Congress of Speleology, which is at the same time an important anniversary - the 10th EuroSpeleo Forum of the European Speleological Federation, which currently represents 40,000 speleologists all over Europe.

Our Italian friends wanted to give an international dimension to this congress and FSE always encourages national organisations to consider making their congresses a EuroSpeleo Forum because events like this are of immense value for the exchange and co-operation of European cavers.

This event is the latest example of a sequence of close co-operations between the FSE and the Italian caving community. The General Assembly of the European Speleological Federation was held in Italy in 2013 in Casola (where I was elected president of the FSE) and previously in Corchia 2001. Also, needless to say that the European Speleological Federation was founded in 1990 in Italy in Udine. This demonstrates the importance and prominence of Italy as a FSE member .

This congress has the theme "Sharing Data". I personally would like to express my support for this very pertinent issue. It was never easier than today to share data. Also, never before has so much valuable data been collected by restless cave explorers all over the world. On the other hand, electronic data has never been so threatened as today by third parties who have the technological means to obtain whatever they want. Also, compared to old-fashioned publications on paper, electronic data is very prone to disappear and many important questions of sustainability arise. I hope that this congress will make positive steps forward to resolve many of the questions related to "Sharing Data".

Having said that I would welcome as many of you to the 11th EuroSpeleo Forum & the 5th European Congress which will be held together with the UK's most important cavers meeting "Hidden Earth" in Ingleton (UK in August 2016).

Ged Campion (UK)

President of FSE

OSSERVATORIO EUROPEO DEL PAESAGGIO DI ARCO LATINO

La celebrazione del 22° Congresso Nazionale di Speleologia, che si terrà nella Valle del Diano e del Tanagro, deve essere motivo di grande soddisfazione per chi vive, fra molte difficoltà, nelle aree interne del Meridione d'Italia, ingiustamente trascurate.

Ospiteremo un importante evento che porterà alla ribalta Nazionale il rilevante patrimonio naturalistico rappresentato dalle Grotte dell'Angelo e dal Parco Nazionale del Cilento – Vallo di Diano Geo Parco, patrimonio Unesco.

Sarà l'occasione non solo per mettere in vetrina le bellezze territoriali, ma anche per approfondire, con l'intervento di autorevolissimi relatori, le tematiche legate alla salvaguardia e alla valorizzazione del paesaggio speleologico, paesaggio nascosto ma ugualmente affascinante e prezioso.

Verranno messe insieme le conoscenze scientifiche, le diverse esperienze maturate sul campo, nel tentativo necessario e non più rinviabile di convertire tutto in patrimonio comune, per garantire il delicato equilibrio e la stretta connessione fra le matrici ambientali sotterranee e quelle di superficie.

Il Congresso porrà nella giusta evidenza il ruolo importante della speleologia quale mix di ricerca, sport, arte e cultura, tenuto insieme dalla forte passione, dallo spirito di sacrificio e dal coraggio.

Il sentito e sincero ringraziamento, quindi, va alla Società Speleologica Italiana, alla Federazione Speleologica Campana ed in particolare al gruppo Speleo Alpinistico Vallo di Diano per l'impegno organizzativo e per la scelta territoriale operata.

Avv. Angelo Paladino

Presidente Osservatorio Europeo del Paesaggio

CINQUANT'ANNI DI COMUNICAZIONE IN SPELEOLOGIA: LA RIVOLUZIONE VISTA DA UN ADDETTO AI LAVORI

PAOLO FORTI¹

¹ *Istituto Italiano di Speleologia, Via Zamboni 67, 40126 Bologna, paolo.forti@unibo.it*

Riassunto

Il modo di comunicare, la condivisione delle notizie e quella dei dati, in Speleologia e non solo, hanno subito una vera e propria rivoluzione con l'avvento dell'era informatica. Questo ha portato grandissimi vantaggi da molti punti di vista, ma ha causato anche alcune criticità, che, se non risolte rapidamente, potrebbero, nel prossimo futuro, causare gravi problemi e, soprattutto, farci perdere completamente la memoria stessa del nostro passato.

Se per la conservazione nel tempo dei lavori esplorativi e scientifici la soluzione tecnicamente esiste già e, sicuramente, si troverà il modo di applicarla in un futuro non lontano, per altri aspetti della speleologia, quali per esempio gli archivi e gli epistolari personali, e/o di gruppo, non esiste attualmente nessuna soluzione praticabile.

Da ultimo la rivoluzione informatica è anche una delle cause della divaricazione in atto tra speleologia scientifica ed esplorativa.

Parole chiave: documentazione speleologica, fonti bibliografiche, conservazione dei dati.

Abstract

FIFTY YEARS OF COMMUNICATION IN SPELEOLOGY: THE REVOLUTION AS PERCEIVED FROM INSIDE THE SPELEOLOGICAL WORLD - *Communication devices, news and data sharing in Speleology, or elsewhere, underwent a true revolution with the beginning of the computer era. Informatics assured incredible improvements in most of the fields related to data sharing, but it caused also possible problems, which, if not positively solved in the next future, may even cause the total memory loss of our past.*

Technical devices to ensure the preservation of the exploration reports and scientific papers over long period of time already exist and, even if not yet widely utilized, surely they will be massively introduced within a few years also in our world. But it is hard to believe that such devices may also be used to keep memory of all the archives and epistolaries of single cavers or of small caving clubs worldwide.

Finally, the web revolution is contributing to the divergence of scientists from cavers.

Key words: speleological documentation, bibliographic files, data preservation.

Introduzione

Ho cominciato a fare speleologia esattamente mezzo secolo fa e non ho più smesso.

Praticamente da subito, a fianco dell'esplorazione, mi ha affascinato la documentazione di quel mondo straordinario, ma buio e sconosciuto ai più. Ritenevo infatti fondamentale, quanto e forse più dell'esplorazione medesima, il portare alla luce quei tesori nascosti per renderne partecipi anche tutte quelle persone che non avevano mai pensato di indossare un casco speleo.

Per condividere le esperienze, le emozioni, le conoscenze acquisite, in modo che altri potessero usufruirne al pari di me, ho utilizzato tutti i mezzi a disposizione: la parola, lo scritto, l'immagine. Nel contempo, sia in ambito scientifico, sia anche in quello documentaristico e divulgativo, sono stato uno dei maggiori fruitori delle esplorazioni, delle scoperte e di ogni altra notizia disponibile in ambito carsico-speleologico.

Il fatto che, sin dal lontano 1975, mi sia adoperato per la creazione prima, e l'ampliamento poi, di una Biblioteca Nazionale di Speleologia sono stati, infatti, la conseguenza logica innanzitutto della mia necessità

personale di poter accedere al maggior numero possibile di informazioni speleologiche e, quindi, della necessità di trasferire tali conoscenze al più vasto numero di fruitori possibile.

Ho poi avuto la possibilità di vivere, sin dai suoi primi passi nei primissimi anni '70 del secolo scorso, la rivoluzione informatica, di cui, per ragioni strettamente connesse al mio lavoro scientifico, ho in parte condiviso alcuni pionieristici eventi, a partire dalla realizzazione, a Casalecchio di Reno nel 1969, del CINECA (Consorzio interuniversitario per la gestione del centro di calcolo elettronico dell'Italia Nord-orientale). A quel tempo il CINECA raggruppava solo 4 università (diventate oggi oltre 70), ma, entro la fine del millennio è divenuto di gran lunga il più importante Centro di Calcolo d'Italia, e tra i primissimi al mondo.

In speleologia, come del resto in molte altre branche della vita di tutti i giorni, questa rivoluzione non si è manifestata subito in tutta la sua sconvolgente potenza: certo nel 1971 la rivista Speleologia Emiliana, edita dall'Unione Speleologica Bolognese, poteva già contare di un indirizzario elettronico (su schede perforate) di oltre 800 scambi in tutto il mondo. E ancora, dal 1983, la Biblioteca del Centro di Documentazione Speleologica "Franco Anelli" si era già dotata, per catalogare le sue collezioni, di un programma specifico, appositamente realizzato, dato che allora non esistevano ancora strumenti omologati e condivisi per tale scopo.

Ma bisogna onestamente ammettere che, almeno fino alla seconda metà degli anni '90, ben poco era cambiato nella comunicazione speleologica. Per fare un esempio assolutamente chiarificatore: nell'ultima decade del secolo scorso, durante i congressi mondiali di speleologia e non solo, a disposizione dei partecipanti c'erano non più di 1 o 2 postazioni fisse di internet ogni 1000 persone. Poi, in pochissimi anni, a cavallo del nuovo millennio, è stato chiaro a tutti, speleologi compresi, che un mondo era irrimediabilmente finito e nulla sarebbe stato più come prima (SCATOLINI, 2007).

Ritengo quindi importante cercare di analizzare come sia stata la comunicazione speleologica e la conseguente fruizione delle informazioni stesse prima della rivoluzione informatica, e come lo siano oggi. Questo per cercare di governare le inevitabili trasformazioni, già avvenute e che avverranno in futuro, per sfruttarne al meglio le potenzialità, limitandone, per il possibile, i pochi effetti negativi, che, in alcuni settori specifici, stanno già manifestandosi. Cercherò di farlo nella maniera più oggettiva possibile, basandomi però ovviamente sul mio "vissuto".

Comunicare la speleologia, e fruire delle informazioni speleologiche, prima della rivoluzione informatica

In Italia, prima della seconda guerra mondiale, la comunicazione in speleologia semplicemente non esisteva. Quella poca che veniva fatta era in ambito scientifico, mentre i risultati delle esplorazioni venivano in generale alterati (esagerati) per far sì che fossero più appetibili al pubblico (esplorata la grotta più profonda del mondo..., trovati tesori inenarrabili etc.), ma, più spesso, le esplorazioni e le scoperte non si pubblicizzavano affatto, anche per la paura che venissero "piratate" da qualche gruppo rivale.

Poi, poco dopo la fine della guerra, grazie alla liberalizzazione portata dalla democrazia, anche in campo speleologico si ebbe un prorompente sviluppo di pubblicazioni di ogni tipo e livello: si andava dal Bollettino di Gruppo, ciclostilato in poche copie, a riviste prestigiose e diffuse in ambito internazionale, come Rassegna Speleologica Italiana. Il vantaggio di tutto questo fiorire di materiale a stampa era duplice: da una parte si conservava memoria delle attività effettuate e dall'altro, per merito degli scambi, si formavano biblioteche tematiche all'interno di ogni singolo Gruppo Speleologico. Grazie ai maggiori scambi, inevitabilmente innestati dalla circolazione delle notizie tra i vari Gruppi speleologici, anche la territorialità, fardello ereditato dal passato, fu lentamente sconfitta: pertanto le esplorazioni divennero più aperte e fruttuose (tra tutte va ricordato quanto accaduto, in quegli anni, all'Antro del Corchia).

Ma i vantaggi della maggiore circolazione di notizie furono soprattutto visibili in campo scientifico: il ricercatore, infatti, aveva adesso a disposizione non solamente i pochi articoli pubblicati in riviste scientifiche, in cui peraltro la ricerca era già stata effettuata, ma poteva contare su un flusso costante di informazioni su fenomeni, ancora non compiutamente studiati, che potevano essergli utilissimi per il suo lavoro.

Sempre in quegli anni, grazie alla presenza sempre più massiccia di fotografi, i Gruppi Speleologici poterono contare su una grande quantità di immagini (essenzialmente diapositive) che permisero loro di iniziare un'opera capillare di divulgazione sul territorio tramite conferenze e proiezioni, il cui scopo principale era, prima ancora dell'autofinanziamento, quello del reclutamento di nuovi adepti per il Gruppo e quindi per la speleologia.

Negli anni '70-80 del secolo scorso, in speleologia, si era quindi raggiunto, a mio parere, un invidiabile equilibrio tra quantità di informazioni e dati teoricamente disponibili da un lato e, dall'altro, possibilità reali di

accesso ai medesimi, almeno da parte di molti di coloro che ne avevano interesse e/o necessità. Posso asserirlo con sicurezza dato che, in quegli stessi anni, io ero impegnato sia professionalmente, come ricercatore universitario, sia come responsabile per il mio Gruppo Speleologico prima, e per la Società Speleologica Italiana poco dopo, di rubriche fisse che recensivano le notizie e le pubblicazioni nazionali e/o internazionali, che, di volta in volta, venivano ritenute più importanti o interessanti. Per quello scopo la biblioteca del mio Gruppo Speleologico prima, e quella del Centro di documentazione Anelli poi, erano del tutto sufficienti, garantendo l'accesso ad almeno il 70-80% di tutto quello che appariva in ambito carsico-speleologico, sia in ambito scientifico che esplorativo, e il tempo che mi veniva richiesto per consultare tutto questo materiale non superava mai le 2-3 ore settimanali.

Pertanto, in quel particolare periodo, io, grazie anche al fatto che le biblioteche in questione per me erano di facilissimo accesso, mi sono potuto agevolmente mantenere perfettamente informato su tutto quanto di importante accadeva nella speleologia italiana e straniera in ambito non solo scientifico, ma anche esplorativo, divulgativo e normativo. Il fatto che io fossi così ben aggiornato è stata la cosa che mi ha permesso nel 1984 prima e nel 1997 poi, di pubblicare quella che ritengo essere la mia migliore opera di sempre: il volume sui Minerali di Grotta, dove l'informazione puntuale e il controllo delle fonti è stata sicuramente l'arma vincente (HILL & FORTI, 1986,1997).

A mio avviso, soprattutto a seguito della rivoluzione informatica, con l'aumento esponenziale delle informazioni teoricamente disponibili, ma in generale di scarsa o scarsissima persistenza, nessuno oggi può più affermare di essere veramente informato e aggiornato su tutto, anche in un campo così piccolo come la speleologia e anche se di quest'ultima si interessa solo a una frazione minima. Comunque delle principali conseguenze positive e negative dalla rivoluzione informatica si accennerà nel prossimo paragrafo.

I molti pregi e i pochi difetti della rivoluzione informatica

Velocità, facilità di accesso, economicità sono le parole magiche che meglio sintetizzano gli enormi pregi della rivoluzione informatica: vantaggi cui sarebbe folle rinunciare, anche se fosse teoricamente possibile: e oggettivamente non lo è.

Questo comunque, per mancanza di spazio, non è il luogo ove elencare tutti i numerosissimi vantaggi che questa rivoluzione ha portato a tutte le attività umane e quindi anche alla speleologia: mi limiterò quindi solo ad accennare a quelle che a me sembrano le più importanti.

In campo speleologico l'informatica ha ampliato moltissimo la base di coloro che potevano avere accesso a informazioni di varia natura sul carsismo e le cavità naturali e/o artificiali. Prima, infatti, era assolutamente necessario far parte di un Gruppo speleologico e sperare che lo stesso possedesse una biblioteca tematica degna di questo nome... dopo no! In una parola la rivoluzione informatica ha democratizzato completamente l'ambiente, originariamente chiuso ed elitario, permettendo a chiunque di avere identiche possibilità di accesso non solo alle notizie ma, anche e soprattutto, di diventare un soggetto attivo nella produzione delle stesse, da condividere con gli altri.

L'aumento esponenziale dei soggetti coinvolti ha poi comportato, come conseguenza diretta, un altro vantaggio non indifferente: far aumentare il peso "politico" del nostro movimento sino ad allora certamente marginale. Ci ha, infatti, permesso di cambiare in modo radicale, e a nostro favore, i rapporti con le amministrazioni pubbliche, in modo da raggiungere più rapidamente e con maggior facilità risultati positivi soprattutto nell'ambito della salvaguardia ambientale. A questo proposito, devo onestamente ammettere che, prima dell'avvento del web, non sarebbe stato assolutamente pensabile che l'ONU chiedesse direttamente anche agli speleologi, come è invece avvenuto alla fine del 2014, di contribuire con un proprio documento al "*Global Sustainable Development Report 2015*", che è oggi consultabile sul web (FORTI, 2015).

Ma è forse nell'ambito del complesso delle pubblicazioni speleologiche, didattiche, divulgative e scientifiche, che la rivoluzione informatica ha avuto maggiore impatto: nell'ultimo decennio del secolo scorso, infatti, si è bruscamente invertito il trend che aveva visto costantemente aumentare le testate speleologiche dalla fine della seconda guerra mondiale. Il calo delle riviste cartacee è proseguito nel terzo millennio, mentre, nel frattempo si assisteva a una crescita esponenziale delle testate presenti solo sul web (DALL'ACQUA, 2014). Questo fatto è da ritenersi assolutamente positivo, certo anche per gli aspetti ecologici e finanziari, ma soprattutto per la maggiore diffusione e disponibilità delle notizie che, potenzialmente, raggiungono la totalità degli speleologi del mondo.

Recentissimamente, poi, anche la carta stampata ha potuto giovare delle enormi possibilità offerte dal web, assimilandone gli aspetti più utili. E' recentissimo il caso del libro sulle Grotte in Gesso di Sorbas in Spagna

(AYUSO CAMPO et al., 2013), che, almeno a mia conoscenza, è il primo in assoluto, in ambito speleologico, che utilizza appieno le potenzialità derivanti dalla rivoluzione informatica. Si tratta infatti di un "libro 2.0", in cui le tecniche GPS, internet e smartphone sono perfettamente integrate tra loro e con la parte stampata del libro, tanto che è impossibile separarle: si permette così al visitatore di poter approfondire "in tempo reale" ogni aspetto della sua visita direttamente sul terreno, semplicemente accedendo ai database disponibili in rete.

Passando, invece, a considerare i pochi difetti insiti nella rivoluzione informatica va subito detto che essi dipendono essenzialmente da due fattori: la quantità di dati disponibili e la volatilità degli stessi. La quantità enorme di informazioni infatti, oltre ad essere un pregio, come accennato precedentemente, può, a volte, anche diventare un grosso difetto. Con l'aumento esponenziale di notizie, infatti, è come cercare il famoso ago nel pagliaio, che però è diventato infinito: di conseguenza, oggi non è più assolutamente possibile pensare di filtrare personalmente i vari documenti disponibili, come, almeno al sottoscritto, è capitato di fare per molti anni durante l'era cartacea. Questo comporta la necessità di affidarsi a filtri esterni che, spesso e volentieri, privilegiano notizie, per noi irrilevanti, trascurando invece informazioni che, per noi, potrebbero risultare fondamentali. Di conseguenza la possibilità di trascurare, involontariamente, qualche dato anche importante è paradossalmente molto maggiore oggi che venti anni fa!

In realtà, almeno nel ristretto ambito della speleologia scientifica, questo pericolo è oramai quasi del tutto assente grazie al fatto che le poche riviste in cui oggi si pubblica sono tutte in inglese, indicizzate, con ottimi filtri, e in gran parte disponibili per la consultazione diretta sul web. Allora tutto bene? ... no di certo!

Infatti se qualcuno decidesse, per suoi motivi personali, di pubblicare una teoria speleogenetica nuova su una ottima rivista, come *Sottoterra* o *Progressione*, può stare certo che nessuno dei ricercatori sul carsismo penserà mai di cercarla e, anche se lo farà, i "motori di ricerca", attivi per gli aspetti scientifici, comunque ignoreranno quel lavoro. Quindi il suo lavoro semplicemente "non esisterà". In questo modo, paradossalmente, si è ritornati indietro di quasi 50 anni, quando grazie alle pubblicazioni in lingue scientificamente poco diffuse (come Russo, Cinese, Italiano) poteva succedere, ed è effettivamente accaduto (PASINI, 1967, 2007), che ricercatori senza scrupoli "piratassero" scoperte fatte da altri, pubblicandole in Inglese, Francese o anche Russo, e rivendicandone quindi personalmente la paternità.

Un altro aspetto molto critico è quello relativo alla volatilità intrinseca delle informazioni sul web, che dipende da due fattori molto differenti tra loro: la struttura stessa dei supporti su cui le notizie sono archiviate e l'aumento esponenziale delle stesse.

La mancanza di affidabilità nel tempo dei supporti su cui avviene l'archiviazione è ben nota a tutti gli addetti ai lavori: un recentissimo grido di allarme è stato anche lanciato da VIN CERF, vice presidente di Google, che, all'ultimo incontro dell'*American Association for the Advancement of Science*, ha parlato letteralmente di "generazione dimenticata". Ha poi chiarito che l'era digitale potrebbe non lasciare tracce ai posteri, perché, tra qualche secolo, immagini e documenti del nostro tempo potrebbero essere tutti illeggibili. Insomma, come sanno perfettamente tutti gli addetti ai lavori, i supporti ottici, magnetici, dischi fissi e unità a stato solido, si degradano in pochissimi anni a causa di ossidazione, sbalzi di temperatura, influenze magnetiche, cariche elettrostatiche e tanti altri fattori: in una parola, non possono essere utilizzati per archiviare materiale che deve durare nel tempo. Quanto ai *cloud*: chi ci garantisce la sopravvivenza delle aziende che ci custodiscono i dati nelle nuvole? Certo il problema può essere risolto, come hanno già fatto alcune delle più grandi biblioteche del mondo, delocalizzando, in luoghi fisicamente molto distanti tra loro, delle copie (3 o addirittura di più) dei loro archivi informatici. Queste ultime, poi, vengono costantemente tenute aggiornate: in questo modo si minimizza la possibilità, che però non potrà essere mai azzerata del tutto, che una catastrofe planetaria possa distruggere in maniera irreparabile il loro prezioso archivio.

Se la conservazione nel tempo dei dati più importanti può comunque dirsi sicura (escludendo ovviamente gli scenari più catastrofici), dato che in pratica dipende solo dalla quantità di mezzi e di denaro che vi si impiega, la stessa cosa non può dirsi per la stragrande maggioranza delle immagini e delle notizie che attualmente passano nel web o sono temporaneamente immagazzinate nei computer e nelle *cloud* dei Gruppi speleologici, o, peggio di ognuno di noi. Tutti questi dati, che genericamente potremmo definire "minori" o "personali", nel volgere di pochi anni, sono destinati a scomparire e questo è un danno gravissimo, che comunque a mio avviso non è assolutamente evitabile, dato che è impensabile conservare per sempre tutto quanto si produce oggi e, soprattutto, quanto si produrrà in futuro, in termine di documenti informatici.

Moltissimi potrebbero essere gli esempi in questo campo, a cominciare dalle foto fatte a una grotta che poi è stata distrutta da una cava, oppure le relazioni postate sul web di una esplorazione di grotte in aree remote, e tante altre. Ma credo che l'esempio più chiaro di come la rivoluzione informatica ci abbia, definitivamente e per

sempre, tolta la possibilità di fare alcune analisi fondamentali per ricostruire avvenimenti del passato, anche non troppo remoto, sia rappresentato da uno dei suoi strumenti fondamentali, da tutti giustamente e per molti versi riconosciuto come foriero solo di progresso: la posta elettronica. Questo strumento, infatti, pur avendo permesso di ampliare a dismisura i nostri contatti, in pratica ha decretato la fine di ogni possibile archivio epistolare, fondamentale per gli studi che citavo pocanzi.

Nel mio caso, non solo come Direttore dell'Istituto Italiano di Speleologia (IIS), ma come ricercatore universitario e anche presidente pro tempore di varie Associazioni Speleologiche Nazionali e/o Internazionali, ho sempre tenuto una fitta corrispondenza. Ebbene, negli ultimi trenta anni del secolo scorso, praticamente tutta questa corrispondenza è stata conservata e attualmente è contenuta in circa 90 faldoni. Ma dal 1997 in poi il materiale archiviato è diminuito esponenzialmente, ed è raccolto infatti in soli 4 faldoni, che oltretutto sono fermi al 2003. In pratica è da oltre 10 anni che nulla dei miei contatti epistolari è più stato scritto in cartaceo, essendo io transitato totalmente sulla piattaforma elettronica. Ma dal 1984 (anno in cui ho iniziato a utilizzare la posta elettronica) al 2005 tutte le mie mail e relative risposte sono andate perdute nel cambio dei computer di lavoro e, anche se, dal 2005 a oggi, ho praticamente ancora tutto l'archivio elettronico, questo inevitabilmente verrà distrutto quando lascerò definitivamente il mio studio in Università. E' evidente che se, tra mezzo secolo, qualcuno volesse ricostruire la storia dell'IIS basandosi su documenti originali, sarà costretto a limitare la sua consultazione alla fine del millennio scorso.

Probabilmente questa non è una cosa terribile in se, ma c'è ovviamente di più: sono infatti certo che quello che sta capitando ai miei documenti sia da estendere praticamente alla totalità degli epistolari e degli archivi elettronici personali e forse, a maggior ragione, anche di Gruppo. Questo significa che, se MARTEL, CAPELLINI, ISSEL o BOEGAN fossero stati nostri contemporanei, non sarebbe stato possibile ricostruire la loro storia e con essa quella della Speleologia, semplicemente per mancanza di documenti da consultare. E ancora, mentre possiamo vedere e studiare i dagherrotipi del XVIII secolo di grotte da tempo scomparse, probabilmente le immagini digitali e i filmati attuali non ci sopravviveranno, salvo casi rarissimi e del tutto particolari.

Scrutando il futuro

Al termine di questa breve carrellata sui cambiamenti occorsi alla documentazione e alla divulgazione della speleologia in questo mezzo secolo, credo sia necessario cercare di immaginare il futuro, certo per cogliere le immense possibilità che ci vengono offerte, senza però dover rinunciare a qualche cosa che prima pensavamo stabilmente acquisita e che ora viene, proprio da questa rivoluzione, pesantemente messa in discussione.

Dei problemi direttamente connessi con l'archiviazione informatica abbiamo già parlato nel paragrafo precedente, analizzando anche, quando possibile, come minimizzarne gli eventuali danni; qui mi voglio concentrare invece su un fatto, ancora fortunatamente non verificatosi in Italia, ma che purtroppo è già una realtà in molti altri Paesi Europei e non solo. In speleologia, infatti, uno degli aspetti a mio avviso più pericolosi che sono derivati, come conseguenza anche della rivoluzione informatica, è il progressivo scollamento, cui si assiste, giorno dopo giorno, in tutto il mondo, della speleologia scientifica da quella esplorativa.

In molte Nazioni speleologicamente importanti, da qualche anno nascono associazioni separate di speleologi "sportivi" e di speleologi "scienziati": questo è già avvenuto in Francia, Spagna, Inghilterra etc. Paradossalmente il motivo di questo allontanamento è in gran parte dovuto alla sempre maggiore disponibilità di informazioni reperibili sul web.

Da un lato i ricercatori non sentono più il bisogno di frequentare di persona i Gruppi Speleologici, come accadeva di necessità prima della rivoluzione informatica, dato che pensano che tutto quello che a loro può servire è reperibile in rete. Questo anche perché un'altra rivoluzione, leggermente precedente e derivata dall'avvento delle tecniche di progressione su sola corda, aveva già reso inutile la presenza di un gruppo di appoggio anche per esplorazioni e ricerche da effettuarsi a grande profondità. La perdita di interesse da parte dei ricercatori è poi diventata totale quando le regole per la progressione di carriera ha imposto loro di pubblicare solo ed esclusivamente su riviste con "impact factor", in pratica escludendo, quindi, la quasi totalità delle riviste gestite da speleologi.

Dall'altra parte nei Gruppi Speleologici, con il progressivo abbandono della carta stampata e il prevalere delle notizie "mordi e fuggi" soprattutto nei *social networks*, è venuta a mancare totalmente la divulgazione scientifica, prima affidata appunto ai ricercatori che frequentavano il Gruppo, e pertanto, progressivamente le nuove generazioni di speleologi focalizzano il loro interesse solo sull'aspetto sportivo della loro attività, trascurando del tutto quello scientifico.

A rendere ancora più rapido questo processo ci ha pensato il “dio denaro”, con il miraggio di forti finanziamenti per trasformare l’attività speleologica in uno sport agonistico ... E gli speleologi, seguendo questa allettante chimera, stanno spostando progressivamente i loro punti di riferimento istituzionali da quelli ambientali a quelli dello sport. Sono infatti sempre di più i Paesi in cui si organizzano gare speleologiche. E già si favoleggia di “Olimpiadi in grotta”, con buona pace per tutti i propositi di salvaguardia ambientale delle aree carsiche!

A mio parere, questa deriva, se non arginata in tempo, porterà la speleologia a somigliare sempre di più all’Alpinismo, da cui alla fine non si distinguerà altro che per la definizione, coniata alla fine del XIX secolo, per cui la Speleologia altro non era che “Alpinismo all’ingiù”. Contro questa definizione, a mio avviso completamente sbagliata, generazioni di speleologi si sono ribellati pretendendo finalmente di essere riconosciuti come “Geografi della notte”, definizione questa che molto meglio racchiude l’idea di esploratori-ricercatori indissolubilmente legati.

Personalmente sono ancora convinto che la simbiosi mutualistica tra esplorazione e ricerca sia estremamente valida anche in piena era informatica e spero ardentemente che le nuove generazioni di speleologi e ricercatori, almeno in Italia, ne continuino a percepire tutti i vantaggi che essa comporta, che, sempre a mio parere, sono enormemente maggiori delle oggettive difficoltà che ogni collaborazione porta con sé.

Bibliografia

- AYUSO CAMPOS I., CALAFORRA CHORDI J.M., GUTIERREZ LABOURET M., TORRES PARENZUELA A., 2014. *Cuevas y Simas del Karst en Yeso de Sorbas*. Espeleo Club Almeria, 168 pp.
- DALL’ACQUA R., 2014. *Editoria Web*. Speleologia, **70**, 74-76.
- FORTI P., 2015. *The scientific and socio-economic importance of karst and caves and their vulnerability*. UN Global Sustainable Development Report 2015, 3 pp.
- HILL C., FORTI P., 1986. *Cave minerals of the world*. Nat. Spel. Soc., USA, 238 pp.
- HILL C., FORTI P., 1997. *Cave minerals of the world*. Nat. Spel. Soc., USA, 464 pp.
- PASINI G., 1967. *Nota preliminare sul ruolo speleogenetico dell’erosione “antigravitativa”*. Grotte d’Italia s. 4, **1**, 75-90.
- PASINI G., 2007. *A terminological matter: paragenesis, antigravitative erosion or antogravitational erosion?* Int. J. Speleology, **38**(2), 129-138.
- SCATOLINI A., 2007. *La speleologia sul web, vista dalla Scintilena*. Speleologia **56**, 50-57.

Sac. GIUSEPPE DE PAOLA



La Grotta di Pertosa

Paradiso di meraviglie



Bello è il peristilio del convento
Con grazia esuberante di colonne,
Poichè molte vi stan per ornamento.

G. DE PAOLA

NAPOLI
Stabilimento Tipografico N. Jovene
Via Donalbina, 14
1939-XVII

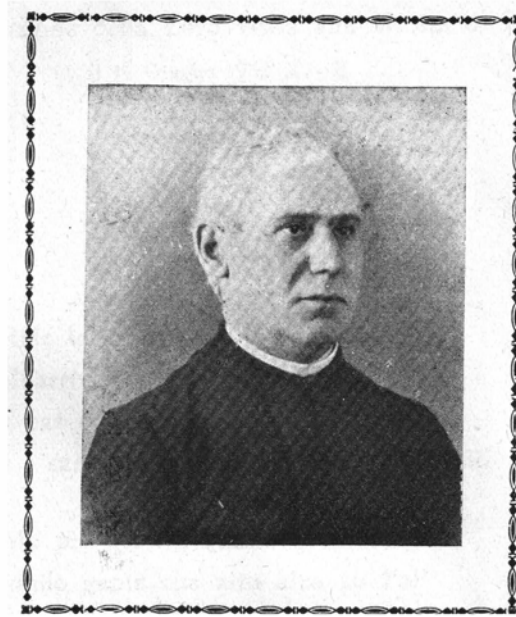
Sac. GIUSEPPE DE PAOLA

La Grotta di Pertosa

Paradiso di meraviglie



NAPOLI
Stabilimento Tipografico N. Jovene
Via Donalbina, 14
1939-XVII



Alle AA. RR. e II.
i Principi Umberto e Maria Josè di Savoia
in occasione della Loro visita alla Grotta di Pertosa
il 14 Giugno 1932 X. - E. F.

SONETTO

Ride la primavera di Pertosa
all'arrivo dei Principi Reali,
e par ch'esulti ogni terrena cosa,
e i campi e il ciel s'adornino trionfali.

Ma più gioisce questa generosa
umile gente che alto alza su l'ali
dei venti il grido alla Stirpe gloriosa,
e plaude e inneggia con voci augurali :

O millenaria Casa di Savoia,
rifulgente di senno e di valore,
che a questo luogo accresci oggi la gioia,

grandezza e gloria che ogni cuore ammalia
salda potenza e celestial favore,
Iddio conceda a Te, splendor d'Italia!

Il Comune di Pertosa e la sua Grotta

Sul pendio d'un colle soleggiato da ulivi bimillenni, sorge Pertosa, il cui nome deriva da pertugio, dalla Grotta preistorica, di fronte, che si manifesta come una grande buca.

È il più antico paese dei dintorni, oriundo dalle famiglie primitive, che abitarono la Grotta. Le quali, cresciute, e, mutati i tempi, uscirono a costruire le loro abitazioni alle falde del monte di Pertosa (1) detto poi anche Tagliata o Intagliata, dal taglio o fossato che vi fecero i Romani, per dare scolo alle acque del Tanagro, che ristagnavano nel lago di Teggiano (2). Poi passarono alla destra del Tanagro, per godere un clima più mite ed asciutto, senza allontanarsi dalla Grotta, ch'era stata il luogo sicuro dei loro antenati, per la grande cascata che ne sbarrava l'ingresso e per il ponte levatoio, di legno, che scorreva, all'occorrenza, sull'altro Romano di fabbrica ad arco, a destra dell'entrata. Gli avanzi di quest'ultimo sono in fondo al bacino presso l'imboccatura della tubazione di un'officina elettrica.

Quasi a metà dell'altezza dell'apertura della Grotta, a sinistra, si vede ancora il casotto della sentinella: è una buca naturale, murata davanti, con un'apertura.

Due pergamene (3), conservate nell'archivio del Monastero Na-

(1) L. GIUSTINIANI. *Dizionario geografico*. Tomo IV. "Queste acque (del Tanagro) tutte riunite si avevano aperto un cammino sotterraneo per alcuni forami del monte di Polla, chiamati Crive da quei naturali; uscendo poi a distanza di 2 miglia da una grotta... del monte della Pertosa „.

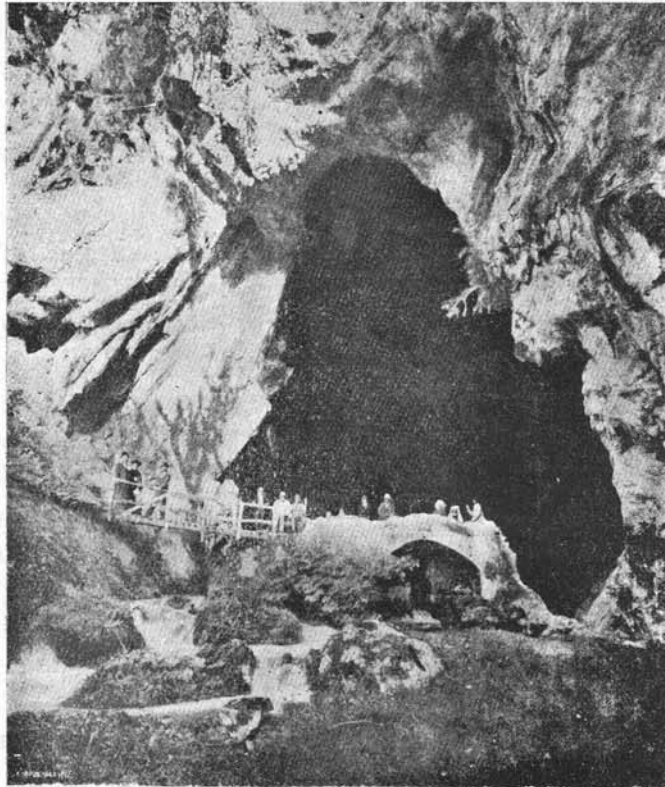
(2) Il CARTA, nel suo *Dizionario* dice: "Il Tanagro si sprofonda in una grande voragine presso Polla, sboccando poscia, con grande fragore, dopo il corso sotterraneo di 20 miglia, secondo gli antichi scrittori, (Plinio II e altri) in una grotta detta Pertosa „.

(3) Maggio 1180. Pietro de Donato dona alla Chiesa di S. Maria di Pertosa una parte della Grotta di S. Angelo (Archivio di Stato di Badia di Cava, arca XXXVI n. 21).

— Aprile 1183. PIETRO DE BARALEO dona alla stessa l'altra parte della grotta, parte degli orti *datorno* e il diritto di pesca nel fiume Nigro (oggi Tanagro) arca XXXIX n. 18.

— 8 —

zionale dei Benedettini di Cava, fan fede che la Grotta fu donata alla Parrocchia di Pertosa. Gli Abati di quel Cenobio, che hanno esercitato sempre giurisdizione spirituale su Pertosa, ottennero conferma dalla S. Sede delle donazioni suddette. I Parroci dipendenti



han tenuto sempre vivo il culto nella Grotta, e soltanto ad essi compete il diritto di padronanza (1); il Municipio, a sue spese, ha

(1) Il Prof. P. CARUCCI, il 28-10-1920, nella pretura di Polla, con giuramento, dichiarava che " da tempo immemorabile i Titolari che hanno avuto cura della Chiesa di S. Maria delle Grazie di Pertosa hanno goduto pacificamente come assoluti proprietari la Grotta e il Santuario dell'Angelo di Pertosa. Gli scavi in essa fatti mi furono permessi dal Parroco di Pertosa „.

L'avv. NICOLA PRIORE, in qualità di sindaco di Polla, il 16 agosto 1920 dichiarava con giuramento dinanzi al Pretore di Polla che " nella Grotta, in territorio di Pertosa, non vi esercita Polla alcun diritto, salvo quello di dir messa " il lunedì in albis, mai contrastato „.

— 9 —

resa carrozzabile la via comunale che mena in essa. Vi si accede anche dalla stazione ferroviaria di Pertosa, per un sentiero, in discesa, di dieci minuti di cammino.

La vecchia Pertosa era una cittadina molto progredita: è dimostrato dagli oggetti di scultura, rinvenuti negli scavi ivi fatti. La sua antichità si perde nella memoria del passato, poichè molte epigrafi furono distrutte; una colonna di marmo porta l'iscrizione: " GENIO AUG. H. LOC. PRISCUS „ (1).

Sebbene non avesse conservata sempre la sua autonomia, pure, senza interruzione, è stato un paese a sè, nella sua piena efficienza (2), con un territorio proprio, ben distinto, che, alla sinistra del Tanagro, confina con la via regia Petina-Polla, presso Gaudicelli, nel tratto tra S. Sofia e la dolina più piccola dell'Intagliata di fronte a Campostrino, e scende al fiume in tutto il declivio che segue la direzione est-sud-est—ovest-nord-ovest. A dextera del fiume si prende per il ponte Campostrino, e si sale per il vallone Molinaro, che continua col nome di vallone Cànçito, e, per la via del procaccia presso Massavetere, si arriva al vallone Stilli, di dove si scende fino al Tanagro. Vedi Onciaro di Pertosa, con la decisione della Sommaria, pronunziato che non si può distruggere.

Queste notizie hanno riscontro in antichi documenti. Di fatto Nicola, conte di Principato, afferma che il mulino, alle falde dell'Intagliata, Presso Maremanico, è sito in territorio di Pertosa o di S. Maria di Pertosa (3). L'Abate Tommaso elenca molte terre dell'Intagliata, e dice che sono site nel territorio del Casale di Pertosa (4) " In casali de Pertosa „.

(1) A. RACIOPPI. Regno delle due Sicilie. " Dagli oggetti e monete ivi (Pertosa) trovate si deduce che Pertosa rimonta ai tempi della Repubblica Romana „.

(2) Archivio di Badia di Cava Scaffale B. IV. 27.

(3) Archivio di Badia di Cava Arca 36 n. 40. Nicola, conte di Principato con pergamena del 1172 dona a S. M.^a di Pertosa il mulino (presso Maremanico) che trovasi " in pertinentiis Setae Mae Pertusiae „. La parola *pertinentiis*, nei codici di quello Archivio, significa *territorio*.

(4) Archivio di Badia di Cava. Arca 36 N. CXXII Fol. 27 e seg. del 1261-1262.

La Grotta preistorica di Pertosa

(Monumento Nazionale)

Geme la terra e, dalle arcate volte
 Fantasticando, sprema le sue opre
 Al bello al vero ed al bizzarro tolte
 Lunghi millenni vi studiò Natura,
 E mise in mostra le svariate cose
 Oprando nell'orror di notte scura.

La grotta di Pertosa ha l'apertura di m. 15 per m. 20 di altezza, e si presenta come una grande galleria, incavata nel monte Intagliata, con una serie di arcate irregolari in prospettiva. Nella volta, presso l'entrata, s'innalza una cupola a cui fa capo un'altra grotta, di proporzioni più ristrette, la quale si estende sulla prima, formando così un primo piano; in essa nidificano numerosi branchi di colombi torraioli.

Le pareti, di fondo bianchiccio, sono picchiettate d'una gradazione di verde, dal cupo al chiaro, con qua e là chiazze giallognole o rossicce, rari ciuffi di capelvenere e qualche foglia di lingua cervina.

L'ultimo arco zoppo dell'immensa volta poggia, a destra, su di un pilastro sporgente, che fa da sfondo a un rozzo e antico tabernacolo con altare e statua di S. Michele del 1682. Dinanzi si estende una spazzata, che può accogliere circa duemila persone in piedi; nel cui sottosuolo, il 1897, dal prof. P. CARUCCI furono rinvenuti armi ed utensili di selce, vasi di terracotta di varie forme e dimensioni, tra cui alcuni a due o più scompartimenti per cuocere diverse vivande su di un sol fuoco, lacrimatori dalla lunga e delicata ansa; e, nel letto del fiume, guadabile allora, avanzi di palafitte sulle quali gli uomini primitivi formavano le loro abitazioni, per trincerarsi in mezzo alle acque.

In quei pressi, in vari strati fossiliferi, si son trovati ossa e resti di cranio di animali del tutto scomparsi, conservati per epigènesi, pesci e conchiglie fossili.

L'acqua, che scorre nel lato sinistro della grotta (1 m³ al minuto secondo), è ricca di sostanze radioattive, e, dai tempi più remoti, fu adoperata come rimedio medicamentoso per le bestie. Una diga di muratura la frena, la raccoglie in un bacino e la incanala in una tubazione, per animare una delle officine elettriche, a breve distanza, con un salto di 50 metri.

— 11 —

Oltre gli archi termina la spiazzata; per un tratto il bacino si allarga, poi si restringe di nuovo, e l'acqua tranquilla, per un percorso di circa 200 metri, lambisce le opposte pareti, che presentano qua e là piccole insenature o forami fantastici. Una zattera di 40 posti attende i visitatori, per tragittarli, in otto minuti, nella parte più bella. Qui per un breve tratto, la volta è a schiena d'asinò. In tempi remoti, quando si spaccò la montagna, precipitava un colossale masso quadrangolare, poggiando una faccia sulla sommità dell'inclinata parete di sinistra, con cui forma la linea di displuvio, e, parte dell'altra sulla parete opposta, in modo che lo spigolo intermedio percorre longitudinalmente, verso destra, la volta stessa.

A questo lato le concrezioni calcaree hanno formato delle colonne che fanno da puntelle al pesante masso, hanno cementata la linea di displuvio della volta e ornato lo spigolo di bioccoli rigonfi in giù, come tanti pezzi di pasta rilassata e infarinata.

Formato l'imbarco, il conducente, stando in piedi sulla prora della zattera, la mette in moto attaccandosi con le mani alternativamente ad un filo di ferro, teso orizzontalmente sulla mediana del corso d'acqua, ed ecco che si avvanza nella penombra.

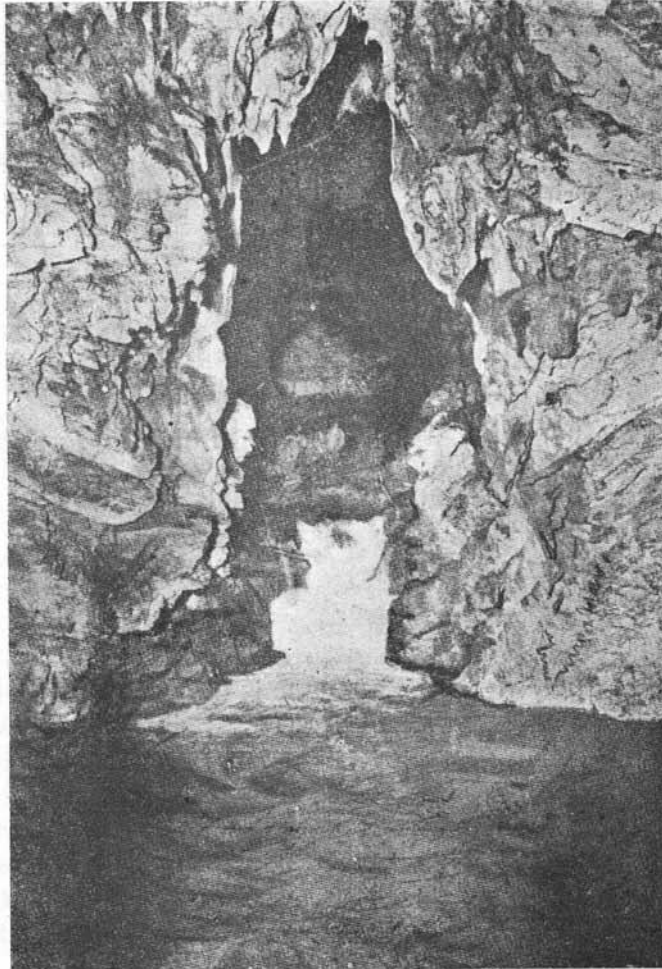
Il viaggio nella zattera, per chi non ha veduto mai la Grotta, è un sogno fantastico, durante un sonno tranquillo. Come le onde del mare incalzano, e, quando si fanno alla riva, par che la seconda sorpassi la prima, mentre la terza viene a confondersi con esse; così la mente, sotto l'impressione di quel bizzarro rimescolio di stalattiti, guardate, parte nella penombra, parte nella luce, si confonde: i fantasmi s'incrociano, si sovrappongono, s'infrangono, per ricomporsi in mille vaghe forme, e, di tutto questo tramestio, non rimane altro che una fantasmagoria che incanta, una bellezza che non si sa esprimere.

Ma un lieve mormorio lontano, che va man mano crescendo e diventa uno scroscio misto ad un chioccolio, vi desta dal sonno incantato.

È una cascata pittoresca, che ha tutti gli elementi di un quadro magnifico: sorride e v'incanta col suo zampillo, vi minaccia col suo fragore, simulando voci strane di terrore di mostri nascosti tra quei recessi misteriosi, profondi, dai quali sbuca l'acqua spumeggiante. Uno sfondo cupo par ch'è ne segni gli estremi limiti, ma, superata la cascata, si volge a destra, si entra in una lunga

— 12 —

galleria naturale, in cui scorre il fiume, con laghetti e cascatelle, e con rare, fantastiche e belle stalattiti e stalagmiti, e si arriva in direzione del fondo di una dolina.



La guida dopo avervi fatto gustare quello spettacolo di poesia, approda alla prima sala, dalla volta di color cinereo, sobriamente marmorizzata di bassorilievi bianchi, e, in diversi punti, cosparsa di ghiaccioli bianchi, di poco allungati: il carbonato di calcio, troppo diluito dalla sovrabbondanza d'acqua fluente in uno spesso gocciolio, non ha potuto produrre niente di caratteristico; le pareti sono di roccia spaccata qua e là, con delle cavernette, in cui, una volta, giaceva il guano di pipistrelli.

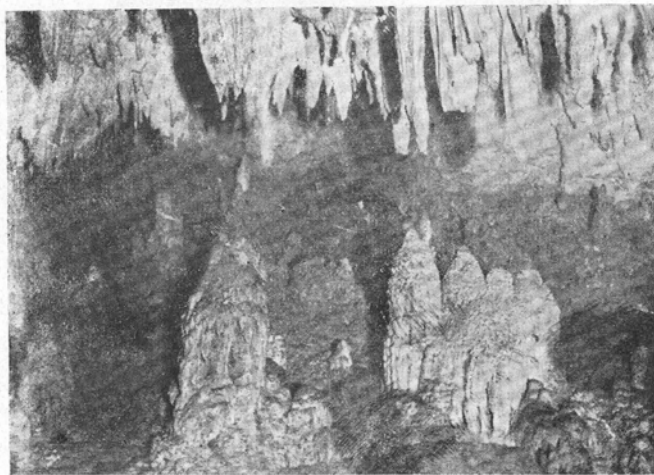
— 13 —

Dopo pochi passi, vi fermate a guardare un'incrostazione a forma di spicchi strozzati e raggruppati intorno alla costola di una roccia, spremuti dalla natura attraverso un foro.

Varcato un ponte di cemento e saliti alcuni scalini, vi trovate in uno scompartimento dove la grazia e la leggiadria vanno spargendo vaghe bellezze. Il soffitto è adorno di incrostazioni a forma di mammelle di mucca e di stalattiti come rami sfrondatai, stroncati e scorzati; quali appiattiti, quali contorti, quali con protuberanze, quali di una irregolarità bizzarra. La natura, mentre saldava le fessure della volta, vi lasciava quei colaticci appesi in maniera mirabile. Essi generalmente hanno le corrispondenti sul suolo: stalagmiti ronchioce, granulose, scanalate o ricoperte come di lichene islandico.

SALA DELLE BICOCCHE

In questa sala, su d'un aggetto, alcune stalagmiti si presentano come vispi bambini che vi salutano, altre, come una moltitudine di persone, sbucano dal fondo d'una rupe, e, per un piano inclinato, si dirigono verso alcune bicocche. Sulla sommità d'una altura



se ne ergono alcune come un castello nella imponenza delle sue torri. Di là si scende in una lunga galleria, che si ricongiunge col ramo principale nel punto dove riceve un rigagnolo che la percorre.

Dalla volta pendono, ora a forma di cono capovolto, ora a forma cilindrica, delle incrostazioni, che, lungo un tratto sporgente

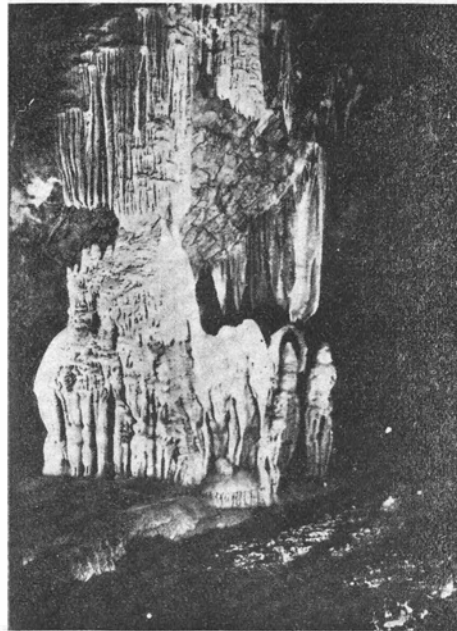
— 14 —

della parete ricascano come leggiadri pendoni dalle terrazze, nel giorno del Corpus Domini. Una cupola s' interna nella volta, col colmo schiacciato, rigonfio intorno come un pentolo; par preparata per ricevere un affresco dalla mano umana, che voglia cimentarsi con Madre Natura, maestra di finezza e di gusto, in quelle immense gallerie di varietà.

SALA DEI PALUDAMENTI O GUARDAROBA REALE

Dinanzi la sala del Guardaroba reale, trovate sul vostro cammino una stalagmite piantata come una sentinella.

Una fila di drappi pendenti, di uguale lunghezza, sono disposti simmetricamente come su d'un bastone orizzontale, con la co-



stola della piegatura di uno a ridosso dell'altro. Il visitatore resta più che mai meravigliato nell'osservare che la natura abbia disposto le sue concrezioni, non più a forma cilindrica, ma a panneggi, tagliati e piegati come se vi avesse operato la mano umana con squadra e misura (1).

(1) Se le cortine risultano tutte eguali, si sono armonizzate tre cose: omogeneità di materiale, uguale quantità di carbonato di calce, passato attraverso il tratto uniforme della fessura, che s'è saldata quando una cortina ha raggiunto la lunghezza della precedente, uguaglianza di ritmo del gocciolo costruttore.

— 15 —

La meraviglia cresce allorquando si vedono messi in bella mostra lussureggianti mantelli a lunghe pieghe, a cresse, cosparsi di brillantini, sormontati da una pellegrina, anch'essa pieghettata e orlata di ricamo, che accresce grazia e rivela il gusto fine di un grande artista

Molti di questi paludamenti sono quasi diafani; la luce che li attraversa traspare del colore del tramonto del sole di un orizzonte vaporoso. Uno di essi è caratteristico per il suo colore di alabastro giallo, striato di bianco, con venature scure, che si perdono in filacciche.

Ad un certo punto richiama la vostra attenzione il suono di varie note musicali ascendenti e discendenti: la guida, che si è distaccata dai visitatori, ha ricavato quelle note strisciando una bacchetta verso l'orlo di una serie di pieghe accannellate e unite fra loro, che scendono in semicerchio su d'una stalagmite. E' la cortina litofonica. Un maestro con dei martellini di legno vi suonava una melodia.

Più avanti un pannello spiovente a pieghe, con le cocche tirate un pò in su d'ambo i lati, picchiato dalla guida, manda il suono grave di una campana.

Dopo una svolta, a sinistra, s'apre una grotta che finisce presso un laghetto: la si pratica con difficoltà, perchè ingombra di rottami; ha le pareti con chiazze nere, livide o rossicce e la volta irta di ghiaccioli di carbonato di calcio, a filamenti sottili, fragilissimi. Si prosegue quindi nel ramo di destra. Di fronte, si presenta una stalagmite, che vi dà l'idea di una Madonnina col bambino in braccio. Sul piedistallo, eretto a ridosso di un rozzo altare, foggiate dalla natura, v'è un globo e su questo poggia la statuetta.

L'addobbo di questa specie di Santuario sembra lavorato da mano angelica: sono drappi svolazzanti alla brezza mattutina, sono merletti, sono ricami e smerli fantasticamente intagliati; è una varietà in cui l'occhio si perde e la fantasia trova il suo gusto.

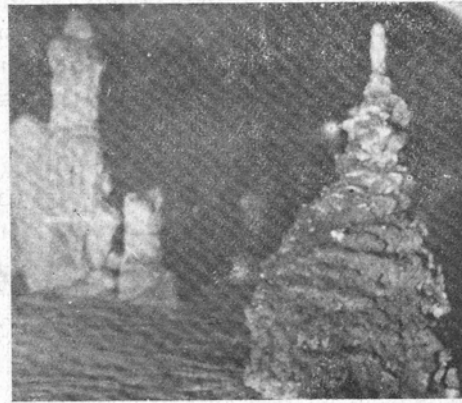
Sul capo della immagine abbozzata pende un paludamento distinto, con rilievi particolari. Mentre questo si allungava dalla volta, col continuo stillicidio, si ergeva sul piedistallo la graziosa figura.

Di questo quadro resta sempre viva nella mente l'illusione ottica, prodotta dalla stalagmite, che, a un dì presso, così vi si rappresenta:

— 16 —

Velato è l'apparir della Madonna,
 Nell'istante che guardi il simulacro ;
 Ma quando a riguardarlo fissi l'occhio,
 La dolce visione è già scomparsa :
 Per veder meglio, il piede s'avvicina,
 E il simulacro non è quel di prima.

Saliti alcuni scalini, a destra, presso l'imboccatura di un'altra breve grotta, che è come la sagrestia alle spalle del Santuario, ecco la sagoma di una nave, di grandezza naturale, rilevata con la sua poppa e timone, quasi a testimoniare che ha sfidato i pericoli delle acque infide, gelosa di portare in salvo il suo equipaggio.



Dopo pochi passi, v'indugiate a guardare una cosa originale di una bellezza sorprendente: è una massa fungosa di carbonato di calce, che si eleva dal suolo per un metro, con la circonferenza alla base di m. 1,50 circa, di colore giallognolo-rossiccio superficialmente, con macchie di terriccio e con le escrescenze simili a un fungo gallinaccio. Sul suo vertice spunta come lo stollo di un pagliaio, una piccola stalammite di colore bianchiccio.

Peccato che, tra le numerose comitive dei visitatori vi sia qualche vandalo, il quale, deludendo la scrupolosa vigilanza del custode, l'abbia manomessa, per potarne via qualche pezzo che faccia da fermacarte, o da ornamento sul cassettone, in sostituzione dei corni amulettici.

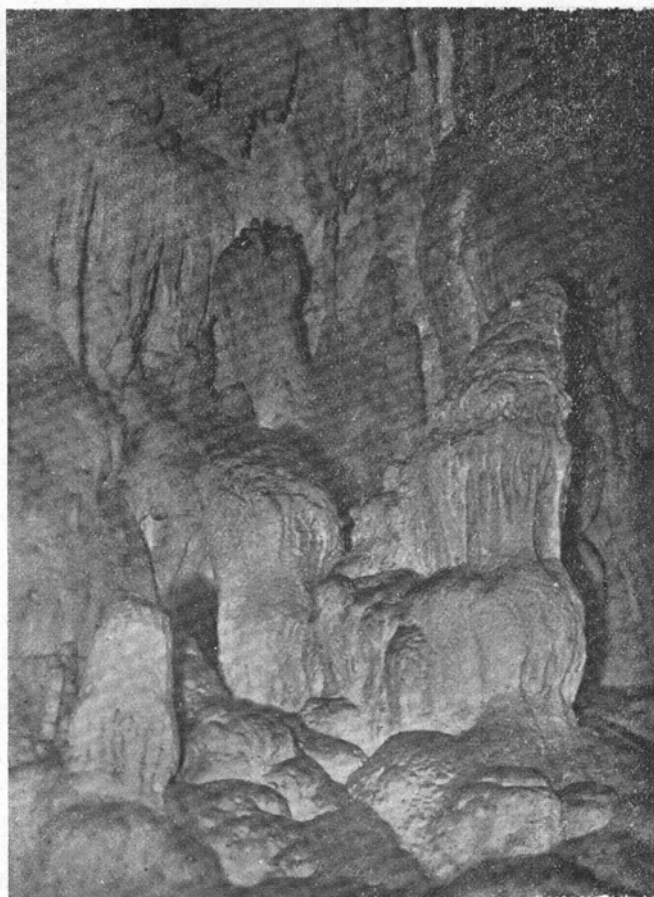
Qui si viene ad ammirare, e non a guastare le bellezze della natura, in cui opera il dito di Dio!

Quanta meraviglia! La natura par che abbia distribuito il lavoro a mille operai diversi; eppure è essa sola, che, con le stesse concrezioni calcaree, vi foggia una infinità di produzioni differenti

— 17 —

e fantastiche, di imagini le più strane, che vi riempiono la fantasia, ma che nessuna penna è capace di descrivere, nessuna lingua di esprimere.

Tanti tesori di arte bizzarra più s'ammirano e più si resta incantati, mentre la fantasia si perde in un sogno evanescente.



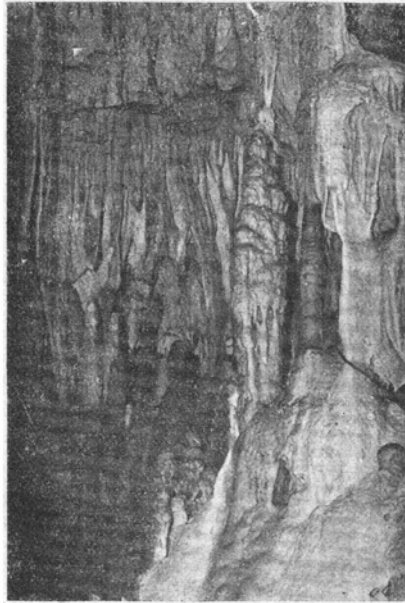
Alt! dice la guida, scherzando; rispettate i tesori reali! Qui la natura par che abbia esaurite le sue produzioni, dopo che ve n'ha mostrate tante; e, infine, vi presenta una rupe da cui viene giù un torrente di brillanti. E' una sorpresa che fa venire la voglia delle ricchezze, o suscita il desiderio d'ingemmare a profusione la chioma di qualche persona amata, dinanzi a tanta abbondanza che par non si esaurisca. Gli occhi si beano in quel brulichio scintillante, mentre la guida vi invita ad entrare nella sala del Mito.

— 18 —

SALA DEL MITO

Ecco là una tozza e vaga stalagmite ricamata, che si erge su di un poggetto, e, in alto, attaccata alla volta, una fila circolare di prismi, disposti in diversi ordini, a forma di corona, che pendono a perpendicolo, sulla stalammite.

Questa, nella fantasia, rappresenta il Mito, il quale, dopo millenni, si manifesterà nel suo pieno splendore. Madre Natura lo va alimentando, nella più cupa oscurità e nel profondo silenzio, con lacrime continue, cadenzate, che gemono dal suo seno, fino a che, consumata dal suo dolore, lo vedrà arrivare a cingere la corona.



I visitatori vorrebbero assistere a questa festa, affrettando il tempo, per vedere quale lavoro meraviglioso si va formando intorno a quell'essere misterioso; quale aspetto acquisterà, quando sarà coronato. E intanto vanno cogliendo, con la fantasia, quanto di meglio hanno visto in quel paradiso di meraviglie, e già se lo raffigurano in una posa solenne e maestosa, con un manto brillantato spiovente fino a toccare il piedistallo, in una ricchezza sfarzosa di pieghe.

Più avanti, sulla parete inclinata di sinistra, sorgono svariate stalagmiti, e, sulla risega della stessa, gruppi di stalattiti, cascate

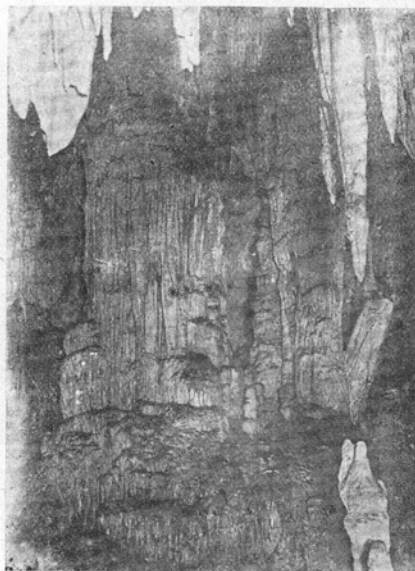
— 19 —

dalla volta ed ivi saldate, danno l'aspetto di animali favolosi, rappresentati nella fantasia, dalla narrazione di racconti che fanno le nonne ai nipotini. Una scimmia vi guarda e par che vi rifaccia il verso, e un elefante alza la proboscide.

Come baluardi, due colonne tronche, con una terza inclinata accanto, profuse di rabeschi, con lunghe stalattiti che pendono dinanzi, sono incanti di bellezza e di arte misteriosa.

Caratteristica è una stalagmite, che, in tutto, riproduce la sagoma della statua di S. Gennaro di Napoli, sulla guglia, con la mitra bicuspidata.

Ne sorge un'altra, che, nella sua ronchiosa superficie, presenta da un lato, in bassorilievo, come la testa di una donna affranta dal dolore, con i capelli scarmigliati. Par che una mano maestra l'abbia abbozzata con lo scalpello.



Su di essa non pende la stalattite cilindrica, ma un lungo nastro di alabastro scuro, longitudinalmente increspato.

Tante altre rappresentano, all'occhio del visitatore, mille svariate immagini, raffrontate con quelle delle loro contrade, secondo il punto da cui si guardano, e secondo la fantasia più o meno fervida di ognuno.

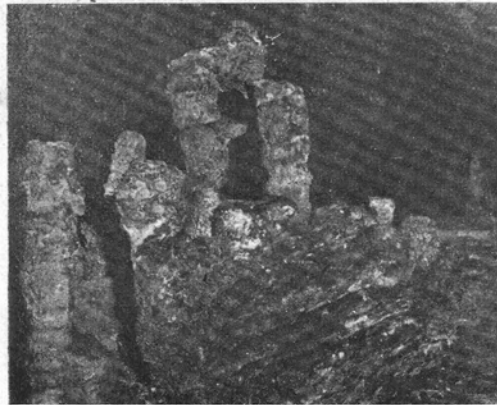
— 20 —

SALA DEL PRESEPIO

Siamo dinanzi ad un presepio ; fermiamoci ad ammirare questa bellezza singolare. Ha la forma di una capanna con la copertura leggermente inclinata, sporgente e senza sostegni, addossata alla parete dell'ampia sala ; ma è lavorata con un meraviglioso padiglione ornato di merletti finemente operati.

Sulla capanna si estende un vasto paesaggio. Con un abbozzo di cumuli, di bassorilievi, di andirivieni di cose, la natura vi ha plasmato le sue figure. La mente gioca in quel brulichio e vede sparsi monti e colline, città e villaggi, fortezze e palazzi, mandrie, branchi di ogni sorta di bestie, uomini.

La scena prende vita e si muove sotto l'occhio dello spettatore, e al riflesso di una luce crepuscolare, preparata dalle lampade elettriche ; tutti son diretti verso un punto. Vedi là il castello di Erode.



Una stella faceva da guida alla capanna di Betlemme ; qui la natura ha dimenticato la stella, e vi ha sostituito una colonna con faro.

Dinanzi al presepio sono notevoli un obelisco e un arco monolitico con le sue colonne, nella luce del quale sporge una protuberanza, come il naso del rinoceronte.

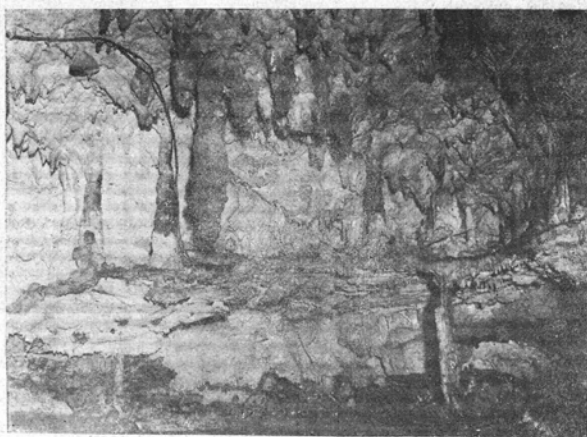
Si entra nel gran salone, alto m. 35, lungo m. 50 e largo m. 30. Vi attrae una Madonnina che domina su d'una rupe, nel lato destro, dinanzi ad un foro che si perde in meandri.

La goccia millenaria ha cosperso la parete di svariate figure, l'ha adornata di pèneri, di drappaggi, di tronchi penzoloni o allungati fino al suolo. Scene nuove si presentano col cambiar di posto; le sparse stalagmiti sembrano pellegrini, che vanno su per

— 21 —

il dirupato pendio. Una cascata cristallizzata presenta il movimento vario dell'acqua, che gioca in un letto molto accidentato.

Rimpiangiamo la distruzione e rapina che vi fecero ignoranti barbari. Proprio in questa sala, con una piccola sega, fu staccata e involata una colomba bianca, di sorprendente bellezza, con i più delicati rilievi, come se fosse stata scolpita da un valente artista. A sinistra, attira la vostra attenzione un altro presepe, di formato ridotto, e di uno stile più recente. E' privo di paesaggio, ma ripulito, con una colonnina che gli accresce grazia.



Accanto a questo spira tanta poesia un laghetto. Molte goccioline vi cadono, in tutto il corso dell'anno, con ticchettio cadenzato, generando sulla distesa d'acqua dei circoli concentrici, i quali dove si elidono, lasciano depositato il materiale che trasportano; questo forma le sponde immerse serpeggianti delle diverse conche unite fra loro. Una cupola rabescata lo sovrasta e l'abbelliscono, verso l'entrata, dei colonnini di alabastro, attraverso i quali si scorge una buca nella parte opposta: è lo sbocco della grotta di cui abbiamo precedentemente fatto cenno.

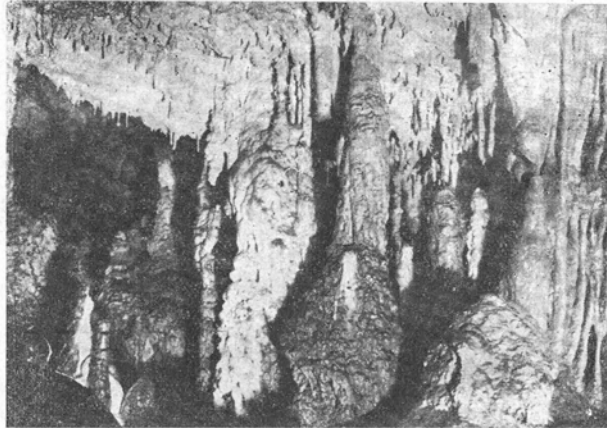
Sullo stesso lato, a ridosso di una spessa incrostazione, a forma di tettoia pensile, un paesaggio variato si inerpica su per la parete, e offre visioni stupende, alcune delle quali si trasformano, secondo che l'occhio abbraccia certi lineamenti separatamente o insieme con altri.

Sotto la tettoia, fra tante stalagmiti bianche, se ne differenziano quattro rossicce, a forma di alberetti cuneiformi slanciati, con diversi ordini di foglie digradanti dalla base alla cima, la quale ter-

— 22 —

mina con un grumolo (1). Una di queste meraviglie va scomparendo sotto lo stillicidio molto attivo di carbonato di calce, un'altra ha il suo pollone appiè.

Girando ancora per l'ampia sala, si vedono per terra delle focaccine, addossate l'una sull'altra: sono stalagmiti incipienti, di colore verdognolo, inattive nella stagione secca.



Qui finisce la parte illuminata. Si continua nella grotta del subisso, ingombra qua e là di massi cascati dalla volta, perchè alternati con pezzi di sostanze friabili. Ora la volta è consolidata e cementata dal carbonato di calce, che vi va operando le sue fantastiche e capricciose produzioni. Dopo cento metri circa, per un pendio quasi a picco, aiutandosi con le mani, si scende per circa tre metri e si incontra una grotta bassa, nella quale scorre un rigagnolo, da sinistra verso destra, secondo abbiamo fatto cenno nella sala delle bicocche.

Si prosegue a sinistra, per un tortuoso corridoio, che, ad un certo punto, si biforca: quello di destra termina in una galleria, dalle cortine molto espanse e trasparenti e dalle concrezioni leggiadre e delicate; in quello di sinistra, sotto una cupola slanciata e addobbata, al riflesso della luce, brilla un laghetto asciutto, irto, intorno intorno, dove affiorava l'acqua, di ciuffetti come lichene islandico, mentre il fondo, la cascata a ridosso della

(1) Le quattro stalagmiti si differenziano dalle altre, nella loro conformazione per i diversi elementi di cui sono composte; i quali a contatto dell'aria e della umidità, non hanno potuto reagire nel tempo in cui esse erano in formazione, ma soltanto dopo che è cessato lo stillicidio, occorrendo un lunghissimo processo non interrotto da altre cause per far acquistare ad esse la patina rossiccia.

— 23 —

diga presentano una superficie come cavolfiori stretti insieme, ricoperti di brillantini. Sulla diga a gobba si son formate delle fossette triangolari, a guisa di piramidi capovolte, profonde da 20 a 25 centimetri, scaglionate, con il lato maggiore verso il laghetto. Il fenomeno è dovuto al rilassamento del terreno che aprivasi in crepacci, consolidati poi e ricoperti di calcite.

Arrampicandosi su per la cascata, che sembra un'alta spalliera trapunta, si entra in un cunicolo, che si biforca dopo 15 minuti di cammino, in piedi e carponi; si prosegue a destra e si arriva ad un laghetto, poco profondo. Si torna indietro, e, prendendo il ramo sinistro, si riesce ad una grande spaccatura, che vi preclude il passo. Un alito di vento, che spira da quella voragine e vi accarezza il viso, rivela l'antico corso d'acqua, che percorreva il cunicolo, e ora precipita lontano e si perde. Qui siamo in corrispondenza della seconda sovrastante dolina dell'Intagliata.

Per la via fatta, si ritorna alla sala delle bicocche, e a destra, s'infila un'altra grotta, di vaga bellezza, resa in evidenza nell'ottobre del 1936-XV; si continua in un corridoio piuttosto basso, fiancheggiato da gruppi di colonnini bianchi, che, dal sostegno, passano all'ornamentazione.

Un agnellone, dal manto bianco e dalla testa bruna, è sospeso alla volta e vomita gocce d'acqua sulla testa dei passanti distratti. Ad un lato v'è una pietra, come una vacca scornata, che ritorce la coda sulla groppa e la spinge in su: un giorno s'innesterà con la corrispondente stalattite. Più in là alcuni colonnini sono trasformati in alberi, si biforcano e spandono le loro chiome fin sotto la volta e con essa si confondono.

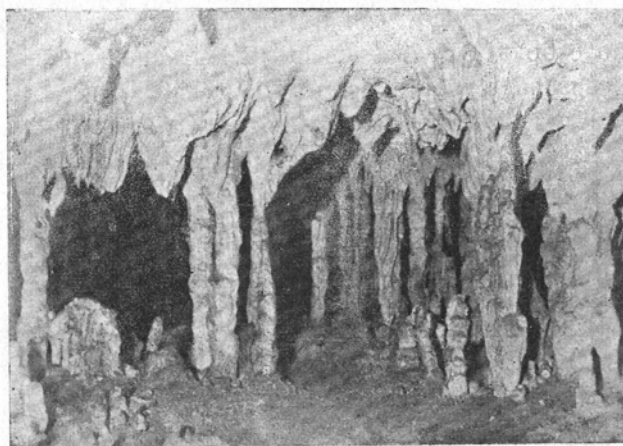
In uno di questi gruppi, un colonnino si erge dal suolo, si incurva un pò in giù per breve tratto, senza trovare appoggio, poi fa gomito in senso inverso, come una ω , e s'innalza verticalmente sotto la volta. La natura, superando delle difficoltà, con l'aiuto di diverse cause, ora scomparse, fa rimanere stupito l'attento osservatore.

Arrivato ad una lieve svolta, i colonnini mancano addirittura a destra, mentre spesseggiano a sinistra. Tra questi par che faccia capolino il misterioso architetto e vi additi il peristilio del convento, di fronte, dove tutto ha armonizzato con grazia e finezza.

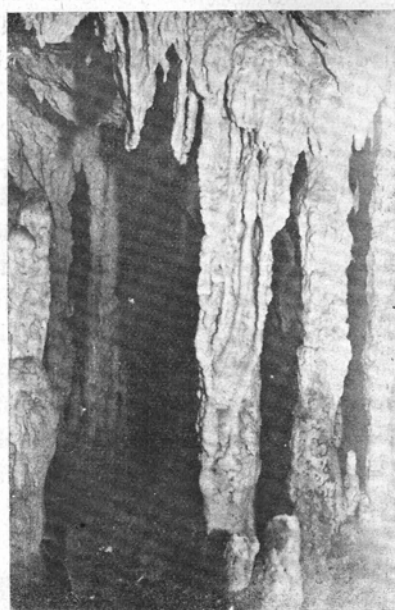
In quei pressi è attaccata alla volta una concrezione calcarea

— 24 —

quanto una testa d' uomo , somigliante al tessuto della gelatina di terra, ma di colore bianco scaciato; con sfumature di giallo pallido.



Un'aquila pende dalla volta , colla testa in giù, col becco adunco, aperto, con l'orbita dell'occhio a mandorla e con l'omero dell'ala sinistra sporgente ; disdegnando di trovarsi frammischiata tra figure

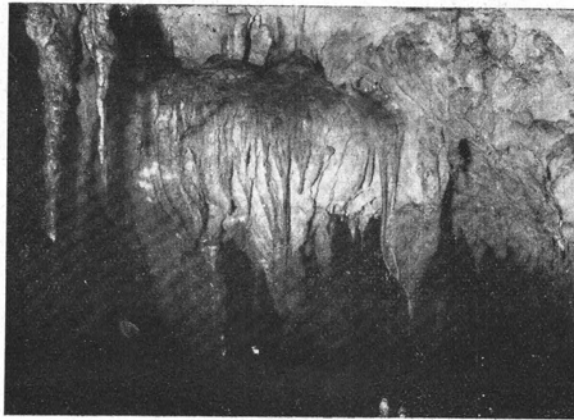


tozze , tra musì e grugni , par che sfoghi la sua rabbia con fiere beccate verso i passanti.

— 25 —

Si entra nella caverna dei pipistrelli, nel centro della quale giaceva un monte di guano alto sei metri, raccolto, il 1931, dalla Società Italiana Concimi Organici di Napoli — Piazza Portanova, N 7. (Vedi Archivio parrocchiale di Pertosa).

Nella galleria che segue, una profusione di stalattiti, quali strozzati, in diversi punti, come grandi rocchi di salame, quali come pane di zucchero, par che facciano a gara nel superarsi in lunghezza, mentre nessuna uguaglia le altre vicine. Esse, senza nessun ordine, vanno digradando anche per spessore, dai cannellini ai cannelloni, come maccheroni messi là ad asciugare.



Questa varietà si riscontra anche nelle stalagmiti, di cui, alcuni si manifestano, sul loro nascere, come funghi col cappello convesso o imbutiforme, di colore verde-livido; altre traggono la forma di candelieri, col nodo nel fusto, e col paracera dove è innestata la candela con i bioccoli; altre si presentano ingrossate verso la sommità, a differenza delle loro sorelle, che, generalmente, si vanno assottigliando verso la punta. Più avanti trovate qua un ombrello con drappelloni, là uno stemma gentilizio, e poi una selva fitta di stalattiti e stalagmiti che v'impediscono di proseguire.

Sembra una tempesta che si abbatte sul suolo, mentre questo respinge in alto quanto gli è stato scagliato; è una confusione di bastoni bianchi che s'incrociano senza urtarsi, quasi prevedendo il giorno in cui si daranno il bacio della pace.

Tornando indietro v'imbattete in un cunicolo, che sarà la porta di un'altra grotta di nuove meraviglie.

Di qua si ode lo scroscio della cascata: siamo sulla via di ritorno.

— 26 —

Prima d'approdare al posto d'imbarco, nelle giornate di sole, i riflessi della luce esterna nell'acqua tingono la volta e le pareti della sala d'ingresso d'un bel turchino lucente. Questo aspetto ne richiama un altro poetico, nei tramonti di maggio, quando gli ultimi raggi di sole, sfiorando l'orizzonte, muoiono sotto quelle arcate, creandovi nuove trasformazioni, nuovi abbozzi fantastici, con una gradazione di vari colori, di ombre, di bellezze non mai viste, che incantano, rapiscono e sollevano lo spirito a Dio creatore.

Quando si è fuori, la mente è affastellata da mille immagini, mai paga d'aver gustato tutto, sempre desiderosa di ritornarvi ad ammirare la bizzarria artistica, lavorata nell'oscurità, senza scalpello, da una mano misteriosa.

— 27 —

Visitando la Grotta di Pertosa

1. Entrando nella Grotta di Pertosa,
Mi pareva seguir Virgilio e Dante,
Fra tanta varietà fantasiosa.
2. Il fragoroso orror d'una cascata
Mi pinse nella mente strani mostri,
Spinti vèr me con fame arrabiata.
3. Io non ardiì entrare in quei recessi,
Che già m'aveva presa la paura,
Perciò verso sinistra mi diressi.
4. Qui vi trovai tante cose nuove,
E se volesse esprimerle la lingua
Occorrerebbero parole nuove.
5. BELLO e LEGGIADRO si danno la mano,
Legati in armonia graziosa,
E pur v'è bello quel che sembra strano.
6. Qui superò natura umana cosa,
Quando in terra formò un paradiso,
Che chiamasi la grotta di Pertosa.

G. DE PAOLA

Finito di stampare il 30 settembre 1939-XVII
nello Stabilimento Tipografico Nicola Jovene, Via Donalbina 14, Napoli

CONSIDERAZIONI DI ARRIGO CIGNA AL VOLUME: "GROTTA DI PEROSA" PARADISO DI MERAVIGLIE DI G. DE PAOLA

Nella pubblicazione su "La Grotta di Pertosa" Paradiso di meraviglie, (Napoli 1939) di G. De Paola a pag. 10 viene riferito che l'acqua che scorre nella grotta è *ricca di sostanze radioattive*. Questa affermazione era probabilmente dovuta al fatto che era utilizzata con successo *come rimedio medicamentoso per le bestie*. In quegli anni la radioattività era ritenuta un toccasana essendo poco o niente noti gli effetti negativi.

Naturalmente una simile affermazione ha subito stuzzicato l'interesse di accertare la presenza di queste sostanze radioattive, cosa che è stata possibile con le moderne apparecchiature del Centro Ricerche Ambiente Marino dell'ENEA di S. Teresa, Lerici, che ringraziamo sentitamente per la cortese sollecitudine. Le misure sono state fatte per spettrometria gamma su di un campione di acqua ed uno di sedimento. Le concentrazioni dei radionuclidi in acqua sono sempre risultati inferiori alla quantità rivelabile minima (MDA). L'errore sulle misure è stato calcolato con 1 sigma e la concentrazione del ^{210}Pb è stata corretta per il decadimento alla data del prelievo mentre per gli altri il decadimento è ininfluenza. Il ^{234}Th è considerato all'equilibrio con il genitore e quindi stazionario. I risultati, espressi in becquerel per chilogrammo, sono riportati nelle seguenti tabelle:

MDA nel campione di Acqua

Radionuclide	^{210}Pb	^{234}Th	^{212}Pb	^{214}Pb	^{208}Tl	^{214}Bi	^{137}Cs	^{228}Ac	^{40}K
Bq/kg	3	3	0,5	0,6	1	1	0,2	1	3

Sedimento

Radionuclide	^{210}Pb	^{234}Th	^{212}Pb	^{214}Pb	^{208}Tl	^{214}Bi	^{137}Cs	^{228}Ac	^{40}K
Bq/kg	101	56	71	66	25	67	<MDA	76	512
Errore +/-	7	5	1	2	1	2	0,6	3	26

Tutti i radionuclidi sono di origine naturale con l'eccezione del ^{137}Cs , presente nelle ricadute radioattive da esplosioni nucleari sperimentali o da incidenti, comunque sempre in concentrazioni inferiori alla minima quantità rilevabile.

In conclusione l'acqua della Grotta di Pertosa non è ricca di sostanze radioattive contrariamente a quanto affermato nel volumetto e le concentrazioni misurate nel sedimento corrispondono ai valori naturali assolutamente normali in materiali di questo tipo.

LE AREE CARSICHE DI RILEVANTE INTERESSE IDROGEOLOGICO, AMBIENTALE E PAESAGGISTICO DELLA LIGURIA (ITALIA)

ANDREA BENEDETTINI¹, GILBERTO CALANDRI¹, CARLO CAVALLO², ROBERTO CHIESA¹, FRANCESCO FACCINI³, GABRIELLA GIORDANI¹, ENRICO MASSA¹, RINALDO MASSUCCO¹, LUIGI PERASSO¹, FLAVIO POGGI², ALESSANDRO VERNASSA¹, DANIELE VINAI¹

¹ Delegazione Speleologica Ligure, c/o Via Zara 39, Genova; gigi.per@libero.it

² Regione Liguria, via D'Annunzio 111, Genova; flavio.poggi@regione.liguria.it

³ Università di Genova, DiSTAV, Corso Europa 26, Genova; faccini@unige.it

Riassunto

La L.R. n. 14/1990 della Liguria con l'individuazione delle aree carsiche ha contribuito alla conoscenza, alla valorizzazione e alla protezione del patrimonio speleologico; con la recente L.R. n. 39/2009 in tema di geodiversità, viene data importanza agli acquiferi carsici e le aree perimetrate con la precedente normativa sono state quindi revisionate. Il presente lavoro, oltre a puntualizzare lo stato dell'arte dopo oltre vent'anni dall'emanazione della legge speleologica regionale, illustra i risultati ottenuti con la ridefinizione delle aree carsiche. La metodologia ha previsto come punto di partenza l'incrocio di due banche dati: la prima è costituita dal catasto delle grotte, aggiornato con le conoscenze idrogeologiche maturate in oltre 40 anni di attività degli speleologi liguri; la seconda è rappresentata dai livelli informativi relativi alle caratteristiche geologiche della banca-dati regionale. Dalla sovrapposizione di queste informazioni sono stati ottenuti 18 complessi idrogeologici d'interesse speleologico, di cui 5 in rocce non strettamente carbonatiche. Ciascun complesso, suddiviso su base geografica in aree minori, è stato delimitato, sulla base di elementi idrogeologici originali, con una zonazione in funzione del grado di vulnerabilità dell'acquifero, distinguendo l'area di ricarica (a infiltrazione diffusa o concentrata) e di risorgiva. Alla crescente vulnerabilità viene così applicato un differente regime normativo, allo scopo di assicurare un'ideale forma di tutela del territorio carsico e dei relativi acquiferi.

Parole chiave: speleologia, acquifero carsico, Liguria.

Abstract

KARST AREAS OF SIGNIFICANT HYDROGEOLOGICAL, ENVIRONMENTAL AND LANDSCAPE INTEREST OF LIGURY (ITALY) - The Ligurian Regional Law no. 14/1990 contributed to the understanding, development and protection of the karst ecosystems. Furthermore, it allowed the identification of regional karstic areas as well as the drawing of the related rules concerning land planning and management. The Regional Law no. 39/2009, also concerning geodiversity, has stressed the importance of karst aquifers protection: an updating of the karst areas map is required to this purpose. With the aim to fulfil the tasks defined with the new regional law, this paper discusses the followed methodology in order to update karst areas mapping. A summary of the obtained results after more than two decades from the issuing of the regional rules regarding speleology is provided as well. The starting point is represented by the regional caves cadastre; the first step towards the redefinition of karst areas can be obtained through the introduction of information layers concerning soluble rock formations, which can be provided by the regional geological mapping project data base. This redefinition will be divided into a first level according to the hydrogeological tectonic units, and in a second according to geographical location. From the overlap of these information 18 hydrogeological complex were obtained, 5 in not strictly carbonate rock masses. These new hydrogeological complexes will be then better contoured and further divided, according to lithology, karst hydrogeology and geomorphology, also distinguishing the recharge areas from the karst spring zones. This last activity is directly required by the guidelines stated by the new regional law, which plans to define a peculiar regulatory regime modulated on the intrinsic vulnerability of the different areas, to ensure better protection of karst systems and their aquifers.

Key words: speleology, karst aquifer, Liguria.

Introduzione

L'importanza delle grotte e delle zone carsiche è riconosciuta: oltre alla necessità di conservare il paesaggio, in un'area carsica sono presenti componenti che rivestono valore economico, culturale e scientifico (IUCN, 1997). Un'ampia varietà di valori scientifici coesiste infatti in questo ambiente: solo in termini di Scienze della Terra ci sono interessi di natura paleontologica, stratigrafica, tettonica, geomorfologica, climatica e idrogeologica. Inoltre, molte zone carsiche sono importanti per ragioni naturalistiche, biologiche, archeologiche, paleontologiche, religiose, estetiche, ricreative e didattiche. Un ecosistema carsico si presenta vulnerabile, probabilmente più di qualunque altro ambiente terrestre. Si ritiene fondamentale il suo riconoscimento, quale sistema da salvaguardare, non solo per le sue caratteristiche naturali, ma anche per i rilevanti aspetti socio-economici. Gli ammassi rocciosi carbonatici, infatti, sono generalmente sede di circolazione di acquiferi (CUCCHI et al., 2007) e la risorsa idrica sotterranea in ambiente carsico può risultare vulnerabile all'inquinamento: la conoscenza dell'ambiente carsico diventa quindi un elemento essenziale per la gestione della risorsa idrica.

La Liguria, con la L.R. n. 14/1990, ha individuato le aree carsiche e ha costituito il catasto regionale delle grotte, la cui gestione e periodico aggiornamento sono stati affidati alla Delegazione Speleologica Ligure. Con la nuova Legge Regionale n. 39/2009, è stato riconosciuto il pubblico interesse per la tutela, gestione, valorizzazione della geodiversità, il valore strategico e il pubblico interesse alla tutela degli acquiferi carsici, la specificità delle aree carsiche e la funzione della Delegazione Speleologica Ligure (FACCINI et al., 2011).

A seguito dei progressi ottenuti in campo speleologico e al continuo incremento del numero di grotte esplorate in Liguria, alla migliore georeferenziazione delle stesse e all'avanzamento del Progetto nazionale di CARTografia Geologica (CARG), sono state aggiornate e ripermite le aree carsiche esistenti.

Il presente lavoro, oltre a illustrare i risultati ottenuti negli oltre vent'anni trascorsi dalla normativa regionale in tema di speleologia, fornisce i risultati ottenuti con l'aggiornamento delle aree carsiche liguri.

Le aree carsiche della Liguria

Le aree carsiche della Liguria sono state definite (L.R. n. 14/1990) come zone in cui si osservano morfologie carsiche superficiali, o comunque in cui esista un collegamento idrogeologico con il carsismo ipogeo. La cartografia delle aree carsiche è stata definita dai Gruppi aderenti alla Delegazione Speleologica e approvata dalla Commissione Scientifica Regionale per l'Ambiente, integrata da esperti di carsismo (Fig. 1).

Sono state perimetrare 39 aree carsiche che presentano una superficie totale di circa 350 km² (poco più del 6% del territorio regionale); le aree carsiche si estendono con superficie tra 100 e 130 km² nelle province della Spezia, Savona, Imperia e di 13 km² in quella di Genova.

Con l'individuazione delle aree carsiche è stato possibile conseguire alcuni obiettivi: a) tutelare le zone di rilevanza idrogeologica e geomorfologica, garantendo la stabilità degli ecosistemi attraverso norme specifiche; b) realizzare un catasto delle grotte e delle aree carsiche attraverso l'attività dei gruppi speleologici, c) programmare interventi e attività di fruizione delle grotte e delle aree carsiche, di studio geologico, idrogeologico, biologico, ecc., dei sistemi ipogei.

Attraverso l'elaborazione dei dati contenuti nelle schede relative alle aree carsiche e tenendo presenti i limiti delle indagini legati alla non omogenea conoscenza del territorio regionale da parte dei gruppi speleologici, si può riassumere complessivamente (AA.VV., 2006): 1) le aree carsiche presentano una superficie media di 8-10 km²; 2) il numero medio di grotte per area carsica è di circa 35; 3) lo sviluppo medio complessivo delle cavità per ciascuna area è di circa 1,5 km; 4) adottando il rapporto tra sviluppo medio delle cavità e numero delle stesse per area, si ottiene una lunghezza media per cavità che risulta pari a circa 60 m; 5) una stima grossolana del grado di carsificazione può essere ricavata definendo la densità degli ingressi delle cavità in rapporto alla superficie dell'area carsica: si ottiene in questo modo un valore medio di circa 7 cavità/km²; 5) le unità geologiche prevalenti sono la Falda Toscana (oltre 80 km²), l'unità Delfinese-Provenziale (quasi 60 km²) e l'Unità M. Carmo-Rialto (oltre 50 km²), mentre alcune forme carsiche ricadono in rocce non strettamente carbonatiche (es. Argille e Conglomerati Pliocenici, Formazione di Molare).

L'aggiornamento e la revisione delle aree carsiche

Sulla base delle conoscenze raggiunte attraverso l'attività dei gruppi speleologici e dei risultati della ricerca

scientifica sul carsismo (CALANDRI, 2006, 2009, 2011, 2012a, 2012b,; CALANDRI et al., 2010; GSI CAI, 2010, 2011) si evidenziano alcune considerazioni sulla opportunità di revisione della cartografia regionale: 1) i limiti geografici delle aree carsiche attuali; 2) la natura e le loro caratteristiche idrogeologiche; 3) la presenza di grotte esterne alla perimetrazione esistente; 4) la recente normativa regionale rivolta agli acquiferi carsici.

In merito al primo punto si evidenzia che le zone attuali sono definite su un criterio geografico, non mostrando uniformità a scala regionale (ad es. le aree 36 Alta Val Graveglia e 39 Monte Verruga, contigue e nell'ambito della stessa Unità Geologico-Tettonica Bracco-Val Graveglia; ASG SAN GIORGIO, 2009).

Il secondo aspetto riguarda le rocce delle aree carsiche: la sovrapposizione tra le 39 zone perimetrate e le Unità Tettoniche della Liguria evidenzia, ad esempio, che le aree 2 Magliocca e 3 Roverino insistono su rocce non strettamente carbonatiche (conglomerati di Monte Villa, argille di Ortovero), mentre l'area 18 Valle dei Tre Re ricade nei conglomerati di Molare. Le prime due aree sono caratterizzate da fenomeni paracarsici, mentre nel caso dell'area 18 si tratta di fenomeni carsici *sensu strictu* che si sviluppano in rocce carbonatiche sepolte sotto pochi metri di conglomerati, nei quali si sono sviluppate morfologie epigee connesse all'evoluzione delle strutture carsiche ipogee (GSS, 2004).

La terza considerazione riguarda le cavità censite nel catasto speleologico che non ricadono in nessuna area a oggi definita: è il caso, ad esempio, delle grotte nei calcari marnosi tra Genova e Chiavari.

L'ultimo aspetto riguarda la disciplina prevista nelle aree carsiche in funzione della nuova normativa regionale connessa alla tutela degli acquiferi, che richiede una perimetrazione delle zone di ricarica – suddivise ad infiltrazione diffusa o concentrata - e aree sorgive.

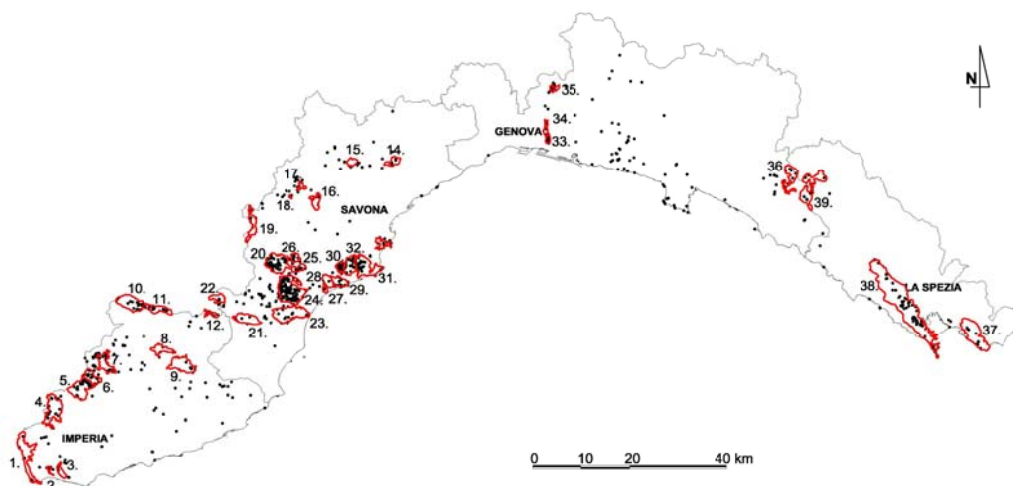


Figura 1. Le 39 aree carsiche della Liguria individuate ai sensi della L.R. 14/1990 e le grotte censite a catasto: 1. Monte Grammondo, 2. Magliocca, 3. Roverino, 4. Barbaira, 5. Toraggio, 6. Pietravecchia, 7. Alta Valle Argentina, 8. Prearba, 9. Guardiabella, 10. Piancavallo, 11. Monte dei Cancelli, 12. Pennavaira, 13. Bergeggi, 14. Stella Corona, 15. Adelasia, 16. Pallare, 17. Bric Tana, 18. Valle dei Tre Re, 19. Giovetti, 20. Bardineto, 21. Montenero, 22. Ravinazzo, 23. Monte Acuto/Picaro, 24. Monte Carmo di Loano, 25. Bric Tampa, 26. Magliolo, 27. Rocca delle Fene, 28. Monte Grosso, 29. Borgio/Caprazoppa, 30. Carpanea/Rocca di Perti, 31. Manie/Capo Noli, 32. S. Bernardino/Orco, 33. Monte Gazzo, 34. Alta Val Chiaravagna, 35. Isoverde, 36. Alta Val Graveglia, 37. Montemarcello, 38. Lama della Spezia, 39. Monte Verruga.

Figure 1. The 39 Ligurian karstic areas based on the Regional Law 14/1990 and the caves contained in the cadastre.

Metodi

La metodologia di lavoro per l'aggiornamento e la ridefinizione delle aree carsiche liguri si è basata su una piattaforma GIS adottando la cartografia regionale in scala 1:5.000.

Il primo passo è consistito nell'acquisizione del *layer* informativo relativo al catasto delle cavità censite, mentre il secondo riguarda i livelli informativi corrispondenti alle rocce carbonatiche *latu sensu* in cui si riscontrino evidenze idrogeologiche di genesi carsica, sia superficiali sia sotterranee, derivati dalla banca-dati regionale relativa alla cartografia geologica. La sovrapposizione di queste due informazioni ha fornito una prima base per la nuova perimetrazione, articolate in due livelli: 1) complesso idrogeologico di interesse speleologico, corrispondente alle Unità Geologico-Tettoniche (GIAMMARINO et al., 2002); 2) aree carsiche

interne alle precedenti determinate su base geografica. Le aree modellate in rocce non strettamente carbonatiche (conglomerati, marne argillose, flysch calcareo-marnosi) sono state classificate a parte.

La Legge Regionale n. 39/2009 richiede la delimitazione dell'area di ricarica dell'acquifero: la superficie che raccoglie le acque di precipitazione e ruscellamento, anche provenienti da territori limitrofi non carsici. La perimetrazione richiesta e la sua articolazione in aree di ricarica e sorgive sono state definite tenendo conto delle esigenze di pianificazione richieste dalla normativa regionale. A tal fine sono stati eseguiti rilevamenti idrogeologici e geomorfologici in sito e indiretti attraverso fotointerpretazione, sempre in collaborazione con i Gruppi Speleologici liguri. La raccolta di dati e informazioni sugli elementi carsici d'interesse idrogeologico è stata organizzata secondo la legenda della carta idrogeologica d'Italia (BONI et al., 2008).

In dettaglio sono stati distinti i complessi carbonatici *lato sensu* permeabili per fratturazione e per fenomeni carsici, i complessi non propriamente carbonatici permeabili per fratturazione e per fenomeni paracarsici, le sorgenti, la direzione e il verso di scorrimento di reti acquifere, le doline o i limiti di area a deflusso endoreico, gli inghiottitoi con assorbimento perenne, le grotte con assorbimento perenne, le grotte con emergenza perenne, le altre grotte, attive e inattive.

Le sorgenti sono state classificate automaticamente come aree sorgive, mentre le aree soggette a infiltrazione concentrata sono state identificate in corrispondenza delle descritte morfologie carsiche di superficie che condizionano le modalità di infiltrazione delle acque nel sottosuolo. Le restanti zone con affioramento di litologie carbonatiche *lato sensu*, comprendenti in generale depositi detritici di qualunque tipologia o con roccia sub-affiorante su vaste aree, sono state classificate a infiltrazione diffusa. L'area complessiva di ricarica dell'acquifero è stata infine completata ed estesa anche alle aree che raccolgono le acque di precipitazione e ruscellamento superficiali provenienti anche da territori limitrofi non carsici.

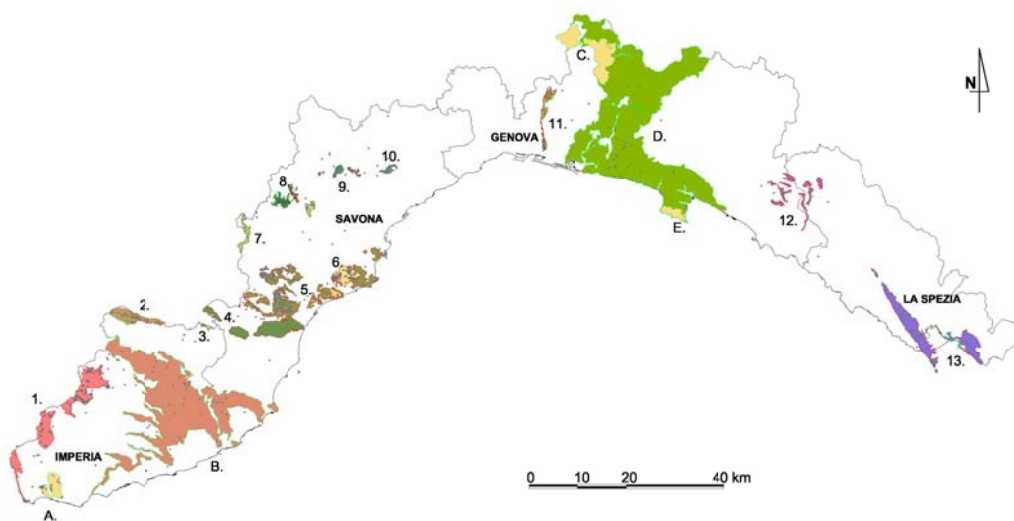


Figura 2. I complessi idrogeologici d'interesse speleologico della Liguria: 1. Delfinese-Provenzale, 2. Ormea, 3. Caprauna-Armetta, 4. Arnasco-Castelbianco, 5. M. Carmo-Rialto, 6. Calcare di Finale Ligure, 7. M. Sotta, 8. Villanova, 9. Cravasco-Voltaggio-Montenotte, 10. Scaglie di Trias-Lias associate al Gruppo di Voltri, 11. M. Gazzo-Isoverde, 12. Bracco-Val Graveglia, 13. Falda Toscana. Complessi idrogeologici d'interesse speleologico in rocce non strettamente carbonatiche: A. Successioni marine neogeniche (Argille di Ortovero), B. Flysch di Sanremo, C. Depositi tardo e post-orogeni (Formazioni di Molare e Savignone), D. Flysch del Monte Antola, E. Depositi tardo e post-orogeni (Conglomerati di Portofino).

Figure 2. The Ligurian hydrogeological complex based on the speleological interest.

Risultati

Dalla preliminare sovrapposizione tra le formazioni rocciose carsificabili e le oltre 1500 grotte censite a catasto vengono individuati tredici complessi idrogeologici di interesse speleologico (Fig. 2). Tali complessi idrogeologici sono stati ulteriormente suddivisi su base geografico-speleologica. Il quadro risultante è articolato: le aree carsiche e i relativi acquiferi sottesi sono frammentati a scala regionale. La placca carbonatica più estesa è quella caratterizzata dalle dolomie e dai calcari dolomitici dell'Unità M. Carmo-Rialto, con oltre 70 km² di estensione e più di 400 cavità naturali censite, per uno sviluppo complessivo di quasi 35 km (FACCINI et al., 2012).

I complessi idrogeologici delle unità Brianzonesi (Ormea, M. Carmo e Caprauna-Armetta) mostrano la stessa associazione litologica e pertanto la superficie complessiva di questo ammasso carbonatico è di quasi 85 km² e circa 36 km di sviluppo ipogeo conosciuto, per oltre 500 cavità rilevate (GSS, 1993, 2006); analoghe considerazioni valgono per le Unità Piemontesi (Scaglie di Trias-Lias associate al Gruppo di Voltri, Cravasco-Voltaggio-Montenotte, M. Sotta, Arnasco-Castelbianco, Villanova e M. Gazzo-Isoverde) che presentano un'estensione d'affioramento di quasi 60 km² e oltre 8 km di sviluppo ipogeo rilevato.

Adottando il rapporto tra estensione superficiale dell'ammasso carbonatico e sviluppo sotterraneo rilevato, approssimabile a un grossolano grado di carsificazione, gli ammassi carbonatici afferenti alle Unità Brianzonesi mostrano i valori più alti (0,43 km di grotta per km² di estensione), seguiti da quelli della Pietra di Finale (0,31) e dell'Unità Bracco-Val Graveglia (0,20).

Quasi 150 cavità naturali sono in rocce non strettamente carbonatiche: sono stati quindi perimetrati alcuni ulteriori complessi idrogeologici di interesse speleologico corrispondenti alle Unità Geologico-tettoniche delle successioni marine neogeniche, dell'Unità San Remo-M. Saccarello (GSI CAI, 2005), dei depositi tardo e post-orogeni del Bacino Terziario Piemontese e dell'Unità dell'Antola.

In questi complessi il grado di carsificazione appare inferiore e pertanto, anche su base litologica, riconducibile a un modellamento paracarsico (es. i flysch eterogenei, dove si ottiene una media tra 3-5 m di sviluppo ipogeo conosciuto per km²) o prevalentemente tettonico (es. i conglomerati oligocenici).

Tutte le unità sottendono acquiferi carsici più o meno significativi (Fig. 3): complessivamente sono state censite oltre 250 sorgenti in ammassi tipicamente carbonatici, di cui quasi 50 percorribili, una sessantina di inghiottitoi di cui oltre 30 in parte percorribili, quasi 150 grotte attive di cui oltre 30 sorgenti e quasi 50 inghiottitoi, una settantina di macroforme superficiali come doline, polje o depressioni tettonico-carsiche, oltre 50 direzioni di deflusso sotterraneo accertato.

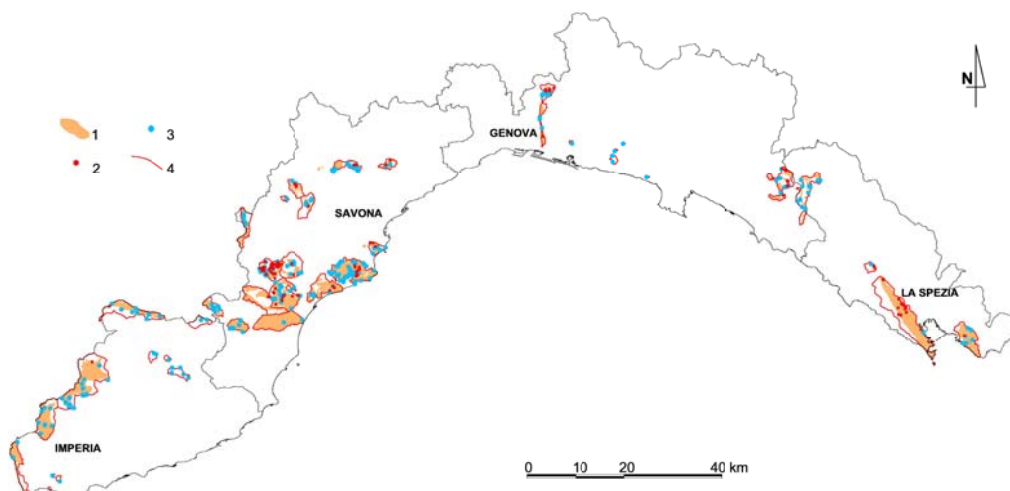


Figura 3. Vulnerabilità idrogeologica delle aree carsiche: 1. Zone di ricarica a infiltrazione diffusa; 2. Zone di ricarica a infiltrazione concentrata; 3. Sorgenti carsiche; 4. Limite di bacino esterno scolante nelle aree di ricarica di acquiferi carsici.

Figure 3. Hydrogeological vulnerability of the karst areas: 1. Recharge zones, diffuse infiltration; 2. Recharge zones, concentrated infiltration; 3. Karst springs; 4. Catchment limit drained in the recharge zones of karstic aquifers.

Conclusioni e prospettive di ricerca

Con le nuove aree carsiche saranno salvaguardati delicati ecosistemi del territorio, anche nell'ambito del Piano di Tutela delle Acque, e saranno garantite le incessanti attività dei gruppi speleologici e degli enti pubblici, inclusi gli istituti scientifici di ricerca, con evidenti ricadute di valenza applicativa.

Con la ridefinizione delle aree carsiche e della messa a sistema delle prime informazioni esistenti relativamente agli aspetti idrogeologici, potranno essere promosse ulteriori ricerche. Fra le tipologie di studi ritenuti importanti per gli sviluppi di quanto oggi conosciuto si possono descrivere: a) la realizzazione di un atlante geologico, geomorfologico e idrogeologico delle aree carsiche liguri, articolato in schede monografiche per ciascun "complesso idrogeologico di interesse speleologico" individuato e corredato di cartografia tematica; b) il monitoraggio dei principali sistemi acquiferi carsici mediante installazione di

apposite strumentazioni automatiche, finalizzate all'acquisizione in continuo di fondamentali parametri chimico-fisici, sull'esempio di quanto avviato con il progetto-pilota di inizio degli anni '90 nella grotta di Isoverde e i più recenti progetti in alta Val Graveglia e in Val Maremola; c) la prosecuzione delle attività inerenti la georeferenziazione delle cavità naturali con strumentazione GPS ad elevata risoluzione, e la verifica delle piante e dei profili esistenti a corredo delle schede di catasto speleologico; d) la definizione quali-quantitativa del grado di vulnerabilità degli acquiferi sulla base dei citati parametri, e quindi l'ulteriore suddivisione in unità carsiche idro-strutturali, così da caratterizzare con maggiore dettaglio le aree di salvaguardia in funzione della circolazione sotterranea.

Bibliografia

- ASSOCIAZIONE SPELEOLOGICA GENOVESE SAN GIORGIO, 2009. *Grotte e Carsismo dell'alta val di Vara, Area Carsica SP39-Monte Verruga (SP)*. Collana Grotte e carsismo in Liguria.
- AA.VV., 2006. *Bibliografia speleologica ligure*. Regione Liguria, Delegazione Speleologica Ligure. Tipografia C.T.O., Vicenza.
- BONI C.F., CACCIUNI A., CAPELLI G., CELICO F., CELICO P., MARI G.M., MARTARELLI L., MAZZA R., PAGANELLI D., PARIS F., PETITTA M., RIVELLINO S., ROMA M., SCALISE A., SILVI A., TACCHIA D., TARRAGONI C., VITALE V., 2008. *Studi sperimentali finalizzati alla cartografia idrogeologica*. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, **81**.
- CALANDRI G., 2006. *Carsismo e grotte dell'alta val Pennavaira*. Collana Guide alle grotte liguri.
- CALANDRI G., 2009. *Carsismo e grotte della valle Muratone*. Collana Guide alle grotte liguri.
- CALANDRI G., 2011. *Grotte e carsismo del settore Rocca Rossa, Monte dei Cancelli, Bric Cornia (Cosio d'Arroscia, Provincia di Imperia)*. Collana Guide alle grotte liguri.
- CALANDRI G., 2012a. *Il pizzo d'Evigno. Carsismo e cavità (Liguria occidentale)*. Collana Guide alle grotte liguri.
- CALANDRI G., 2012b. *Le acque carsiche del Piancavallo (Cosio d'Arroscia, Imperia)*. Collana Guide alle grotte liguri.
- CALANDRI G., GOBIS D., REVETRIA G., 2010. *Cavità e carsismo del territorio di Zuccarello (Provincia di Savona)*. Collana Guide alle grotte liguri.
- CUCCHI F., FORTI P., SAURO U., 2007. *L'acqua nelle aree carsiche in Italia*. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, serie II, **19**.
- FACCINI F., BENEDETTINI A., FIRPO M., PERASSO L., POGGI F., 2012. *Land-management and planning in karst areas: the Ligurian case-study (Italy)*. Rend. Online Soc. Geol. It., **21**, 611-613.
- FACCINI F., PERASSO L., POGGI F., VERNASSA A., 2011. *Le aree carsiche della Liguria: uno strumento per la tutela e la valorizzazione della geodiversità*. Engineering Hydro Environmental Geology, **14**, 71-82.
- GIAMMARINO S., GIGLIA G., CAPPONI G., CRISPINI L., PIAZZA M., 2002. *Carta geologica della Liguria*. Litografia Artistica Cartografica, Firenze.
- GRUPPO SPELEOLOGICO IMPERIESE CAI, 2005. *Il monte Guardiabella (Prealpi Liguri - IM)*.
- GRUPPO SPELEOLOGICO IMPERIESE CAI, 2010. *Cavità e carsismo del territorio di Zuccarello (Provincia di Savona)*.
- GRUPPO SPELEOLOGICO IMPERIESE CAI, 2011. *Grotte e carsismo del settore Rocca Rossa, Monte dei Cancelli, Bric Cornia (Cosio d'Arroscia, Provincia di Imperia)*.
- GRUPPO SPELEOLOGICO SAVONESE, 1993. *Grotte e Carsismo dell'alta Val Bormida - La Bormida di Bardineto..*
- GRUPPO SPELEOLOGICO SAVONESE, 2004. *Grotte e Carsismo dell'alta Val Bormida - La Bormida di Millesimo.*
- GRUPPO SPELEOLOGICO SAVONESE, 2006. *Dall'acqua alle grotte: alla scoperta del carsismo e delle grotte di Bardineto..*
- IUCN WORLD COMMISSION FOR PROTECTED AREAS, 1997. *Guidelines for cave and karst protection*, IUCN – The world Conservation Union, Goanna print, Canberra.

L'ESPLORAZIONE DELLE ZONE A CARENZA D'ARIA RESPIRABILE DELLA MINIERA DI ZOLFO DI PERTICARA (RN): PROBLEMATICHE, TECNICHE E ATTREZZATURE

GIOVANNI BELVEDERI^{1*}, GIUSEPPE FOGLI¹, MARIA LUISA GARBERI^{1*}, MATTEO GIORDANI¹,
SABRINA GONELLA¹, OSCAR LEANDRI¹, FABIO PERUZZI¹, GIOVANNI ROSSI¹

¹ *Federazione Speleologica Regionale Emilia-Romagna, Centro Parco "Casa Fantini", via Jussi, 171 Farneto, 40068 San Lazzaro di Savena (BO), Italia. <http://fsrer.it>; e-mail: info@fsrer.it*

* *Commissione Cavità Artificiali SSI*

Riassunto

La Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia-Romagna (FSRER), per il periodo 2014-2015, ha varato un complesso progetto di ricerca dal titolo "Gessi e Solfi della Romagna orientale", che si prefigge di rilevare, documentare e studiare le cavità naturali e artificiali della Romagna orientale. La zona, che si estende dalla valle del Savio (provincia di Forlì-Cesena) fino al nuovo confine regionale con le Marche, ha, dal punto di vista delle cavità artificiali, un importante valore archeologico industriale, storico e sociale per la presenza di numerosissime zone minerarie di estrazione dello zolfo, appartenente alla Formazione Gessoso-solfifera.

La miniera di Peticara, che è stata la più grande miniera di zolfo d'Europa, ha uno sviluppo di circa 50 km di gallerie ed è chiusa dal 1964. Le gallerie si snodano principalmente in calcari, gessi e marne bituminose: l'ossidazione del kerogene contenuto nelle marne, l'ossidazione dell'ingente quantitativo di materiale legnoso abbandonato nelle gallerie hanno prodotto una situazione di forte carenza d'ossigeno nelle gallerie fino alla sua completa scomparsa. La presenza stessa del minerale solfifero ha creato zone con massiccia presenza di H₂S e di gas infiammabili. Il lavoro presenta le problematiche affrontate per poter effettuare un'esplorazione in zone confinate a carenza di aria respirabile (ACAR): la scelta delle attrezzature e degli strumenti di misurazione, la formazione per il loro utilizzo, i comportamenti da tenere, i presidi sanitari e le tecniche di pianificazione dell'esplorazione, attraverso l'utilizzo delle mappe storiche e di strumenti GIS.

Parole chiave: Peticara; Romagna orientale; Miniere di Zolfo; cavità artificiali; autorespiratori; misuratori di gas; ambienti a carenza d'aria respirabile ACAR.

Abstract

EXPLORATIONS IN BREATHABLE-AIR-LACKING AREAS AT THE PERTICARA SULPHUR MINE: PROBLEMS, TECHNIQUES AND EQUIPMENTS - *The Emilia-Romagna regional speleological Federation launched a complex research project: "Eastern Romagna Gypsum and sulphur. This project is determined to survey and study the artificial and natural caves in Eastern Romagna. The area stretches from Savio Valley (Forlì-Cesena province) to the new border with Marche region. A lot of important artificial caves are present in the area, that has an big industrial archeology, historical and social value. The mines quarried sulphur from the Gessoso-solfifera Formation rocks.*

The Peticara mine (Novafeltria), was, in its heyday splendour, the most important Sulphur mine in Europe and was closed in 1964. The tunnels were dug mainly in limestone, gypsum, and bituminous marl. The marl kerogen and abandoned wood oxidation produced an oxygen deficiency sometimes consuming it completely. The sulphur presence produced areas with high concentrations of H₂S and inflammable gases. The paper presents the problems to explore tunnels without breathable air: the equipment chosen, the speleologist training, the correct behaviors, the medical aids and the planning techniques.

Key words: Peticara; Eastern Romagna; gypsum and sulphur; artificial cavities; breathing apparatus; gas detector; breathable air lacking areas ACAR.

Introduzione

La Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia-Romagna (FSRER), per il periodo 2014-2015, ha varato un complesso progetto di ricerca dal titolo "Gessi e Solfi della Romagna orientale", che si prefigge di rilevare, documentare e studiare le cavità naturali e artificiali della Romagna orientale. La zona presenta le tracce di numerose miniere di zolfo, che hanno lavorato con certezza almeno fin dal periodo rinascimentale, e che sono state una realtà economica molto importante per il territorio. Il programma di ricerca si prefigge anche il recupero di mappe minerarie e cartografia storica, con digitalizzazione e georeferenziazione del materiale reperito. Il progetto infine prevede la "ri-esplorazione" delle miniere ancora percorribili e la loro documentazione fotografica. L'emergenza storicamente più interessante è sicuramente quella di Perticara (Novafeltria), che fu la miniera di zolfo, durante il suo massimo splendore, più importante d'Europa. Nel presente lavoro si presentano le problematiche affrontate, le tecniche e le attrezzature adottate per effettuare in sicurezza le ri-esplorazioni di una miniera che presenta zone a carenza d'aria respirabile (ACAR).

Inquadramento storico

L'estrazione dello zolfo in Romagna e nelle Marche viene fatta risalire a volte all'epoca etrusca o a quella romana. Uno dei più antichi documenti che indica notizie dell'estrazione nella zona di Perticara è la concessione pontificia del 1490 ai Malatesta e ai loro sudditi per fabbricare salnitro e polvere solfurea nell'area della Perticaja o Perticaglia (BARTOLINI, 1974). Innumerevoli proprietari si sono succeduti durante i secoli, tra questi si ricorda il conte Giovanni Cisterni che acquista la miniera nel 1816, (BARTOLINI, 1974). Più tardi si susseguirono la Società Anonima delle miniere Zolfuree di Romagna e la Trezza Albani.

Nel 1917 la Montecatini rilevò la miniera da quest'ultima società ad un prezzo fallimentare: sui piazzali era depositato un quantitativo di zolfo che valeva ben oltre il prezzo pagato (SCICLI, 1972). La Montecatini gestì la miniera, potenziandola e razionalizzando i metodi di scavo e produzione fino alla fine della seconda guerra mondiale. Negli anni successivi alla guerra traspare chiaramente l'intenzione al lento abbandono e la politica volta alla chiusura, definitiva, che avvenne nel 1964 (RINALDI, 1987).



Figura 1. Discenderia Fanante a sinistra e Livello 0 (foto G.BELVEDERI).

Figure 1. Fanante Winze (left) and Level 0 (photo G. BELVEDERI).

Problematiche della ri-esplorazione

L'ambiente delle gallerie della miniera di Perticara è in gran parte a Carenza di Aria Respirabile (ACAR), perché nel 1964, cessando i lavori di estrazione, la Montecatini chiuse tutti gli ingressi (discenderie e pozzi di areazione), interrompendo per sempre la ventilazione forzata che permetteva la sopravvivenza all'interno. Con la chiusura dell'impianto cessò anche il drenaggio delle acque di circolazione della miniera, causando l'allagamento dei livelli inferiori a quello di carreggio.

Le gallerie si snodano principalmente nei calcari, nei gessi e nelle marne bituminose. L'ossidazione del kerogene contenuto nelle marne, l'ossidazione dell'ingente quantitativo di materiale legnoso abbandonato nelle gallerie in aria e soprattutto allagate, l'ossidazione dei solfati e dell'acido solfidrico presenti in atmosfera e soprattutto disciolti in acqua, hanno creato forte carenza di ossigeno. La situazione estremamente stabile del contatto tra aria e zone allagate e la presenza di pellicole di zolfo colloidale in superficie, rendono lentissima la diffusione dei gas disciolti. L'evento perturbante dato dalla presenza degli speleologi, anche con la semplice vibrazione dei passi in prossimità del livello di falda, produce una improvvisa degassazione dell'acqua con una immediata

immissione in aria di gas velenosi o esplosivi tipo H_2S , SO_x , CH_4 ecc.

Attrezzature

L'accesso è molto pericoloso e non va assolutamente affrontato con leggerezza. Per percorrere con una relativa sicurezza la miniera è necessario utilizzare degli strumenti di autoprotezione per zone confinate e con Carezza di Aria Respirabile (le cosiddette zone ACAR) e dei misuratori MultiGAS.

La FSRER ha acquistato 4 autorespiratori Dräger PSS 3000 (Fig. 2) equipaggiati con 4 + 4 bombole in acciaio da 6 l. caricabili a 300 atm per un totale di 1.800 litri di aria. Gli autorespiratori sono forniti di maschera facciale completa e erogatore in sovrappressione, le gallerie sono sature di gas che non devono entrare in contatto con le vie respiratorie e con gli occhi. L'autorespiratore completo pesa 14 Kg; è un apparecchio molto sofisticato, studiato per le squadre di vigili del fuoco e per interventi di soccorso ed evacuazione in ambienti confinati ed in miniera. Tutti i materiali che lo compongono sono ignifughi e difficilmente attaccabili dalla corrosione, se esposti a sostanze acide o aggressive in genere (DRAEGERWERK, 2013). L'utilizzo di tali strumenti rende necessaria una formazione adeguata, gli speleologi della FSRER hanno seguito un corso sull'uso degli autorespiratori presso la struttura del Servizio Gestione Emergenza Cantieri Alta Velocità (GECAV) del 118 di Bologna.



Figura 2. Speleologi con gli autorespiratori e il misuratore multigas (foto G.BELVEDERI).

Figure 2. Cavers with breathing apparatus and gas detector (photo G. BELVEDERI).

Per completare l'attrezzatura, la FSRER ha acquistato due misuratori di gas MSA: un Altair-4x multigas e un Altair Pro monogas. Il misuratore multigas rileva le percentuali di acido solfidrico (H_2S), di monossido di carbonio (CO), dei gas esplosivi (Comb/EX) e dell'ossigeno (O_2) presenti nell'atmosfera (MSA AUER GMBH, 2012). Il misuratore monogas misura la sola percentuale di ossigeno (MSA AUER GMBH, 2006). Gli speleologi sono dotati, individualmente, anche di una bombola personale da 1 l. di Ossigeno puro, caricata a 110 bar, per eventualmente intervenire su un compagno in ipossia.

Condizioni dell'atmosfera interna

La percorribilità delle gallerie in aria respirabile varia in relazione a fattori ambientali sia esterni alla miniera che interni: il flusso generale dell'aria all'interno di un qualsiasi ipogeo artificiale o naturale che sia, varia tra l'estate e l'inverno; in estate gli ingressi alti inghiottono aria e quelli bassi la espellono, viceversa durante l'inverno. La miniera, anche se la Montecatini ha tentato di chiudere tutti gli ingressi, ha comunque un comportamento di questo tipo: la Discenderia Fanante (Fig. 1) unica entrata percorribile conosciuta, si apre a livello del torrente omonimo e si comporta da ingresso basso; quindi durante la stagione calda ha un flusso in uscita, che spostando masse d'aria da luoghi remoti della miniera, peggiora sensibilmente la qualità dell'atmosfera di quelle gallerie che normalmente sono sufficientemente ossigenate. La variazione della pressione barometrica innesca dei movimenti delle "bolle" di aria semi statica all'interno delle gallerie, spostando masse d'aria dall'interno verso l'esterno o viceversa. L'inverno, invece si presenta come la stagione migliore per l'esplorazione, perché la discenderia inghiotte aria respirabile dall'esterno, che rende transitabile almeno la prima parte della miniera.

La presenza degli speleologi, che percorrono zone che da 50 anni sono praticamente statiche, produce degli effetti difficilmente quantificabili con contaminazione dell'aria respirabile con quella a bassissimo tenore di ossigeno (0 - 1%). Nel caso di gallerie di piccolo diametro, ad esempio 2 m per 1 m, gli speleologi hanno trascinato al ritorno, con il loro passaggio l'aria cattiva, quindi non è mai garantito ritrovare l'aria respirabile dove si è indossata la maschera.

È indispensabile il controllo assiduo dei misuratori di gas per poter risparmiare l'aria delle bombole, 1.800 litri, che permettono un'autonomia media di circa trenta minuti. L'uso di questi strumenti è fondamentale, perché non ci si può basare sui sintomi percepiti; è ingenuo e molto pericoloso pensare che sia possibile accorgersi della carenza di ossigeno. I misuratori di gas sono tarati per entrare in allarme sotto il 19,5% di ossigeno, limite ancora alto rispetto ai limiti dell'ipossia che è indicata in letteratura ad una soglia variabile tra il 18% fino al 17% (DRAEGERWERK, 2010). Abbassare la soglia di allarme sotto al 19% permetterebbe di risparmiare aria, ma potrebbe inficiare gravemente la sicurezza dei membri della squadra, infatti la soglia di reazione all'abbassamento del tenore di ossigeno è individuale e quindi variabile.

Le percentuali di O₂ possono variare repentinamente in gallerie fortemente inclinate, anche nell'ambito di pochi metri: la discesa non è graduale, nella Discenderia Ovest, che presenta un'inclinazione di 45°, la percentuale dell'ossigeno passa dal 19,9% al 0,1% nel giro di pochi metri lineari percorsi, come si può osservare nella tabella sottostante.

Date	Hour	CombEX %	O ₂ %	CO %	H ₂ S ppm
26/4/14	11,56	0	19.9	0	0
26/4/14	12.02	0	16.7	0	0
26/4/14	12.05	0	0.1	0	9
26/4/14	12.08	0	-0.1	0	20
26/4/14	12.11	0	0	0	0
26/4/14	12.14	0	19.3	0	0
2/6/14	10.25	0	19.7	0	1
2/6/14	10.28	7	9.1	0	1
2/6/14	10.31	13	1.2	0	1
2/6/14	10.34	13	1.4	0	1
2/6/14	10.37	7	7,8	0	1
2/6/14	10.40	0	19.2	0	1

Tabella 1. Log Misuratore di gas MSA Altair 4x Discenderia Ovest.

Table 1. Log gas detector MSA Altair 4x West Winze.

Comportamenti individuali

Gli speleologi della FSRER hanno immaginato il potenziale pericolo nel percorrere queste antiche gallerie abbandonate da decenni e si sono imposti delle procedure da seguire durante la progressione: nella squadra di ri-esplorazione ogni componente ha ruoli precisi. Chi coordina la squadra in zona ACAR deve tenere sempre presente lo stato oggettivo dell'ambiente, valutare le percentuali dei gas presenti e lo stato psicologico dei compagni. Le procedure devono essere rigidamente rispettate: in prima linea c'è chi porta il misuratore multigas, in avvicinamento nelle gallerie ad aria respirabile e in zona ACAR legge a cadenze regolari la percentuale dell'ossigeno, sia per informare i compagni sia per manifestare il suo stato psicofisico. In zona ACAR uno speleologo controlla il tempo trascorso dal momento in cui sono state indossate le maschere e i manometri dei compagni per controllare il consumo di aria; infine valuta con il coordinatore quando tornare. La squadra deve riconoscere il ruolo di ogni membro e seguirne le decisioni. Non basta, le zone ACAR vanno affrontate con consapevolezza e determinazione ma senza sottovalutarle, la "Overconfidence" è pericolosa quanto la carenza di ossigeno.

Miglioramento ulteriore della sicurezza

I misuratori di gas presenti sul mercato rilevano gas la cui presenza deve essere nota a chi li utilizza, non compiono un'analisi completa dell'aria ambientale; quindi nelle gallerie esistono sicuramente gas che non sono misurati e che, ad esempio, occupano nella miscela il posto dell'ossigeno mancante. È probabile la presenza della CO₂, anche con tenori di ossigeno normali: in alcune gallerie con misurazioni di O₂ attorno al 20%, sono stati osservati sintomi in più persone d'improvvisi tachicardie.

Gli speleologi della FSER si rendono conto che c'è ancora molto da fare: è necessario aumentare la sicurezza con accorgimenti tecnici sugli autorespiratori con il possibile montaggio di una seconda utenza, che permetta la respirazione di un'altra persona in difficoltà o il cambio della bombola in ambiente ACAR. Inoltre è necessario pensare al modo di migliorare le comunicazioni durante le ri-esplorazioni. Le maschere contengono un vibrafono che non sempre consente di percepire bene le parole dette tra i membri della squadra; non esiste attualmente nessuna comunicazione tra chi avanza in zona ACAR e gli speleologi di appoggio, che attendono i compagni al bordo della zona con aria respirabile. Il tema dell'autosoccorso è ancora tutto da sviluppare, le ri-esplorazioni odierne sono senza rete.

Ri-esplorazione

La mappa riporta le gallerie che potrebbero essere esplorabili con le attrezzature al momento disponibili e che rivestono un notevole interesse storico per la loro funzione o per la loro posizione ed età (Fig. 3).

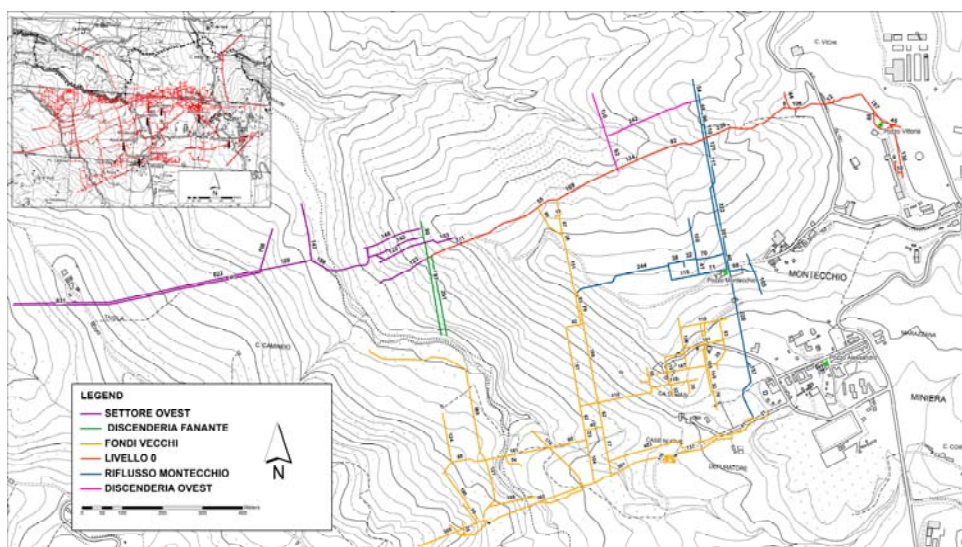


Figura 3. Gallerie esplorabili.

Figure 3. Potentially explorable tunnels.



Figura 4. Livello 0 a sinistra e Fondi Vecchi a destra (foto G.BELVEDERI).

Figure 4. Level 0 left and Fondi Vecchi right (photo G. BELVEDERI).

Dalla mappa completa sono state stralciate tutte le gallerie che non possono essere raggiunte, cioè tutti i livelli interessati dal livello di falda sotto il quale la miniera è totalmente allagata, e le zone troppo remote non raggiungibili con l'autonomia degli autorespiratori. Le attività di ri-esplorazione, fino ad ora, hanno interessato le gallerie dette: Discenderia Fanante (Fig. 1), Livello 0 (Fig. 1 e 4), Discenderia Ovest (Fig. 5) e Fondi Vecchi (Fig. 4).

Ri-esplorazioni future

Dal 25 di Aprile 2014 fino alla fine di settembre 2014 sono stati ri-esplorati 1660 metri di gallerie di cui 700 metri in ACAR. La ri-esplorazione delle gallerie proseguirà nell'inverno 2014-2015, quando il freddo attuerà l'inversione termica, favorendo l'accesso dell'aria ossigenata dell'esterno dall'ingresso basso della Discenderia Fanante. Gli obiettivi esplorativi che il progetto intende raggiungere comprendono la visita al Settore Ovest – Marazzana (in viola Fig.3), il completamento della zona dei Fondi Vecchi, il raggiungimento della zona del Riflusso Montecchio (in blu Fig. 3) e della zona delle Officine Interne nei pressi del Pozzo Vittoria (estremo orientale della linea rossa Fig. 3).



Figura 5. Discenderia ovest (foto G.BELVEDERI).

Figure 5. West Winze (photo G. BELVEDERI).

Conclusioni

L'osservazione dei risultati delle letture dei misuratori di gas dimostra che il problema più grave della progressione all'interno delle gallerie è la carenza o l'assenza di ossigeno. Le misurazioni effettuate per gli altri tre gas passano in secondo piano: l'acido solfidrico (H_2S) con 20 ppm risulta già irritante per gli occhi ma non causa ancora danni gravi, che iniziano con 50 ppm (USEPA, 1980); il 13% del Lower Explosive Limit (LEL) (IUPAC, 1997) del metano è una presenza significativa, ma ancora relativamente lontana dal limite di esplosione (100% del LEL che corrisponde al 4,4% di metano volumetrico); il monossido di carbonio (CO) non è mai stato rilevato. Una cosa è oggettivamente evidente: la miniera di Perticara è una trappola mortale.

Come diceva OSCAR WILDE "...L'esperienza è il tipo di insegnante più difficile. Prima ti fa l'esame, poi ti spiega la lezione...".

Bibliografia

- BARTOLINI A., 1974. *Perticara nel Montefeltro*. Grafiche Gattei, Rimini, 1-208.
- DRAEGERWERK AG&CO., 2010. *Introduction to personal protection technology*. Germany, 1-36
- DRAEGERWERK AG&CO., 2013. *Draeger PSS 3000 Compressed Air Breathing Apparatus*. Germany, 1-4
- EUROPEAN INDUSTRIAL GASES ASSOCIATION EIGA, 2009. *Pericoli relativi ai gas inerti e alla carenza di ossigeno*. Bruxelles, 1-36
- IUPAC, 1997. *Compendium of Chemical Terminology, 2nd ed. (the "Gold Book")*. Compiled by A. D. McNAUGHT AND A. WILKINSON. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 539 pp.
- MONTECATINI, 1960. *Miniera di Perticara, Piano generale scala 1:1.000*
- MSA AUER GMBH, 2012. *Operating manual Altair 4x*. Germany, 1-76
- MSA AUER GMBH, 2006. *Operating manual Altair Pro*. Germany, 1-48.
- RINALDI I., 1987. *Perticara, la miniera di zolfo, la sua gente*. Pazzini Editore, 220 pp.
- SCICLI A., 1972. *L'attività estrattiva e le risorse minerarie della regione Emilia-Romagna*. Poligrafico Artioli, Modena, 24-155.
- USEPA, 1980. *Health and Environmental Effects Profile for Hydrogen Sulfide*.

IL CENTRO ITALIANO DI DOCUMENTAZIONE SPELEOLOGICA "FRANCO ANELLI": QUARANT'ANNI DI CRESCITA TUMULTUOSA

PAOLO FORTI¹, MICHELE SIVELLI¹

¹ *Centro Italiano di Documentazione Speleologica "Franco Anelli", via Zamboni 67, 40126 Bologna; biblioteca.speleologia@unibo.it*

Riassunto

Il Centro Italiano di Documentazione Speleologica (CIDS) è nato nel 1975 dalla fusione delle biblioteche della SSI e dell'IIS. Inizialmente buona parte della speleologia italiana lo ha guardato con scetticismo a causa di precedenti fallimenti. In breve tempo, però, il CDS si è guadagnato la fiducia di tutti gli speleologi, che hanno iniziato una collaborazione fattiva che è andata sempre aumentando nel tempo. In questi 40 anni di attività il CDS è infatti entrato in possesso di oltre 30 biblioteche tematiche tra cui le più importanti sono state certamente quella di Anelli, e quindi quelle di Salvatore dell'Oca e Mario Pavan, e, recentemente, quella di Claude Chabert. Attualmente il patrimonio del Centro è valutabile in oltre 70.000 volumi. Sin dall'inizio il CDS ha cercato di rendere facilmente consultabile il suo patrimonio librario realizzando il primo catalogo a stampa nel 1978 e il primo database nel 1986, fornendo nel contempo un servizio di fotocopie. Attualmente è possibile consultare attraverso internet la consistenza di tutto il materiale librario presente (<http://www.cds.speleo.it>). Inizialmente le collezioni del Centro si limitavano ai libri, agli opuscoli ed estratti e ai fascicoli delle riviste, comunque sempre strettamente inerenti alla speleologia e al carsismo.

Nel tempo, grazie a donazioni iniziali, si sono aggiunte altre collezioni, quali quella dei ritagli di giornale, delle stampe antiche, dei manifesti e delle cartoline... Purtroppo, sino ad oggi, per mancanza di risorse, tutto questo patrimonio, pur essendo ordinato e fruibile, attende ancora di essere catalogato e messo in rete. Per il futuro, il CDS non potrà adagiarsi sugli allori, ma dovrà affrontare sempre nuove sfide se vorrà mantenere il ruolo preminente che si è guadagnato in questi primi 40 anni: prima tra tutte quella relativa alla rivoluzione informatica. Nell'ultimo decennio, infatti, molte delle pubblicazioni di speleologia hanno abbandonato il cartaceo per migrare esclusivamente in rete: contemporaneamente, però, le biblioteche non si sono attrezzate per garantire la conservazione nel lungo periodo di tutta questa mole di dati. Il CDS dovrà quindi individuare prima e dotarsi poi di quegli strumenti indispensabili per permettere che ciò avvenga.

Parole chiave: documentazione, biblioteca di speleologia, Italia

Abstract

THE ITALIAN CENTRE OF SPELEOLOGICAL DOCUMENTATION "FRANCO ANELLI": FORTY YEARS OF TURBULENT DEVELOPMENT - In 1975 the fusion of the SSI and IIS libraries gave rise to the CIDS. Initially the majority of the Italian cavers was skeptic about its success due to the failure of previous similar efforts, but CIDS gained shortly the confidence of all cavers, who started actively co-operating with it. And this support kept on increasing until today. In fact, during these 40 years over 30 speleological libraries were donated to the CIDS, among them that of Franco Anelli and later those of Salvatore Dell'Oca and Mario Pavan, and, more recently, that of Claude Chabert are worth to be mentioned. Nowadays the patrimony of the CIDS consists in over 70,000 volumes. Since its beginning the CIDS tried to make the access to its collections as easy as possible keeping active a photocopy service, while the first printed catalogue was issued in 1978, and the first database was realized in 1986. Nowadays it is possible to consult the whole CIDS catalog of books and journals in internet (<http://www.cds.speleo.it>). At the beginning the collections of the Centre were limited to books, offprints and journals strictly related to karst and speleology.

Later, thanks to donations, new collections were added, among which are worth mentioning because of their importance those related to newspaper articles, old engravings, posters, postcards ... Unfortunately, due to lack of resources, all this patrimony is still waiting to be catalogued and made available online. In future the CIDS will have not much time to relax, since it will have to win several challenges in order to maintain the prominent role achieved in its first 40 years: first of all that related to the "informatics revolution". In fact, in the last ten years many of the speleological publications abandoned the printed paper and migrated

online, but the libraries were unable to follow this transformation in order to guarantee the conservation of this huge amount of data over the long period. The CIDS must find the way to define firstly and then to achieve the correct tools needed to avoid the loss of this important material.

Key words: documentation, speleological library, Italy.

Il passato

In Italia, prima dell'istituzione del Centro Italiano di Documentazione Speleologica (BADINO *et al.*, 1999), l'unica biblioteca tematica pubblica di Speleologia era quella dell'Istituto Italiano di Speleologia (IIS), organismo creato nel 1927 presso le Grotte di Postumia al fine di coordinare l'attività speleologica sul territorio nazionale e a cui erano stati trasferiti i pochi materiali sopravvissuti alla breve attività svolta dalla Società Speleologica fondata a Bologna nel 1903. Al termine della Seconda Guerra Mondiale, con il passaggio di Postumia alla Jugoslavia e la conseguente chiusura dell'IIS, tale biblioteca veniva smembrata: in parte essa trovava collocazione nei depositi dell'Istituto di Geologia dell'Università di Bologna, e in parte veniva trasferita presso le Grotte di Castellana. Nel 1949, ricostituita la Società Speleologica Italiana (SSI) si riprendeva a raccogliere materiale librario ricevuto in dono o in scambio da parte da altre associazioni omologhe estere ed italiane. Tuttavia fino ai primi anni '70, l'assenza di una sede fissa non consentiva l'istituzione di una vera e propria biblioteca. Condizione che si avvera solo a metà degli anni '70 quando la SSI comincia ad affermarsi come principale punto di riferimento della Speleologia italiana e dopo che l'IIS, con sede a Bologna, riprende ad operare nel campo della ricerca scientifica carsica.

L'idea di realizzare in Italia un Centro Italiano di Documentazione Speleologica (CIDS) è nata quindi dalla volontà comune della Società Speleologica Italiana (SSI) e dell'IIS di realizzare una struttura idonea a soddisfare le crescenti richieste di documentazione sul carsismo e la speleologia provenienti non solo dagli speleologi e dai ricercatori ma anche da altri ambiti della società civile. Il CIDS veniva dunque realizzato nel 1976 dalla fusione delle biblioteche dell'IIS e della SSI. Veniva così a crearsi un patrimonio di oltre 4000 volumi, tra libri, estratti e riviste che, se non vasto in assoluto, rappresentava già la maggiore raccolta pubblica italiana del settore per quel tempo. Due anni dopo, nel 1978 il CIDS veniva intitolato a FRANCO ANELLI, scomparso l'anno precedente, che aveva dedicato oltre 50 anni all'IIS, prima a Postumia e quindi nella sede operativa delle Grotte di Castellana. Nella biblioteca del Centro confluivano quindi anche la biblioteca un tempo dislocata presso Castellana-Grotte e quella personale, ricchissima, di ANELLI.

Lo stesso anno vedeva la luce il primo catalogo a stampa (8000 circa i volumi allora presenti nella biblioteca; FORTI, 1978), con lo scopo dichiarato di rendere sempre più fruibile la biblioteca anche a distanza, tramite un servizio fotocopie. L'incremento del patrimonio librario era in quei tempi garantito innanzitutto dagli scambi effettuati dalle riviste rispettivamente della SSI (*Notiziario* e quindi *Speleologia*) e dell'IIS (*Grotte d'Italia* e quindi *Memorie*). Molto materiale proveniva anche da donazioni di singoli o da associazioni speleologiche e soprattutto da lasciti (Fig. 1). La crescita "tumultuosa" della biblioteca ha richiesto la stampa ravvicinata di 3 integrazioni al primo catalogo: nel 1981 quando il patrimonio era di 12000 volumi, nel 1984 quando era salito a 20.000 e infine nel 1986 quando aveva raggiunto i 22.000. Dal 1986, anche con il parziale supporto del Ministero dei Beni Culturali, è iniziata la catalogazione informatica, che ha reso così inutile la pubblicazione di ulteriori cataloghi.

La seconda metà degli anni '80 vede progressivamente aumentare l'impegno finanziario della SSI che destina sempre più risorse all'implementazione delle collezioni del CIDS, mentre l'IIS si dedica al completamento e alla modernizzazione delle infrastrutture. Nello stesso periodo vengono portate avanti importanti collaborazioni con le più grandi biblioteche tematiche del settore in Europa (Postumia, La Chaux de Fond, Granada), che permettono, attraverso gli scambi, di rendere sempre più internazionale il materiale disponibile presso il Centro.

L'importanza acquisita dal Centro favorisce la stipula dell'accordo tra l'Università di Bologna e la SSI che viene siglato nel 1988, in base al quale il CIDS trova sede presso il Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali di tale Università. In questo modo, il Centro acquisisce una sede definitiva e adeguata. Dal canto suo l'Università di Bologna si garantisce il libero accesso per studenti e ricercatori alle collezioni del Centro stesso.

Negli anni '90 il CIDS sviluppa contatti e collaborazioni in tutto il mondo tanto che alla Biblioteca giungono materiali da molti paesi: tra le molte acquisizioni di questo periodo meritano di esser menzionate le

biblioteche di VLADIMIR PANOS, già vicepresidente dell' UIS e quella di CAROL HILL, famosissima studiosa di minerali di grotta.

Ma è nel 2000 che si è realizzato l'evento che ha fatto fare un balzo in avanti notevolissimo al Centro e al suo patrimonio librario: in quell'anno infatti si concluse l'iter, iniziato due anni prima, che ha permesso allo Stato di acquisire la biblioteca che SALVATORE DELL'OCA aveva creato, soprattutto tramite gli scambi di Rassegna Speleologica Italiana, ma anche con acquisizioni dirette sul mercato antiquario. Il Ministero dei Beni Culturali ha deciso infatti di depositare la biblioteca, forte di oltre 15.000 titoli, di cui circa un 70% di stretta attinenza speleologica, presso il CIDS. Nel gennaio del 2005 si è registrato un altro evento molto importante: la donazione della biblioteca speleologica di MARIO PAVAN, insigne studioso e rifondatore, assieme all'amico SALVATORE DELL'OCA della SSI.

Un'altra acquisizione fondamentale si è avuta nel 2010 quando la vedova dello speleologo francese CLAUDE CHABERT donava tutta la sua biblioteca, ricchissima non solo di libri estratti e riviste da tutto il mondo, ma anche di manifesti, ritagli di giornale, cartoline, e altro, al CIDS.

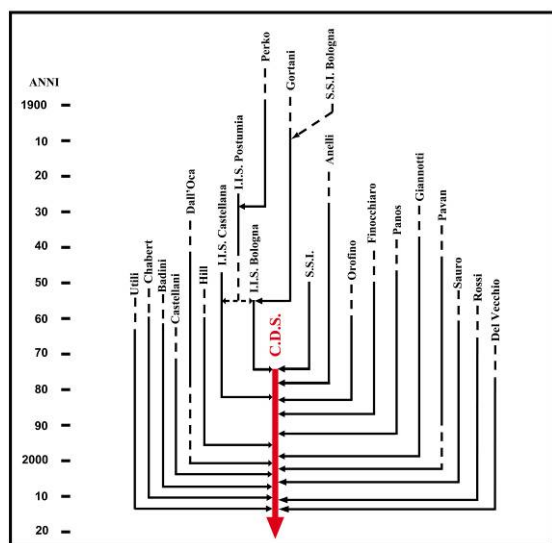


Figura 1. Biblioteche confluite nel CIDS dalla sua fondazione.

Figure 1. Libraries achieved by CIDS since its foundation.

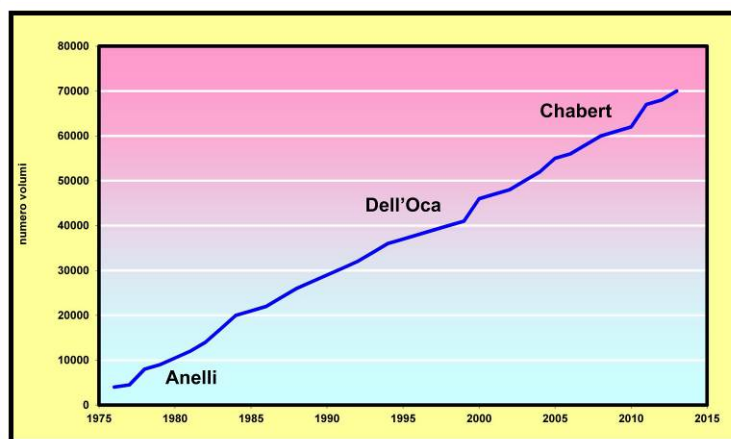


Figura 2. Aumento del patrimonio librario del CIDS con le maggiori biblioteche acquisite.

Figure 2. Increase of the CIDS patrimony and the most important achieved libraries.

Le donazioni sono continuate anche in questi ultimi anni, tra queste meritano una citazione quella di GIULIO BADINI nel 2011 e quelle di FRANCO UTILI e FRANCESCO DEL VECCHIO nel 2013. In quasi 40 anni di attività il CIDS è riuscito creare un patrimonio di oltre 70.000 volumi (Fig. 2), numeri che lo confermano al vertice delle biblioteche tematiche di speleologia del mondo: tra questi materiali di particolare rilevanza sono i libri antichi di speleologia che coprono un arco temporale di 5 secoli.

Dal 1995 la SSI, con il coordinamento del Centro, contribuisce alla realizzazione del Repertorio Bibliografico Internazionale (*Speleological Abstract*) che viene pubblicato con cadenza annuale dall'Unione Internazionale di Speleologia dal 1970, finanziato in parte anche dalla SSI. Compito del CIDS è il coordinamento nazionale della raccolta delle schede bibliografiche relative ai lavori editi sul territorio nazionale o comunque pubblicati da autori italiani. Annualmente il Centro fornisce dai 600 agli 800 spogli bibliografici.

Al fine di garantire una sufficiente accessibilità alle informazioni di carattere speleologico, l'Unione Internazionale di Speleologia ha inoltre messo in atto un sistema inter-bibliotecario al quale aderiscono i principali centri di documentazione speleologica presenti nel mondo che svolgono un servizio congiunto di fornitura di fotocopie a prezzo di costo. Il CIDS Franco Anelli è stato inserito sin dall'inizio in questo sistema integrato a cui, negli anni, si sono aggiunte altre biblioteche che oggi sono 16, distribuite in tutto il mondo.

Il presente

La posizione baricentrica di Bologna rende il CIDS molto facile e comodo da raggiungere. I locali si trovano a piano terra sotto il Museo di Paleontologia "G. Capellini"; lo spazio attualmente occupato è di circa 170 m², suddiviso in vari locali che permettono una razionale ripartizione dei materiali tra biblioteca vera e propria, archivio, e area espositiva (Fig. 3).

Sufficientemente spaziosa è l'area per la consultazione diretta cui sono dedicate due postazioni con accesso ad internet e un tavolo di lettura: comunque si è in attesa della realizzazione della nuova aula di consultazione che dovrebbe essere realizzata entro l'anno corrente (Fig. 3b) che permetterà anche una notevole espansione dell'area dedicata alla conservazione del materiale librario, garantendo così uno sviluppo al CIDS per i prossimi 20-30 anni.

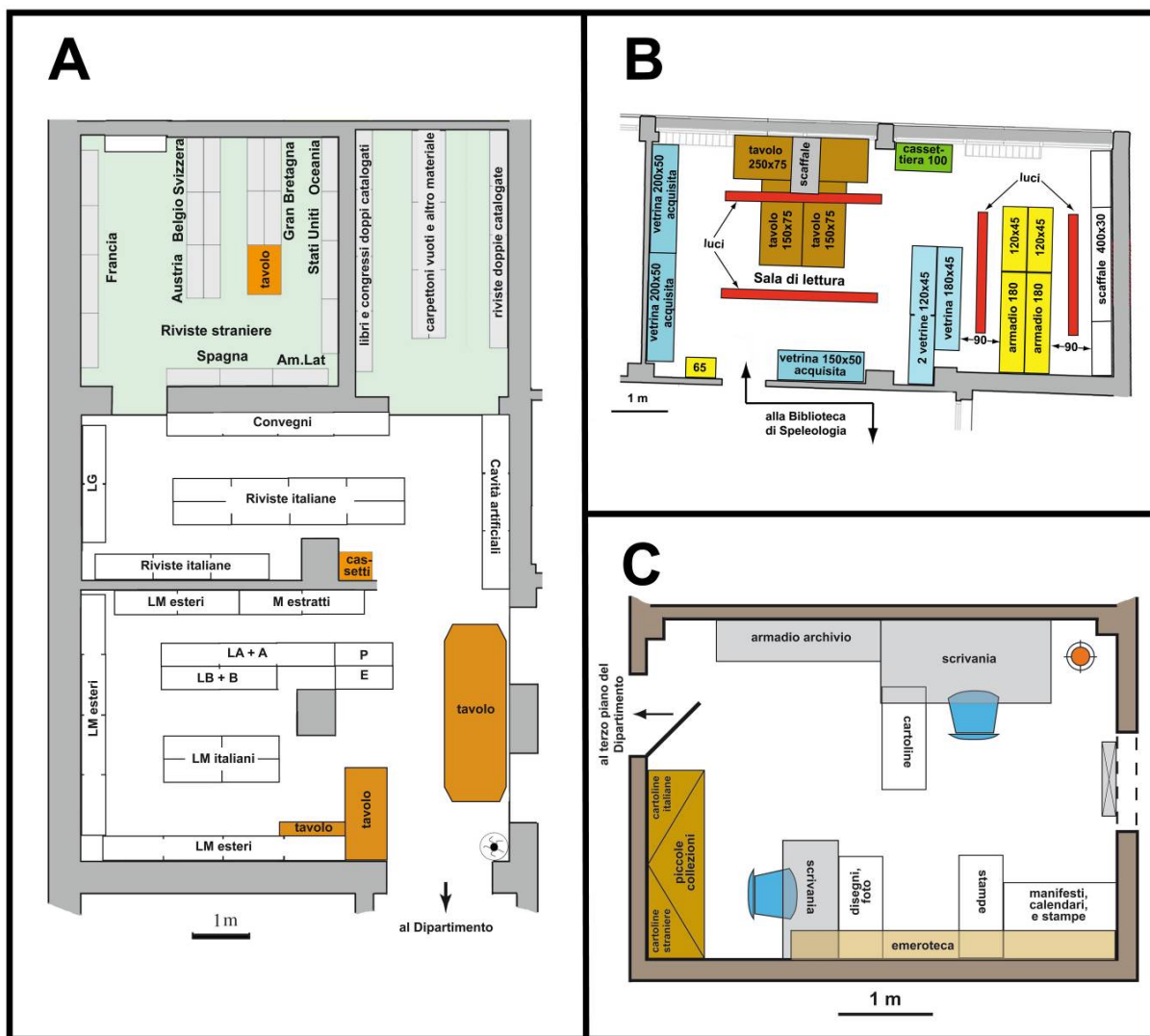


Figura 3. Locali del Dipartimento a disposizione del CIDS per la sua biblioteca dopo le ristrutturazioni in atto. A: locali precedenti, a cui è stata tolta l'uscita di Via Zamboni 67; B: nuova sala di consultazione; C: la sala delle collezioni.

Figure 3. Spaces for the CIDS library after the ongoing implementations. A: original space without the exit of Zamboni Street, no. 67; B: the new reading room; C: collections' room.

Sin dall'inizio il Centro ha cercato di rendere facilmente consultabile, direttamente e quindi anche da remoto, il suo patrimonio librario. Attualmente Il catalogo online è consultabile tramite tre opzioni:

- dall'OPAC <http://speleoteca.it> il cui database conserva il 100% dei titoli in possesso alla Biblioteca;
- dall'OPAC del Polo Bolognese SBN <http://sol.unibo.it/SebinaOpac/Opac> con solo una percentuale di titoli implementati (anno 2007);
- dal Metaopac Azalai <http://www.aib.it/aib/opac/mai2.htm3> (Progetto BiblioCAI) con database Speleoteca.

È possibile contattare il personale della biblioteca e, fornendo l'indicazione di collocazione, ricevere per e-mail, o per posta, i titoli richiesti in fotocopia o in pdf. Il prestito a distanza è invece consentito solo per alcuni titoli.

I frequentatori della biblioteca possono essere suddivisi in tre grandi categorie: 1) studenti e professori dell'Università di Bologna, 2) ricercatori e studenti da Università o Enti italiani o esteri, 3) speleologi italiani ed esteri. La prima categoria è sicuramente maggioritaria e al suo interno prevalgono gli interni in tesi per la laurea triennale e/o magistrale per Scienze Geologiche e i Dottorandi in carsismo. La seconda categoria è rappresentata da utenti con le stesse caratteristiche di quelli della precedente, i quali, però, utilizzano molto più spesso l'accesso remoto alla biblioteca. La terza categoria, infine, sfrutta in maniera preponderante l'accesso remoto e solo occasionalmente decide per una visita diretta.

Il progetto speleoteca

Nonostante il suo grande sviluppo, il CIDS non potrà mai ragionevolmente pensare di possedere la totalità delle pubblicazioni speleologiche edite in Italia, anche e soprattutto perché la diffusione di molte di queste pubblicazioni è stata, ed ancora è, assolutamente ristretta in ambito locale. Spesso quindi le piccole e medie biblioteche presenti in quasi tutti i Gruppi Speleologici italiani possiedono materiale, anche importante, che è assente nel Centro. Inoltre queste biblioteche "di Gruppo" sono di consultazione assolutamente problematica perché spesso non sono catalogate o, qualora lo siano, si tratta di cataloghi, per lo più cartacei, comunque praticamente mai a disposizione in internet.

Per ovviare a questa situazione, dall'inizio del 2008 il CIDS si è fatto promotore del "Progetto Speleoteca" (SIVELLI, 2013a, b), con lo scopo di realizzare un catalogo collettivo on-line delle biblioteche speleologiche d'Italia. In pratica il Centro ha messo a disposizione di tutti i Gruppi Speleologici che lo richiedano il suo database, nonché il suo programma di catalogazione: in questo modo da un lato queste biblioteche hanno la possibilità di catalogare il loro patrimonio in maniera semplice e veloce, sfruttando le schede già esistenti del CIDS, mentre tutti i possibili utenti del Centro possono ricercare simultaneamente il materiale di loro interesse all'interno anche delle biblioteche periferiche che hanno aderito al progetto. Attualmente sono già 15 i Gruppi Speleologici che hanno aderito al Progetto e questo numero aumenta di anno in anno. In un futuro poi, che si spera non troppo lontano, il progetto Speleoteca potrebbe essere espanso alle principali biblioteche speleologiche europee: i primi contatti in tal senso sono infatti già stati presi (SIVELLI, 2013a).

La sala delle collezioni

Nell'ambito della prossima ristrutturazione dei locali del CIDS, che porterà tra l'altro alla creazione di una nuova sala di lettura (Fig. 3b), nei primi mesi del 2014 si è provveduto a realizzare una sala dedicata totalmente al materiale non librario (Fig. 3c). In questo modo si è recuperato spazio per l'espansione della biblioteca stessa almeno per i prossimi 20-30 anni e inoltre si è resa più facile e comoda la consultazione di tutte quelle collezioni, che, grazie alle donazioni, sono aumentate in maniera esponenziale in questi ultimi anni, sia in quantità che in qualità.

Alle sezioni tradizionali dell'emeroteca e delle stampe antiche, si sono infatti via via affiancate quelle delle cartoline, dei manifesti, delle fotografie antiche, dei disegni e dipinti, dei calendari, della cartamoneta, degli adesivi (FORTI, 2013). In pratica il CIDS, senza ovviamente abdicare alla sua primaria missione di raccolta e catalogazione di tutto quanto viene pubblicato sulla speleologia, da adesso in avanti diventerà anche un punto di riferimento per tutti coloro che si interessano, a vario titolo, a materiali cartacei cosiddetti "minori" relativi al mondo sotterraneo in generale.

Dato che ognuna di queste sezioni dipende esclusivamente dalle donazioni, la loro consistenza è molto diversa: si va dalle oltre 10.000 cartoline relative a grotte turistiche di tutto il mondo, ai circa 7000 articoli di giornale, agli oltre 600 manifesti e 100 calendari... Per mancanza di risorse finanziarie ed umane, sino ad oggi tutto questo materiale non è catalogato e quindi la sua consultazione è possibile esclusivamente in maniera diretta presso il CIDS.

Il futuro

Per il futuro, il CIDS non potrà adagiarsi sugli allori portando avanti le attività già consolidate appena descritte, ma dovrà affrontare sempre nuove sfide se vorrà mantenere il ruolo preminente che si è guadagnato in questi primi 40 anni di attività. Si dovrà innanzitutto cercare di espandere i cataloghi informatici anche alle collezioni non librarie. In questo ambito è da segnalare l'accordo intercorso nel 2014 tra il Centro e i coniugi MILLS, speleologi inglesi, che si sono impegnati a scandire e catalogare tutte le stampe antiche

presenti nel CIDS. Questo lavoro, che procederà anche per tutto il 2015, permetterà agli speleologi di tutto il mondo di poter disporre in maniera semplice e comoda di quello che, realisticamente, è il secondo patrimonio per ordine di importanza del Centro.

Ma ancora più importanti per il CIDS, e forse anche per la sua stessa esistenza futura, saranno le decisioni che verranno prese a livello nazionale certo, ma ancora di più a livello internazionale, in relazione alla rivoluzione informatica (DELL'ACQUA, 2014). Dall'inizio del nuovo millennio in poi, infatti, molte delle pubblicazioni periodiche di speleologia hanno abbandonato il cartaceo per migrare esclusivamente in rete: questo processo inarrestabile è andato aumentando col tempo, tanto che già oggi si stima che oltre l'80% delle pubblicazioni speleologiche appaiano oramai solamente in rete. Le biblioteche, però, e in questo caso non parliamo solo di quelle speleologiche, non sono state assolutamente in grado di seguire questa rivoluzione epocale. Questo è avvenuto certo anche per mancanza di fondi, ma, a nostro parere, molto di più per sottovalutazione del problema e forse anche per un certo snobismo, che portava a ritenere il materiale messo in rete di minor interesse e valore rispetto alla tradizionale pubblicazione cartacea. Oggi però è evidente a tutti che il futuro della stragrande maggioranza, non solo delle notizie spicciole, ma anche dei dati sperimentali e delle ricerche scientifiche è destinato ad essere limitato alla rete.

A questo punto quindi le biblioteche dovranno attrezzarsi per la conservazione e la continuità di fruizione di tutta questa mole di materiale che, altrimenti, andrà irrimediabilmente persa nell'arco di pochi anni o al massimo di qualche decennio. Tutte le biblioteche, quindi, liberate dai problemi di spazio, che per secoli sono stati il loro principale assillo, dovranno individuare prima e dotarsi poi di tutti quegli strumenti informatici in grado di evitare che le pubblicazioni informatiche possano, nel tempo, non essere più leggibili.

Certo il problema può essere affrontato e risolto in ambito nazionale, dalla SSI e dal CIDS, creando un sito virtuale in cui vengano raccolte, conservate e progressivamente aggiornate ai nuovi standard, tutte le pubblicazioni speleologiche italiane, ma in realtà il problema è più vasto e complesso. Infatti, è sempre più difficile pensare alla speleologia come una attività settorializzata, limitata entro confini nazionali: le grandi spedizioni internazionali, ad esempio, sempre di più prevedono la collaborazione e l'interazione di speleologi di nazionalità differente.

Per questo anche la conservazione e la diffusione delle notizie e dei dati deve essere di necessità in parte delegata ad organismi sovranazionali, innanzitutto l'Unione Internazionale di Speleologia e i suoi Centri di Documentazione. In questo senso il CIDS dovrebbe farsi promotore di incontri internazionali in cui si affrontino questi problemi e si trovino soluzioni comuni: noi cercheremo di far sì che questo avvenga nel più breve tempo possibile.

Bibliografia

- BADINO G., FORTI P., OLIVUCCI S., SIVELLI M., 1999. *Centro Italiano di Documentazione speleologica "Franco Anelli"*. ERGA, Genova, 24 pp.
- FORTI P., 1978. *Catalogo della biblioteca del centro di documentazione speleologica "F.Anelli" presso l'Istituto Italiano di Speleologia di Bologna al Giugno 1978*. Supplemento a Grotte d'Italia, 180 pp.
- FORTI P., 2013. *Collezioni e rarità del Centro Italiano di Documentazione Speleologica "Franco Anelli"*. Speleologia, **68**, 71-73.
- DELL'ACQUA R., 2014. *Editoria Web*. Speleologia, **70**, 74-76.
- SIVELLI M., 2013a. *Le biblioteche speleologiche in Italia: idee per un progetto comune*. Atti del XXI Congresso Nazionale di Speleologia, Trieste 2-5 Giugno 2011, 66-72
- SIVELLI M., 2013b. *Speleoteca il catalogo unico delle biblioteche speleologiche italiane*. Speleologia, **68**, 55

CINQUE ANNI DEL PORTALE DELLE GROTTA D'ITALIA

UMBERTO DEL VECCHIO¹, VINCENZO MARTIMUCCI², VITO MEULI³

¹ *Federazione Speleologica Campana, via Trinità degli Spagnoli n.41, Napoli; umberto.delvecchio@sns-cai.it*

² *Società Speleologica Italiana, Via Zamboni,67, Bologna; speleobradipo@gmail.com*

³ *Gruppo Puglia Grotte, via Margherita di Savoia, 18, Castellana Grotte (BA); vitomeuli@libero.it*

Riassunto

Dalla sua pubblicazione in internet nel luglio 2009 il Portale del Catasto Nazionale delle Grotte d'Italia è andato crescendo in diffusione e conoscenze. Alle prime regioni che hanno aderito se sono aggiunte altre negli ultimi anni per arrivare ad un totale, a giugno 2014, di 13 regioni aderenti.

Con il presente lavoro si intende divulgare alcune statistiche generali sull'utilizzo del sito da parte degli utenti di internet, per la maggior parte italiani, ma con una buona presenza di visite dall'estero; si tratta di un buon risultato considerando che il sito è solo in lingua italiana. Le statistiche nel tempo dimostrano, inoltre, come esso sia cresciuto insieme alla crescita del progetto e all'adesione di nuove regioni.

I risultati raggiunti dal progetto WISH, alla base della nascita del portale, dimostrano l'importanza della condivisione dei dati speleologici come tappa fondamentale della conoscenza e divulgazione.

Parole chiave: portale, catasto grotte, Italia, WISH

Abstract

FIVE YEARS OF THE ITALIAN CAVE REGISTER WEB PORTAL - *Since its publication in July 2009, The Italian Caves Register Web Portal has steadily been increasing its spread through the internet. In June 2014 the number of Italian regional speleological federations joining the project consists of 13 regions, which data can be consulted.*

This paper presents the web-traffic statistics regarding the portal ("who" and "how"). Visitors are mainly from Italy, but a considerable amount are foreigners. Since the portal is published only in Italian language, this can be considered a valuable result. The steady growth of visitors over time follows new regions and new data joining the project.

Results obtained from the WISH project prove the importance of sharing data as a main step for caves knowledge growth and spread, trying to reach people interested in caves wherever they are through the web.

Key words: web portal, caves register, Italy, WISH

UNA NUOVA STRUTTURA PER UN DATABASE DI GESTIONE DEL CATASTO DELLE GROTTI

UMBERTO DEL VECCHIO¹, DANIELA PANI², LEONARDO PICCINI²

¹ Federazione Speleologica Campana, via Trinità degli Spagnoli n.41, Napoli; umberto.delvecchio@sns-cai.it

² Società Speleologica Italiana, Via Zamboni, 67, 40126 Bologna

Riassunto

Da quando è stato istituito il Catasto delle Grotte d'Italia, la tecnologia è andata molto avanti, sia nel campo della gestione dei dati sia grazie all'arrivo di nuove sofisticate tecniche di rilievo. Con l'informatica e Internet la gestione dei dati è diventata più veloce ma anche più complessa. Non abbiamo più storici archivi cartacei ma elaborati database che in molti casi sono in parte pubblici su portali WEB. Con l'arrivo dei database relazionali e dei Sistemi Informativi Geografici (GIS) è più facile gestire le informazioni geografiche e i suoi attributi. Le grotte sono elementi geografici complessi e come tali, a nostro avviso, devono essere trattate. L'idea stessa di ingresso inteso come punto, con le attuali precisissime tecnologie satellitari di localizzazione, è un po' superata. Così come l'idea di un archivio e catalogazione delle grotte basato sull'ingresso. Un catasto delle grotte basato su principi moderni non dovrebbe considerare più l'ingresso come un "attributo" della grotta, ma come un'entità geografica a sé (puntuale o areale) collegata in un rapporto geografico diretto con la grotta cui dà accesso. S'intende con quest'articolo fornire un primo impulso a trattare ingresso e grotta come due entità differenti, collegate in un rapporto uno/molti (una grotta/molti ingressi) e collegate al contempo con altri elementi geografici quali il sistema e l'area carsica. Un database geografico del genere, non facilmente gestibile con un archivio cartaceo, è creabile e gestibile con i sistemi informatici di gestione dei database relazionali e geografici.

Parole chiave: catasto grotte, database, GIS

Abstract

CAVES DATABASE: A NEW IDEA OF DATA STRUCTURE - Since the Cave Cadastre of Italy was established, the technology has progressed very fast, both for the data management and for the high-technologies available for cave surveying. Data management has become faster yet more complex. We have no historical paper files but processed databases, which in many cases are part of public web portals. The development of relational databases and Geographic Information Systems (GIS) has made the management of geographic information and the relative attributes an easier process. Caves represent very complex geographical features. The improvement of the satellite technology for detailed geographical positioning supports an updated representation of a cave entrance as a point feature, as well as making inadequate the procedure of cataloguing caves based on the entrance. A modern Cave Cadastre should consider the cave entrance as a geographical entity (point or area) connected to the relative cave through a direct geographical relationship. This article aims to propose a new approach of considering the entrance and the cave as two different geographical entities in a one-to-many (a cave/many entrances) relationship.

Key words: cave cadastre, database, GIS

Introduzione

Il Catasto delle Grotte d'Italia nasce nel 1928 e può essere considerato come uno dei più antichi archivi di dati geografici mai istituzionalizzato. Il catasto nasce in realtà con un'impostazione di tipo "storico". Le grotte sono catalogate regione per regione ma secondo l'ordine cronologico con cui i dati sono registrati, mentre la collocazione geografica è solo uno dei tanti campi che la scheda contiene. Per molti anni la posizione geografica non era neanche una delle informazioni ritenute fondamentali, e spesso ci si accontentava di informazioni generiche, anche senza l'uso di coordinate.

La struttura dei catasti è rimasta sostanzialmente invariata sino ai primi anni '80, quando si è cominciato a sentire l'esigenza di trasferire i dati catastali su supporti informatici. I primi catasti informatizzati, però, mantenevano la struttura sostanzialmente "storica" dei catasti cartacei, mutando semplicemente le modalità di

raccolta e gestione dei dati (FERRARI & PICCINI, 2000). L'esigenza di un vero cambiamento "strutturale" si è sentita nel momento in cui sono apparsi sistemi informatici in grado di gestire dati di tipo cartografico in modo spaziale, cioè quelli che oggi chiamiamo GIS (*Geographical Information System*) o, in italiano, Sistemi Informatici Territoriali (SIT). Il trasferimento dei dati dei catasti in strutture GIS ha fatto venire alla luce alcune problematiche di ordine strutturale e soprattutto ha messo in crisi il concetto stesso di "grotta".

La natura "geografica" delle grotte

La definizione di grotta è ufficializzata da tempo ed è riportata in tutti i regolamenti dei catasti, sia nazionale sia regionali. Una grotta è solitamente definita come una cavità di origine naturale e relativamente stabile nel tempo le cui dimensioni siano tali da permettere l'accesso all'uomo. Per consuetudine si prende come dimensione minima almeno cinque metri di sviluppo lineare: come noto si tratta di una definizione del tutto arbitraria, che ha poco significato da un punto di vista scientifico (PICCINI, 2011a, b).

Si tratta quindi di un oggetto tridimensionale, che ha una sua forma e un suo volume e che può essere "misurato" in vari modi. Ma come si colloca nello spazio un oggetto del genere? In uno spazio a tre dimensioni si può facilmente individuare la posizione di un punto riferendosi a un sistema cartesiano a tre assi (x, y, z) del quale si definisce un punto di origine e un orientamento degli assi tra loro ortogonali. Un sistema di posizionamento del genere è geometricamente rigoroso, ma di difficile utilizzo. Nella pratica geografica si usano sistemi a due coordinate, che quindi non individuano un punto dello spazio, bensì una linea retta che ha origine nel centro della Terra e che è orientata secondo certi valori angolari rispetto al piano che contiene l'equatore e al piano che contiene il meridiano di Greenwich. Per individuare un punto preciso di tale retta occorre indicare anche la quota, cioè la distanza positiva o negativa del nostro punto rispetto all'intersezione tra la retta in questione e la superficie del geoide, cioè del solido che rappresenta la superficie del pianeta a quota zero. Dunque, finché si ha a che fare con oggetti che si trovano sulla superficie terrestre e che possono essere trattati come oggetti geografici a una o due dimensioni, un sistema di coordinate di tipo geografico è sufficiente, ma per una grotta un sistema di localizzazione del genere, o come si dice di riferimento geografico, non è più idoneo.

Per tradizione le schede del catasto delle grotte contengono tra i campi registrati le coordinate dell'ingresso e la sua quota. Se per la quota sono stati stabiliti dei criteri di definizione, per le coordinate questa esigenza non si è mai sentita, in ragione del fatto che i sistemi di posizionamento in uso sino a qualche anno fa avevano una precisione di valore assoluto decisamente maggiore rispetto alla dimensione media degli ingressi delle grotte che, salvo eccezioni, è di qualche metro o poco più. I moderni sistemi di posizionamento, anche di uso amatoriale, come i GPS di ultima generazione, almeno in condizioni ottimali consentono però precisioni dell'ordine di qualche metro, che possono essere ridotte ulteriormente. Questo rende necessario stabilire un criterio di definizione del "punto ingresso" cui far riferire le coordinate (PICCINI, 2011b).

Di fatto l'ingresso di una grotta non è un oggetto puntuale, ma bensì un'area determinata dall'intersezione tra il volume della grotta e la superficie topografica. Una superficie può essere individuata attraverso l'utilizzo di una serie di punti che vanno a costituire i nodi di un poligono che descrive il perimetro dell'ingresso. A riguardo, la Commissione Catasto della SSI ha stabilito dei criteri per l'individuazione di un "punto ingresso", che è definito come il centro del cerchio massimo inscritto all'interno del perimetro dell'ingresso. Tutto questo implica che l'ingresso va considerato come oggetto distinto dalla grotta di per sé. Un ingresso può, quindi, essere individuato, con qualche prescrizione, da una coppia di coordinate (geografiche o piane UTM) e da una quota. A un punto così individuato possono essere attribuite proprietà specifiche come l'appartenenza ad ambiti amministrativi (ad esempio un territorio comunale, mentre una grotta può estendersi in più comuni) o caratteristiche geologiche o morfologiche.

Le grotte nel loro complesso sono invece entità tridimensionali che potrebbero essere identificate da un punto di coordinate note, se ad esempio si stabilissero dei criteri di definizione di un "baricentro". Tali criteri sarebbero però di scarsa utilità. La localizzazione geografica di una grotta può quindi essere definita solo attraverso un modello tridimensionale della grotta stessa da "agganciare" in modo preciso al "punto ingresso". In ogni caso una grotta è un oggetto diverso dal suo ingresso, anche perché essa può avere più punti di accesso, cui possono essere attribuite proprietà che sono sostanzialmente diverse da quelle che descrivono i suoi ingressi. Nei catasti attuali, queste due entità (ingressi e grotte) sono confusi e inseriti nella stessa scheda di catalogazione, portando a non poche incongruenze e dando luogo a problemi di vario tipo nella trattazione geografica dei dati.

Esiste dunque un ordine gerarchico tra ingressi e grotte che può essere esteso verso l'"alto" considerando altre due entità geografiche, che sono: il sistema carsico e l'area carsica. Un sistema carsico è sostanzialmente un

sistema di drenaggio (al pari di un bacino idrografico) che ha un recapito comune delle acque, in genere una sorgente carsica (PICCINI, 1999). Un sistema carsico può comprendere più grotte che potenzialmente sono tra loro unite, se non fosse per l'impossibilità dell'uomo di seguire tutte le vie sotterranee. L'area carsica è invece una regione caratterizzata da un'omogeneità geografica che può essere definita come una porzione di territorio dove le morfologie di origine carsica, cioè prodotte prevalentemente da processi di dissoluzione delle rocce del substrato, assumono una particolare rilevanza paesaggistica e ambientale (PICCINI, 2000).

Database e GIS

L'inizio degli anni '80 ha visto i primi tentativi di informatizzare il catasto. Da più parti sono stati tentati approcci per creare un sistema di archiviazione informatica, da parte della SSI come dei singoli catasti o speleologi; ciononostante la struttura dei dati considerata rimaneva sostanzialmente invariata. In questi primi approcci l'informatizzazione si risolveva semplicemente in una mera digitalizzazione dei dati, intesa come "riversaggio" degli stessi in formato digitale, che aveva la sua valenza talvolta come semplice file testuale. Anziché consultare una scheda scritta a mano o a macchina si consultava una scheda stampata, scritta con un *wordprocessor* o con un foglio dati (tipo *excel* per intendersi). I vantaggi forniti dall'informatica erano di fatto sotto utilizzati.

Il primo passo nella modifica sostanziale della struttura del catasto è stato fatto con l'utilizzo dei database (acronimo: DB) nella gestione dei dati catastali. Un DB non è altro che un archivio di dati, dove le informazioni sono organizzate in modo tale da permettere una loro gestione efficiente e in grado di rispondere a richieste da parte dell'utente attraverso linguaggi dedicati (il famoso SQL: *structured query language*). L'applicativo software che gestisce un DB è definito come DBMS. Senza voler entrare nella complessità dell'argomento, i dati contenuti in un tale sistema sono generalmente costituiti da tabelle collegate secondo un modello logico, il più utilizzato dei quali è quello relazionale, che permette una relazione molti a molti.

Il passo successivo nell'informatizzazione dei catasti speleologici è stato quello di trasformare in tabelle i dati, cartacei o informatici che fossero già, per poterli gestire meglio come DB tramite i DBMS. La possibilità di gestire più tabelle rende più fluida la gestione dei dati e la ricerca stessa (*query*), ma rimane pur sempre la medesima struttura, ereditata dal passato, dove s'intende l'entità ingresso/grotta come un unico. In pratica una grotta è un record a cui sono collegati più campi che riportano informazioni specifiche. Lo stesso ingresso è considerato come un campo della grotta, laddove alcuni dati ad esso relativi sono attribuiti a tutta la grotta: ad esempio, il comune di appartenenza, la quota, l'ubicazione morfologica, etc. Il problema della presenza di più ingressi è risolto con la forzatura di individuare un "ingresso principale". Fra gli attributi della grotta, appartenenti in realtà soltanto all'"ingresso principale", ci sono le coordinate, rappresentate da campi dati spesso senza una reale valenza geografica, cioè numeri espressi talvolta con un formato non numerico. Tutto questo poteva ancora essere accettabile sino alla comparsa dei GIS.

Un GIS è un sistema informatico che permette di gestire un archivio di dati in cui la componente geografica non è un attributo alfanumerico del dato, ma un'informazione rigorosa di posizione geografica, che permette di collocarlo nello spazio fisico. S'introduce così il concetto di dato georiferito, dove per georeferenziazione s'intende assegnare a un dato l'informazione relativa alla sua posizione geografica, espressa in un sistema geodetico di riferimento reale e ben definito. Il GIS può quindi essere considerato, in modo semplicistico, come un applicativo software che gestisce un database relazionale georiferito. Applicato a un catasto grotte tradizionale, l'elemento geografico per antonomasia, o comunque l'unico trattato finora come tale, cioè l'ingresso, è georiferito e l'informazione di posizione o di ambito amministrativo non è più un dato tabellare descrittivo, ma un'informazione implicita nella sua stessa posizione, desunto in modo automatico se confrontata con altri database geografici, come per esempio quello dei limiti comunali.

Un sistema GIS introduce tre tipologie di informazioni:

- alfanumeriche: collegate ai dati tabellari riferibili al singolo record (comune di appartenenza di una grotta definite in un campo secondo la prima idea di database);
- topologiche: riferite alle relazioni esistenti con altri database ed elementi geografici e dipendenti dalle reciproche posizioni geografiche (l'ingresso di una grotta ricade in un comune e vediamo chiaramente sulla schermata del GIS che esso rientra in limiti comunali ben definiti);
- geometriche: relative al modo con cui il GIS rappresenta le entità geografiche come punto, linea e poligono (l'ingresso, ancora fuso in un unico database con tutta la grotta, è rappresentato come entità geografica georiferita dalla geometria puntuale).

E qui appare evidente la confusione generata nel considerare ingressi e grotte come una medesima entità geografica. Il GIS rendendo facile il passaggio da un database di informazioni testuali a una rappresentazione cartografica del dato stesso ci mostra l'incongruenza di un catasto grotte così concepito.

L'ingresso di una grotta è facilmente assegnabile alla geometria punto, e anche se l'ingresso di una grotta non è un oggetto puntuale sembra lecito considerare il "punto ingresso" in modo convenzionale e condiviso, quale per esempio il centro del cerchio massimo inscritto all'interno del perimetro dell'ingresso. Ma come considerare una grotta? Senza entrare nel merito ancora più complesso che la grotta dovrebbe rientrare in un'altra geometria, il volume, appare lampante che una grotta non è assimilabile a un punto geometrico. E quindi se entità geografiche geometricamente diverse sono strutturate e gestite tramite un GIS con database diversi e separati, anche se intrinsecamente e topologicamente collegati, perché non cercare finalmente di concepire un catasto grotte che tratta ingresso e grotta come due entità geografiche differenti, collegate in un rapporto uno/molti (una grotta/molti ingressi) e collegate al contempo con altri elementi geografici superiori quali il sistema carsico e l'area carsica?

Proposta di una nuova struttura per un DB di gestione del catasto grotte

L'idea di base è separare le due entità geografiche costituenti una grotta assimilandole, almeno in questa fase, alle due geometrie più adattabili utilizzate dai GIS. Come sembra intuitivo per l'ingresso si propone di utilizzare la geometria puntuale e per la grotta la geometria poligonale. Le due geometrie rimangono strettamente collegate dalla loro posizione geografica (ovviamente da un ingresso della grotta si entra proprio in quella grotta!) e quindi la loro relazione è propriamente una relazione topologica, dipendente cioè dalle reciproche posizioni geografiche. In questo modo, almeno tecnicamente, è possibile separare le due entità geografiche (ingresso e grotta) in due tabelle diverse, con vantaggi gestionali notevoli.

Tutti i campi che prima appartenevano a un'unica grotta devono essere considerati appartenenti o all'entità ingresso oppure all'entità grotta. La separazione, ripetiamo, resta solo sulla carta, o meglio sul database, ma le due entità restano sempre strettamente connesse. La relazione topologica sarà tale che avremo uno o più ingressi per una grotta e quindi una relazione uno/molti.

All'ingresso appartengono i campi dati geografici per eccellenza, ossia la coppia di coordinate geografiche o piane e la quota per il "punto ingresso". Questi dati portano con sé tutti quelli collegati alla posizione amministrativa (provincia, comune, località, etc.). A questi vanno aggiunti altri campi tipici dell'ingresso come per esempio proprietà, accesso, etc.

Alla grotta appartengono i campi dati che principalmente rappresentano i dati speleometrici, cioè sviluppo, profondità, dislivello, così come i campi descrittivi (ad esempio, il rilievo). A questi vanno aggiunti campi collegati alla geologia, all'idrologia, alla morfologia della grotta, alla storia esplorativa, all'utilizzo storico e attuale, ai pericoli e alle emergenze ambientali.

Risulta evidente che alcuni campi si presentano strettamente collegati alla grotta e al singolo ingresso. Per esempio considerare una grotta sensibile per un'emergenza ambientale dovuta a uno scarico di inquinante attraverso l'ingresso determina che anche l'ingresso presenti quella determinata emergenza. In questo caso il campo "emergenza" dovrebbe esistere anche per l'ingresso.

Non staremo in questa sede a valutare quali campi assegnare e che approccio adottare per farlo. Basta a nostro avviso sottolineare l'importanza di una tale proposta di struttura che, senza dubbio, può risolvere alcune incongruenze presenti nell'attuale metodologia di catalogazione e permettere una più corretta trattazione geografica dei dati. Una struttura schematica di quanto proposto è illustrata nella Fig. 1, in cui sono elencati alcuni campi. Dallo schema riportato si evince che oltre alle due tabelle associate alle entità ingresso e grotta è illustrata anche la tabella associata al sistema carsico, una delle altre entità geografiche accennate in precedenza, e descritta come un'entità in grado di comprendere più grotte potenzialmente o realmente unite tra loro. Le relazioni che le legano sono di tipo gerarchico verso un'entità maggiore con un rapporto uno/molti: tra ingressi e grotta e tra grotta e sistema, illustrato nella figura da destra verso sinistra.

Per completezza l'area carsica, definita come una porzione di territorio caratterizzata da una omogeneità geografica e dalla rilevanza paesaggistica e ambientale delle morfologie di origine carsica, avrebbe una relazione di tipo topologico con le altre entità definite.

Conclusioni

Quanto presentato in questo articolo rappresenta, a nostro avviso, una struttura di catasto più adatto alla natura

“geografica” delle grotte: un oggetto tridimensionale con una forma ed un volume molto complesso da definire. Con questo nuovo approccio si gestiscono con maggior facilità i rapporti tra la "grotta" ed entità geografiche gerarchicamente inferiori, quali gli "ingressi" e i rapporti con entità geografiche gerarchicamente superiori, quali i "sistemi carsici". Anche l'area carsica, che rappresenta un'entità geografica un po' a sé stante, rientra nella

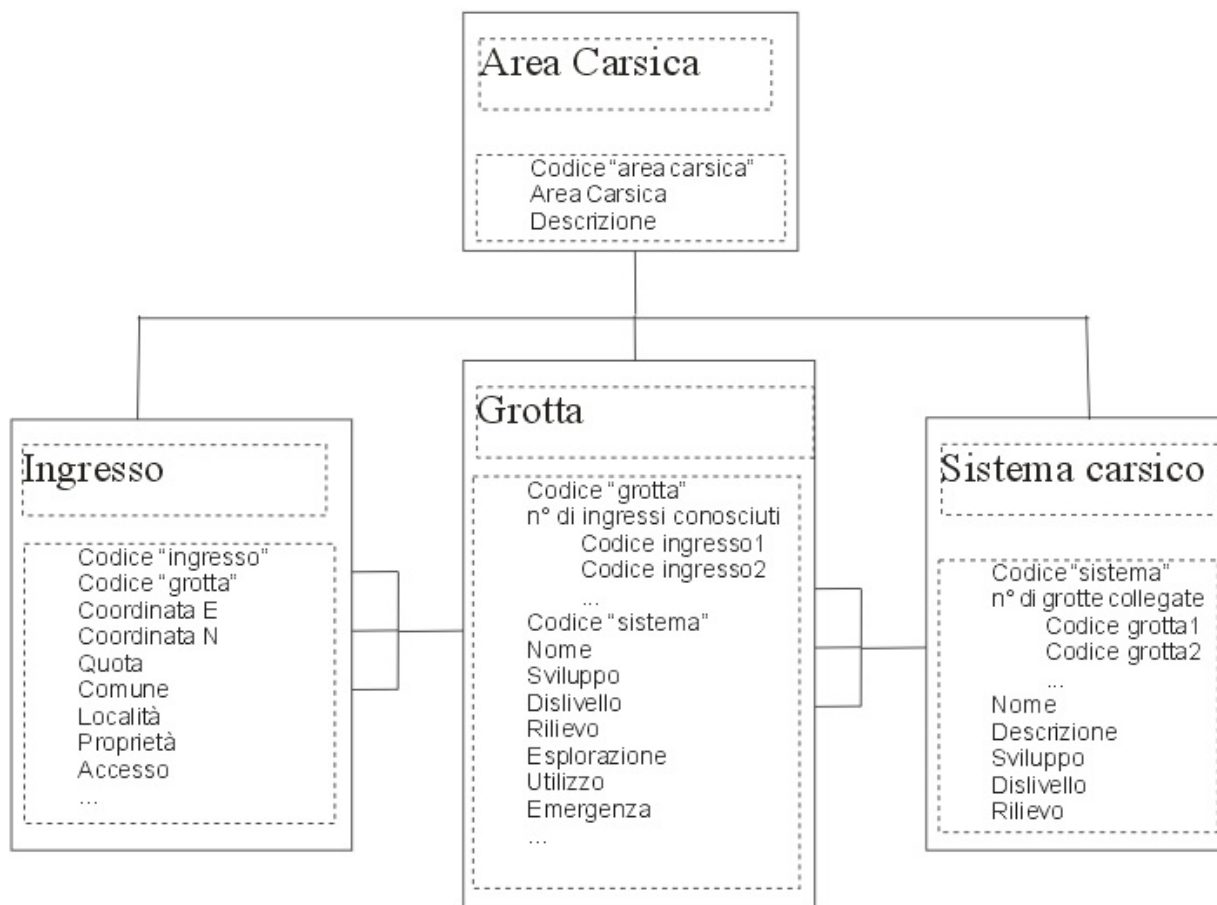


Figura 1. Schema strutturale-gerarchico di un database “cartografico” per la gestione dei catastri delle grotte.

Figure 1. Structural and hierarchical sketch of a cartographic DB for cave register management.

struttura laddove le relazioni topologiche con ingressi, grotte e sistemi carsici possono aiutare a definirla e a riconoscerla sul territorio. I nuovi strumenti informatici e la tecnologia permettono con semplicità di gestire una struttura che sembra complessa, ma che sicuramente è più idonea alla realtà delle cose. Il vero problema potrebbe risultare concettuale, cioè accettare di buon grado un tale nuovo approccio, che cambia un sistema che, per la maggior parte, funziona abbastanza bene. Sicuramente non crediamo che ciò avvenga subito, ma è importante che se ne cominci a parlare.

Bibliografia

- PICCINI L., 1999. *Geomorfologia e speleogenesi carsica*. Quaderni Didattici della Soc. Spel. Italiana, **1**, Erga Edizioni, Genova, 22 pp.
- FERRARI G., PICCINI L., 2000. *The Register of the Italian Caves*. Atti II° Symposium ProGeo, Roma 20-22 Maggio 1996, Mem Descr. Carta Geol.d' It.alia, **54**, 279-284.
- PICCINI L., 2000. *Il Catasto delle Aree Carsiche d'Italia*. Atti II° Symposium ProGeo, Roma 20-22 Maggio 1996, Mem. Descr. Carta Geol. d.It., **54**, 249-256.
- PICCINI L., 2011a. *Dove comincia una grotta?* Speleologia, **65**, 66-69.
- PICCINI L., 2011b. *Recent developments on morphometric analysis of karst caves*. Acta Carsologica, **40** (1), 43-52.

CONCETTI BASE PER LA REGISTRAZIONE GEOGRAFICA E LA RAPPRESENTAZIONE SPAZIALE DELLE GROTTA

LEONARDO PICCINI¹, DANIELA PANI²

¹ *Dipartimento di Scienze della Terra – Università degli Studi di Firenze; leonardo.piccini@unifi.it*

² *Regione Autonoma della Sardegna; dpani@regione.sardegna.it*

Riassunto

La localizzazione geografica di una grotta è definita dalle coordinate del suo ingresso. Si tratta però di una consuetudine che ha che fare con le possibilità di accesso alla grotta stessa da parte dell'uomo, ma che non rappresenta la posizione "media" della grotta nel suo reale sviluppo. Inoltre non esistono indicazioni univoche per l'esatta definizione del punto-ingresso, che in linea di principio dovrebbero corrispondere al "baricentro" del perimetro dell'entrata. Da un punto di vista geometrico, una grotta è un oggetto tridimensionale complesso che non può essere correttamente rappresentato in due dimensioni. Tuttora la rappresentazione di una grotta è affidata a proiezioni bidimensionali, come ad esempio una pianta o un profilo verticale, e il rilievo topografico avviene in conformità a principi legati a questo tipo di rappresentazione. Oggi, la tecnologia permette di rilevare e restituire un vero modello tridimensionale e pertanto le procedure di rilievo dovrebbero essere rivedute in quest'ottica. In linea di principio il rilievo di una grotta dovrebbe essere costruito unendo una serie di poliedri il cui centro geometrico corrisponde ai capisaldi di una poligonale. Maggiore è il numero di misure che partono da ogni caposaldo, migliore è la rappresentazione morfologica della grotta. Per una buona rappresentazione sarebbero necessarie almeno 8 misure laterali disposte a 45° tra loro. Un modello tridimensionale fedele e con elevata precisione può invece essere ottenuto solo associando a ogni punto-nodo della poligonale una nuvola di punti come quella prodotta da un rilievo mediante un laser scanner.

Parole Chiave: grotta, ingresso, caposaldo di rilievo, modello 3D, GIS.

Abstract

BASE CONCEPTS FOR THE GEOGRAPHICAL REGISTRATION AND SPATIAL REPRESENTATION OF CAVES - *Conventionally, the geographical location of a cave is defined by the coordinates of its entrance. This habit has to do with the access to the cave itself by man but it does not represent the average position of the cave in its real development. In addition there are still no clear indications concerning the exact definition of the point-entrance, which in principle should be the barycentre of the entrance perimeter. Furthermore, from a geometric point of view, a cave is a complex three-dimensional object: it therefore cannot be properly represented in a two-dimensional domain. Up to now, a cave topographic survey is made referring to a two dimensional projection, such as a plan or a vertical profile. Modern technology allows us to survey and map in a three-dimensional domain; the survey procedures should therefore be reviewed accordingly. In principle, the survey of a cave should be built by combining a series of polyhedral solids whose geometric centre corresponds to station points of a survey-line. The greater the number of measurements departing from each station, the better the representation of the volume of the cave. A good representation would require at least eight side-measures arranged at 45° from each other. As an alternative, a true high accuracy 3D model could be obtained by associating a point-cloud to each node of the polyline, by means of a laser scanner.*

Key Words: cave, entrance, survey point, 3D modelling, GIS.

Introduzione

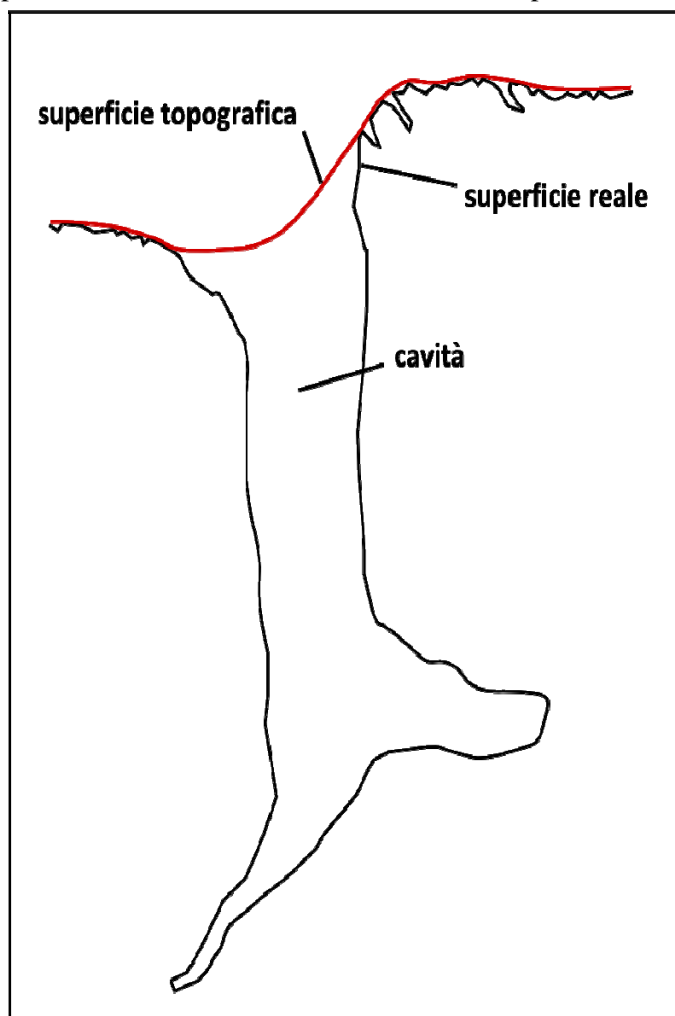
Sin dai primi approcci alle esplorazioni sotterranee si è sentita l'esigenza di tracciare una mappa, più o meno accurata, del percorso di una cavità. Per far questo, nel tempo sono stati introdotti strumenti sempre più sofisticati, ma l'approccio metodologico è rimasto sostanzialmente invariato per molti decenni (CHABERT & WATSON, 1981; BAGLIANI et al., 1992; DASHER, 1994). Lo stesso si può dire dei metodi e dei criteri usati per definire la posizione geografica di una grotta, prendendo come punto di riferimento il suo ingresso (PICCINI, 1991, 2011a).

Il recente uso di metodologie di posizionamento e rilevamento delle grotte che utilizzano sistemi di acquisizione elettronica, potenzialmente molto precisi, e di applicativi software che permettono di elaborare e rappresentare i dati in modo vettoriale e spazialmente fedele, richiedono un ripensamento delle tecniche di rilievo speleologico e del modo di gestire i dati. Di fatto una grotta è un oggetto geometricamente complesso, la cui codifica all'interno di sistemi di gestione di dati geografici (GIS) richiede la definizione di alcuni concetti base e di linee guida standardizzate sia per la definizione della sua posizione, sia per la realizzazione e la stesura di un rilievo topografico. Questa breve nota vuole essere un primo contributo di stimolo a un ripensamento delle procedure di posizionamento, rilievo, rappresentazione grafica e, conseguentemente, di catalogazione ed elaborazione dei dati metrici delle grotte.

Definizioni

Il termine "grotta" è utilizzato in campo speleologico per indicare una cavità naturale sotterranea, di dimensioni tali da accogliere interamente un uomo di dimensioni medie (PICCINI, 1999; FORD & WILLIAMS, 2007). Tale definizione, spiccatamente antropocentrica, non ha nessuna connotazione morfologica o genetica, ma solo squisitamente pratica (CURL, 1964, 1966; PICCINI, 2011b). I regolamenti degli elenchi catastali delle grotte italiane pongono un limite inferiore pari a 5 m di sviluppo (circa tre volte la dimensione media dell'essere umano) per l'inserimento nei cataloghi regionali (FERRARI & PICCINI, 2000): si tratta però di un limite del tutto arbitrario e privo di qualsiasi significato scientifico.

La prima questione che si pone nell'uso di tale definizione sta proprio nel significato di "cavità". In senso strettamente speleologico, una cavità sotterranea può essere definita come uno spazio vuoto, del tutto o in gran parte racchiuso nella roccia. Se la cavità è aperta sulla superficie terrestre, essa si manifesta dunque come una "depressione" più o meno accentuata della superficie topografica (Fig. 1).



Le cavità in comunicazione con la superficie terrestre sono a tutti gli effetti parte di questa superficie, per cui, per definire i limiti della cavità in senso strettamente geografico, dobbiamo fare riferimento non alla superficie reale che delimita esteriormente il nostro pianeta, ma alla superficie topografica, in altre parole a quella superficie fittizia e geometricamente descrivibile che involupa gli elementi fisici e solidi della superficie terrestre (escludendo quindi biosfera e idrosfera) secondo un determinato fattore di scala (modulo). Tale superficie è quella rappresentata nelle carte topografiche con l'utilizzo di curve di ugual quota (isoipse) e punti quotati. L'intersezione tra superficie topografica e volume della cavità delimita quello che consideriamo l'"ingresso" della grotta. Presa come riferimento la superficie topografica, una depressione (o introflessione) di questa superficie, può considerarsi come una cavità significativa, cioè una grotta a tutti gli effetti, quando il suo sviluppo assiale, a partire dal punto centrale della delimitazione in pianta dell'ingresso, è maggiore dell'ampiezza massima di quest'ultimo. Il limite di 5 m ha il solo scopo di escludere le tante cavità di piccole dimensioni che si aprono nelle zone carsiche e di evitare anche molti casi di dubbia interpretazione.

Figura 1. Rappresentazione schematica dei concetti di "superficie reale", "superficie topografica" e "cavità".

Figure 1. Sketch representation of the "real surface", "topographic surface" and "cavity" concepts.

Rappresentazione cartografica delle grotte

Da un punto di vista cartografico una grotta deve essere considerata come costituita da due entità ben distinte: la planimetria dell'ingresso e la planimetria della cavità nel suo complesso. La planimetria dell'ingresso è parte della superficie topografica e quindi è rappresentabile su una carta di scala appropriata; viceversa la planimetria della cavità si sviluppa sotto la superficie topografica e quindi non è correttamente rappresentabile su una carta topografica.

In senso strettamente geometrico, gli ingressi naturali sono delimitati dall'intersezione tra superficie topografica e volume della grotta. Tali limiti individuano un perimetro chiuso di dimensioni non inferiori a quelle che consentono l'accesso a un essere umano. Si tratta quindi di un oggetto di tipo areale (poligono chiuso) la cui localizzazione richiederebbe una serie di punti di coordinate note, tali da permetterne la delimitazione secondo le dimensioni del modulo di descrizione. Per la definizione di tali limiti occorre però individuare dei criteri geometricamente univoci che separino la superficie topografica (il "fuori") dalla superficie della cavità sotterranea (il "dentro"). Tali criteri sono già stati proposti in una precedente nota (PICCINI, 2011a) cui si rimanda per i dettagli.

Nella pratica, gli ingressi delle grotte sono riferiti a un solo punto, di cui sono indicate le coordinate x (longitudine), y (latitudine) e z (quota). Allo stato attuale non esistono specifiche tecniche che indichino come e dove individuare tale punto (che chiameremo *punto-ingresso*). Il grado di precisione delle coordinate dell'ingresso di una grotta è spesso non inferiore a qualche metro, e in genere compreso tra 5 e 10 m, a causa delle tecniche di posizionamento solitamente usate dagli speleologi (triangolazione con bussola di uso speleologico, interpretazione orografica su carte tecniche, utilizzo di antenne GPS di uso escursionistico). Per questa ragione, il problema dell'esatta definizione del punto-ingresso di fatto non si pone per tutti quegli ingressi, che poi sono la stragrande maggioranza, che hanno dimensioni inferiori al grado di precisione del metodo di posizionamento utilizzato. Il problema è invece fondamentale per gli ingressi di dimensioni superiori. In ogni caso, l'avvento di metodi di posizionamento sempre più precisi (EGNOS, WASS) richiede la definizione di specifiche chiare e univoche.

In cartografia gli elementi di un territorio che sono rappresentati con un simbolo di tipo puntuale (quindi in modo fittizio e non in scala) implicano l'individuazione di un "baricentro", le cui coordinate costituiscono il riferimento geografico di quell'oggetto. Nel caso dell'ingresso di una grotta, il baricentro può essere adeguatamente individuato dal centro del cerchio massimo inscritto nel perimetro dell'ingresso. Tale punto appartiene alla superficie topografica fittizia rappresentata nelle carte, ma nella realtà non è sempre fisicamente materializzabile. Per convenzione, la quota di tale punto va però riportata a quella del punto altimetricamente più basso del perimetro dell'ingresso. Questo implica l'esecuzione di un rilievo accurato della planimetria degli ingressi a partire da un punto di coordinate note, che può essere anche esterno all'ingresso. Dopo di che si traccia il cerchio massimo inscritto nel perimetro, il cui centro diventa il punto-ingresso su cui traslare le coordinate. In generale il punto-ingresso non sarà il punto di inizio della poligonale di rilievo della grotta (Fig. 2).

Rappresentazione grafica e spaziale delle grotte

Una grotta, nel suo insieme, è in genere un oggetto tridimensionale complesso di difficile descrizione e rappresentazione. Nella pratica speleologica sono utilizzate tre rappresentazioni grafiche: planimetria, sezione longitudinale e sezioni trasversali. Di queste tre rappresentazioni solo la prima ha valore cartografico, le altre sono solo artifici grafici atti a rappresentare la forma della cavità, o anche solo la "percezione" che lo speleologo ha della grotta.

Il profilo longitudinale, in particolare, rappresenta una forzatura grafica, ma assai utile per avere un'idea delle caratteristiche del percorso. Spesso la complessità dei volumi obbliga però a rappresentazioni grafiche che poco hanno a che vedere con la realtà. Diverso è il caso delle sezioni verticali proiettate, che rappresentano viste oggettive della forma della grotta, ma sono spesso di scarsa utilità pratica. Per queste ragioni è ragionevole determinare specifiche tecniche per la sola rappresentazione in pianta, mentre per le altre rappresentazioni possono essere date solo indicazioni di carattere generale.

I limiti planimetrici di una grotta dovrebbero seguire il massimo ingombro del vuoto; frequenti sono, però, i casi in cui le zone laterali di un condotto hanno una forma complessa, ad esempio nel caso in cui si proceda attraverso blocchi di frana, o non sono ben visibili. In questi casi diventa lecita una rappresentazione approssimata che dia un'idea delle caratteristiche del percorso, più che della reale geometria dei condotti.

La planimetria di una cavità, cioè la proiezione planimetrica dei limiti dei vuoti che costituiscono la grotta, non può essere parte di una rappresentazione cartografica, poiché inserisce un elemento di tridimensionalità in una rappresentazione che è per definizione bidimensionale. La planimetria di una grotta può quindi essere sovrapposta (o meglio sottoposta) graficamente a una rappresentazione cartografica ma, di fatto, non ne fa parte, poiché la restituzione cartografica tradizionale non consente la rappresentazione di due elementi che abbiano le stesse coordinate planari ma differente quota sul livello del mare.

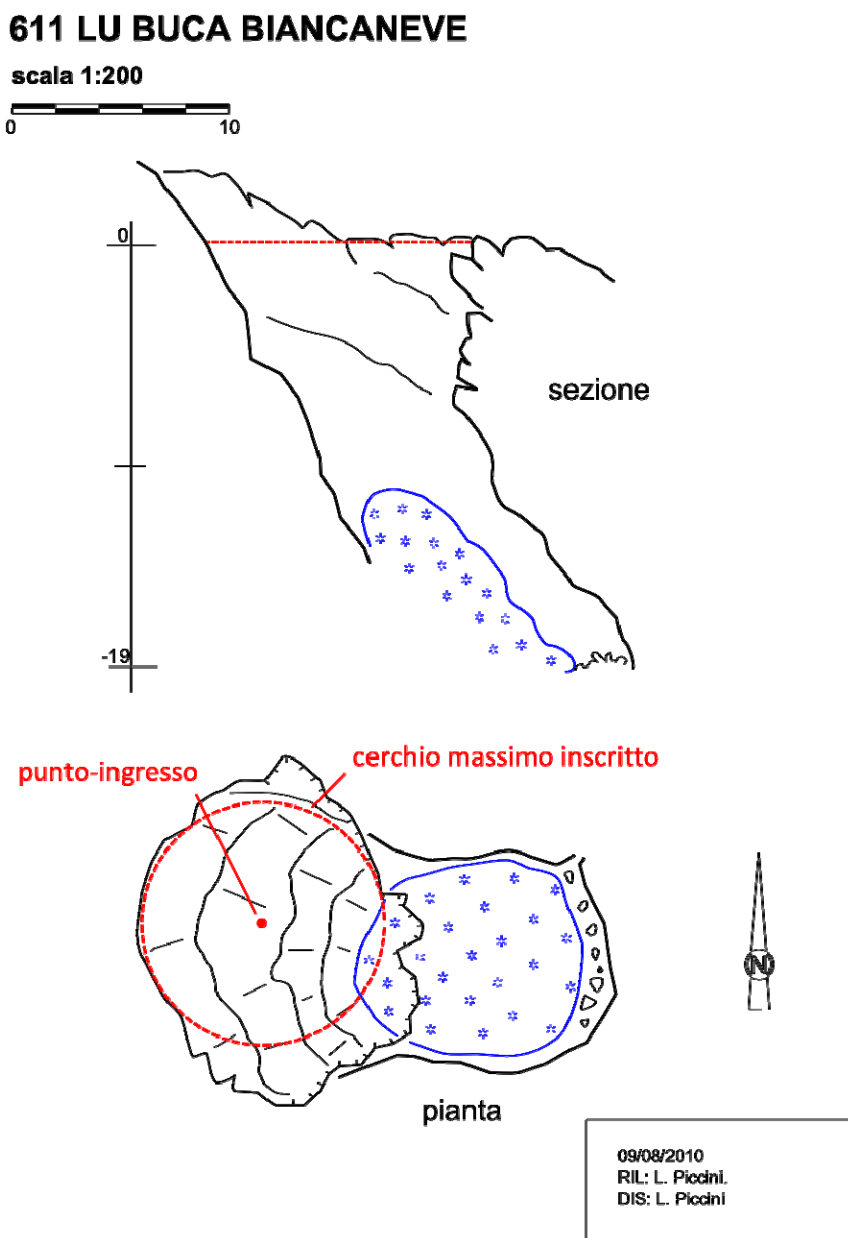


Figura 2. Esempio di individuazione del punto-ingresso di una grotta con entrata grande.

Figure 2. Example of entrance-point identification of a cave with a large entrance.

Esecuzione dei rilievi

L'esecuzione di un rilievo topografico di una grotta è un'operazione complessa che richiede l'attenersi a regole ben precise, al fine di avere rilievi omogenei e confrontabili tra loro. Rimandando ai tanti manuali dedicati alle tecniche di rilevamento, diamo qui solo alcune indicazioni di carattere concettuale.

Le operazioni di rilievo hanno origine da un punto appartenente alla superficie topografica esterna e quindi

dotato di coordinate note; questo permette di agganciare il rilievo sotterraneo alla cartografia di superficie. Tale punto di origine non è necessariamente corrispondente al punto-ingresso, definito nelle schede catastali, né è necessariamente collocato sul perimetro dell'ingresso. In genere converrà identificare in modo fisso e permanente un punto "uno" tramite l'affissione di un caposaldo individuato da una targhetta metallica. Tale punto potrebbe, per necessità, anche trovarsi fuori dal perimetro dell'ingresso ed essere agganciato al punto-ingresso tramite una o più tratte di poligonale.

Affinché la poligonale descriva in modo abbastanza fedele l'andamento e la forma di una grotta, questa dovrebbe seguire l'asse centrale dei condotti percorribili stando attenti a spaziare i punti di rilievo in modo appropriato, cioè da non "tagliare" troppo percorsi complessi o da "spezzare" troppo tratti di andamento rettilineo. In corrispondenza di diramazioni laterali dovrebbe essere individuato un caposaldo principale, da cui tirare una tratta di raccordo sino all'inizio della diramazione.

Spesso per comodità si tende ad appoggiare i punti rilievo sulle pareti laterali dei condotti, al fine di marcarne la posizione in modo stabile. Tale procedura porta, però, a una sovrastima dello sviluppo spaziale della grotta calcolato dalla somma delle lunghezze dei tiri di rilievo. In genere e soprattutto per grotte di grande sviluppo, tale sovrastima è compensata dal fatto che il percorso assiale dei condotti è di lunghezza superiore alle tratte rettilinee di rilievo.

Per dare "volume" alla poligonale bisogna associare a ogni stazione una serie di misure trasversali. Solitamente si usa misurare le distanze in orizzontale (sinistra, destra) e verticale (alto, basso), perpendicolari alla direzione di misura della tratta successiva (solitamente indicate con le iniziali delle parole inglesi: *left* = L, *right* = R, *up* = U, *down* = D). È evidente che sole quattro misure non sono in grado di rappresentare la forma del condotto e che esse possono cambiare sensibilmente spostando il punto di rilievo. In molti casi, più che misure prese acriticamente secondo linee orizzontali e verticali disposte perpendicolarmente alla direzione di mira del tiro di rilievo successivo, conviene scegliere misure rappresentative della dimensione e della forma del condotto. Per una migliore rappresentazione della forma in sezione trasversale del condotto, occorrerebbero in realtà almeno 8 misure (L, LU, U, UR, R, DR, D, DL) disposte secondo i raggi di una stella a 8 punte (Fig. 3).

Concettualmente, a ogni stazione va associata una "nuvola" di punti ottenuta con una serie di misure prese in varie direzioni. Oltre alle 8 misure prese su un piano verticale, si possono associare 8 misure prese, sempre a 45° tra loro, sul piano orizzontale e 8 prese sul piano verticale che contiene la tratta successiva, per un totale quindi di 18 misure, poiché 6 misure sono in comune tra i tre piani.

In questo modo si può associare a ogni stazione un poliedro a 18 facce. Se le stazioni sono sufficientemente vicine, l'unione di poliedri in sequenza ricostruisce la forma della grotta con buona fedeltà. Sostanzialmente è su questo principio che può essere costruito un rilievo 3D attraverso l'uso di laser scanner che, in un certo senso, mette insieme poliedri convessi costituiti da milioni di poligoni regolari che ne rappresentano le facce.

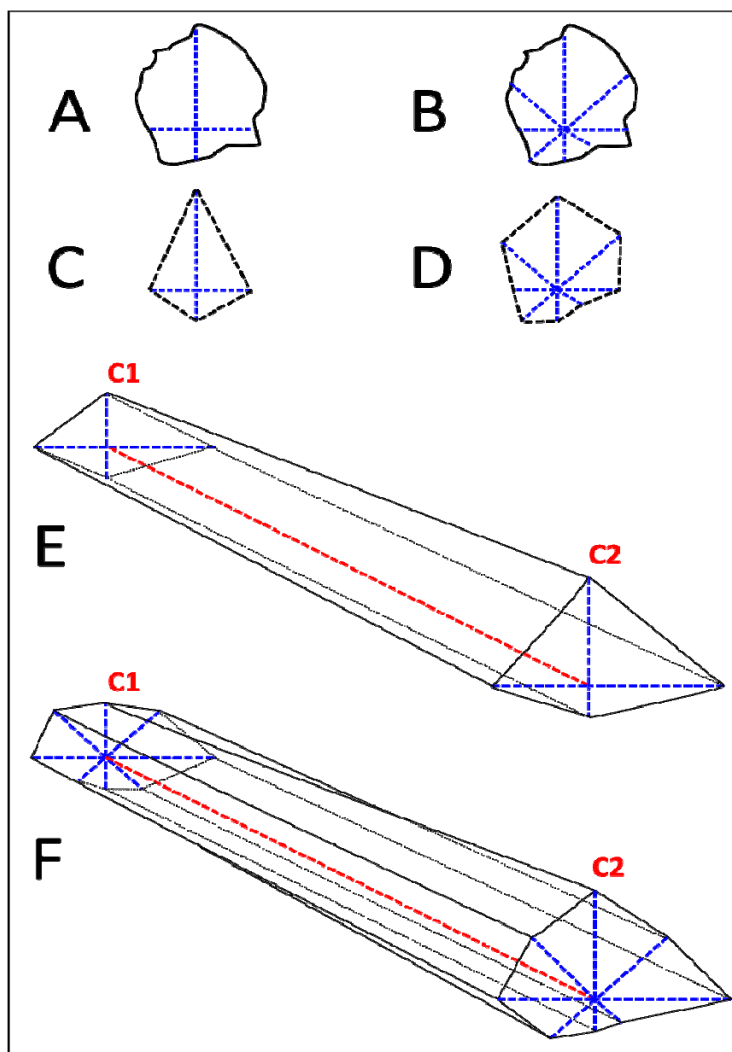


Figura 3. Confronto tra la modellizzazione di un condotto con una rappresentazione trasversale e volumetrica a 4 raggi (A, C e E) rispetto a quelle a 8 raggi (B, D e F).

Figure 3. Comparison between the modeling of a conduit with a transverse and volumetric representation through 4-rays

(A, C and E) with respect to those with 8 rays (B, D and F).

Conclusioni

L'uso di tecniche di posizionamento sempre più precise, basate sui sistemi di posizionamento satellitare (GPS, Glonass), richiede oggi la definizione di specifiche che individuino in modo univoco e secondo criteri oggettivi e geograficamente coerenti, un punto preciso degli ingressi delle grotte a cui riferire le coordinate. Un approccio geografico corretto e utile per una collocazione degli ingressi delle grotte in un sistema di gestione di dati geografici (GIS) suggerisce di definire un baricentro geometrico che può essere identificato con il centro del cerchio massimo inscritto nel perimetro dell'ingresso. Tale punto appartiene alla superficie topografica ed è individuato da coordinate spaziali.

Nonostante l'avvento di strumenti di rilievo sempre più sofisticati, come ad esempio i distanziometri laser che forniscono anche le misure di azimut e inclinazione, la possibilità di elaborare i dati con software dedicati e la possibilità di rappresentazione in tre dimensioni che i moderni sistemi informatici consentono, l'esecuzione dei rilievi è ancora basata sui concetti ormai superati legati alle consuete forme di rappresentazione bidimensionale (pianta e sezioni) delle grotte. Oggi, invece, si dovrebbe puntare a ottenere anche un modello tridimensionale, per quanto semplificato, di una grotta.

Senza entrare nei dettagli tecnici, che potranno essere oggetto di approfondimenti in lavori futuri, il concetto guida per la realizzazione di un rilievo tridimensionale di una grotta dovrebbe basarsi sull'esecuzione di una poligonale, secondo alcune rigide regole attuative, dai cui caposaldi far partire una serie di misure di lunghezza dirette in direzioni diverse che costituiscono una sorta di "nuvola" di punti che rappresentano il volume "visibile" da quel punto. Da un minimo di quattro misure disposte perpendicolarmente alle tratte del rilievo secondo le classiche direzioni di sinistra, destra, alto e basso (LRUD), si possono considerare 8 misure disposte a 45°, sempre su un piano ortogonale alle tratte del rilievo, per avere una migliore rappresentazione dei volumi o, più opportunamente, 18 misure disposte secondo le facce di un poliedro a 18 facce. L'unione di tali poliedri permette una rappresentazione sufficientemente fedele del volume della grotta. In modo concettualmente analogo, ai nodi della poligonale si possono associare nuvole di punti ottenute con tecniche di rilievo con un laser scanner, quindi rappresentate da poliedri con milioni di facce.

Bibliografia

- BAGLIANI F., COMAR M., GHERBAZ F., NUSSDORFER G. (Eds.), 1992. *Manuale di rilievo ipogeo*. Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Trieste, 232 p.
- CHABERT C., WATSON R.A., 1981. *Mapping and measuring caves. A conceptual analysis*. National Speleological Society Bulletin, **43**, 3-11.
- CURL, R.L., 1964. *On the definition of a cave*. National Speleological Society Bull., **26**, 1-6.
- CURL, R.L., 1966. *Caves as a measure of karst*. Journal of Geology, **74**, 798-830.
- DASHER G.D., 1994. *On Station. A complete handbook for surveying and mapping caves*. National Speleological Society, Huntsville, 242 p.
- FERRARI G., PICCINI L., 2000. *The Register of the Italian Caves*. Atti II° Symposium ProGeo, Roma, 20-22 maggio 1996, Mem Descr. Carta Geol. d'Italia, **54**, 279-284.
- FORD, D.C. & P. WILLIAMS, 2007. *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester.
- PICCINI L., 1991. *Indicazioni per il disegno dei rilievi e la compilazione delle nuove schede catastali*. Talp, **4**, Fed. Spel. Tosc., 11-16.
- PICCINI L., 1999. *Geomorfologia e speleogenesi carsica*. Quaderni Didattici Soc. Spel. Italiana, 1, Erga Ed., Genova, 22 pp.
- PICCINI L., 2011a. *Dove comincia una grotta?*. Speleologia, **65**, 66-69.
- PICCINI L., 2011b. *Recent developments on morphometric analysis of karst caves*. Acta Carsologica, **40** (1), 43-52.

PER UN CATASTO DELLE GROTTI DEL CHIAPAS, MESSICO

KALEB ZÁRATE-GÁLVEZ^{1,2}, MARTA LAZZARONI¹, ALICIA DÁVILA GARCÍA^{1,2},
LUIS DÁVILA GARCÍA¹, TULLIO BERNABEI^{1,2}

¹ Centro de Estudios Kársticos La Venta, Chiapas-Messico; kalebzg7@gmail.com, spi.ga@hotmail.it

² Associazione di Esplorazioni Geografiche La Venta, Treviso-Italia

Riassunto

Lo stato del Chiapas si trova nel Sud-Est del Messico, al confine con il Guatemala; ha un'estensione di oltre 73,000 km² e presenta una geologia piuttosto complessa: composta da sinclinali e anticlinali alla megascale sovrapposte le une sulle altre, con deformazioni fragili. L'erosione va a scoprire vaste aree calcaree sviluppatesi nel Cretaceo, composte da tutti gli estremi litologici possibili. A causa di un'alta variabilità climatica e altitudini diverse, unite a copiose piogge e al tipo di rocce, si sono create enormi aree carsiche con sistemi idrici molto sviluppati e complessi: è stato stimato che circa il 60% del Chiapas è carsico. In questo territorio diverse esplorazioni speleologiche sono iniziate circa 50 anni fa, in particolare estere. Tra queste, l'associazione La Venta opera in Chiapas già da numerosi anni e porta avanti un forte progetto esplorativo. Nell'ultimo decennio anche la nascita di gruppi speleo locali hanno contribuito alla conoscenza dall mondo sotterraneo. Da quando è nato, il Centro de Estudios Kársticos La Venta (CEKLAV) è emerso come un'istituzione chiave per lo sviluppo di svariati progetti atti a promuovere e realizzare attività riguardanti il carsismo, la sua conoscenza e la sua protezione. Il primo progetto del CEKLAV è finalizzato a riunire e organizzare tutti i dati esistenti e pubblicati delle grotte del Chiapas. Si tratta di un progetto ambizioso in quanto le numerose spedizioni hanno generato una grande mole di dati. Un lavoro così non è mai stato fatto in Messico. Il progetto prevede di identificare i sistemi carsici e si suddivide in più fasi. Ad oggi solo la prima fase (ricerca bibliografica delle informazioni già esistenti) è in sviluppo: è stato creato un primo database con registrate circa 700 grotte esplorate, con tutte le specifiche (georeferenziazione, sviluppo, profondità, ecc.), e il numero continua a crescere. Questo progetto è fondamentale per la conoscenza del territorio e il suo utilizzo e anche come base per progetti futuri.

Parole chiave: Grotte, catasto, carsismo, Chiapas, Messico.

Abstract

FOR A REGISTER OF THE CAVES IN CHIAPAS, MEXICO - The state of Chiapas is located in the south-east of Mexico, on the border with Guatemala; this area covers 73,000 km² and has a rather complicated geology: it is composed of synclines and anticlines overlapping each other and characterised by brittle deformation. Erosion has uncovered large areas developed in Cretaceous limestones, composed of different carbonate lithologies. Due to a high climatic variability and the different altitudes, combined with heavy rains and the type of rocks, huge and complex areas with karst water systems were created. It is estimated that about 60% of Chiapas is karst. In this area several speleological explorations began some 50 years ago, particularly by foreign cavers. Among these, the association La Venta that operates in Chiapas since many years and has developed over the years a long exploration project. In the last decade the formation of local caving groups has also contributed to the increase in knowledge on the underground world. Recently, the Centro de Estudios Kársticos La Venta (CEKLAV) has emerged as a key institution in the development of several projects to promote and implement activities related to karst, its knowledge and protection. The first project of the CEKLAV seeks to bring together and organise all existing and published data on caves from Chiapas. It is an ambitious project since many expeditions have generated a large amount of data. This kind of organisation of a wide variety of cave and karst data has never been done in Mexico. The project has as purpose to identify these karst systems and is divided in several phases. To date only the first stage (literature search of existing information) is under development. We have a first database with around 700 recorded explored caves, with all specifications (georeferencing, development, depth, etc.), and the number continues to grow. This project is critical to the knowledge of the territory and its use and also as a base for future projects.

Key words: Caves, land registry, karst, Chiapas, México.

Introduzione

Il Chiapas, regione a sud del Messico (Fig. 1), presenta un gran numero di grotte e sistemi carsici, i quali sono per la maggior parte sconosciuti.

Fin dall'età precolombiana esiste un particolare legame tra le origini delle popolazioni locali e le grotte, in quanto sono il luogo che ha ospitato numerose culture Maya e Zoque, delle quali attualmente rimangono solo le vestigia. Ancora oggi questo antico legame è molto sentito, anche se adesso la maggior parte delle informazioni sulle grotte chiapanecche vengono prodotte per la ricerca e per assicurarsi acqua potabile. Paradossalmente, c'è una forte distruzione e inquinamento per la mancanza di conoscenze al riguardo. La maggior parte delle conoscenze sul mondo sotterraneo del Chiapas provengono dall'estero: un primo lavoro è stato redatto negli anni '30, per poi suscitare interesse e aumentare nella seconda metà del XX secolo. I contributi provengono principalmente da ricercatori ed esploratori Italiani, Tedeschi, Nord Americani, Francesi, e Olandesi. Negli ultimi vent'anni abbiamo assistito ad un aumento dell'interesse nei confronti delle grotte, sia da parte del mondo scientifico, con ricerche nei vari campi (biospeleologia, geologia, idrogeologia, ecc.) sia da parte di speleologi di tutto il mondo. Con la nascita di numerosi gruppi speleologici è stato possibile aumentare il controllo sul territorio e la conoscenza sulle principali aree carsiche del Chiapas. Al momento esistono due associazioni importanti che portano avanti l'esplorazione e la conoscenza sotterranea di questo paese: l'Associazione La Venta Esplorazioni Geografiche (BADINO et al., 1999), e il Grupo Espeleológico Jaguar A. C. La prima, fin dalla sua nascita ha sviluppato progetti in questo territorio, scoprendo molte grotte nella Selva El Ocote ed un vastissimo sistema sotterraneo nell'area del Río La Venta. Il secondo è un gruppo locale che collabora con La Venta, dando vita a diverse ricerche speleologiche, soprattutto nell'area di San Fernando, Las Rosas, Selva Lacandona e altre zone dello stato.

Il Centro de Estudios Kársticos La Venta (CEKLAV) è una associazione civile senza scopo di lucro che attraverso i suoi progetti cerca di riunire e aumentare la conoscenza delle aree carsiche del Chiapas, con particolare interesse alle grotte (<http://www.ceklav.org/>). Il principale obiettivo sarebbe diventare un punto di riferimento per la gestione e il coordinamento per unire progetti e idee con altri gruppi di ricerca e speleologici. A due anni dalla nascita, il CEKLAV persegue ancora l'ambizioso progetto di riunire e ordinare tutte le informazioni generate fino ad oggi. Questo è un lavoro molto grande e complicato, a tal punto che può riuscire solo con un progetto internazionale. Un lavoro di questa portata non è mai stato fatto in Messico, soltanto l'Association for Mexican Caves Studies (AMCS) con sede in Texas (USA) produce un lavoro simile per tutto il paese. In questo contributo discuteremo i progressi che stiamo facendo in questo progetto.

Inquadramento



Figura 1. Posizione geografica dello stato di Chiapas.

Figure 1. Geographic location of Chiapas State.

Inquadramento geografico

Lo stato del Chiapas si trova all'estremo SE della Repubblica Messicana (Fig. 1), tra le coordinate geografiche 14° 32' e 17° 57' di latitudine Nord e 90° 22' e 94° 15' di longitudine Ovest. Confina a N con lo stato di Tabasco, a S con l'Oceano Pacifico, ad E con la Repubblica del Guatemala e a W con gli stati di Oaxaca e Veracruz. Si tratta dell'ottavo stato in quanto a estensione della Repubblica Messicana.

Inquadramento geologico

Il Chiapas è un territorio piuttosto complesso: è sotto l'influenza della zona di subduzione del margine pacifico dell'America Centrale, della faglia di Quintana Roo e della zona della faglia Polochic-Motagua, tra Chiapas e Guatemala che intersecano trasversalmente il continente (MÜLLERRIED, 1982; DE LA ROSA et al., 1989; SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO, 2014). L'edificio montuoso del paese è legato alla collisione tra la placca di Cocos, Nord America e Caraibi, ciò ha provocato il ripiegamento di tutta la serie sedimentaria. Una testimonianza dell'importante snodo dell'attività tettonica di questa zona è la forte sismicità e, anche se rari, i vulcani che sono stati importanti in altre epoche: il Chichón e Tacaná. La zona centrale che rappresenta la piattaforma continentale, è costituita da grandi spessori di rocce sedimentarie ripiegate da sinclinali e anticlinali

di dimensioni regionali con età che vanno dal tardo Carbonifero (Pennsylvaniano) al Neogene. Le pieghe sono sviluppate prevalentemente a sud, a contatto con la catena montuosa conosciuta come il massiccio del Chiapas, dove si presentano più elevate topograficamente. Questa grande corrugazione diminuisce l'altezza topografica con un trend da S a N, nonostante la struttura ripiegata continui, scomparendo al di sotto della pianura costiera a nord est di Tabasco. Le pieghe anticlinali presentano assi rivolti a NE e sono costituite da calcari del Cretacico.

Metodi

La ricerca delle informazioni

La scarsa letteratura presente sui sistemi carsici e le grotte del Chiapas risale agli anni '50 e '60 dello scorso secolo ed è principalmente il risultato di spedizioni speleologiche estere. Al momento queste pubblicazioni sono sparse in biblioteche specializzate in tutto il mondo e in biblioteche private. In Chiapas non si trova quasi mai letteratura al riguardo, se non qualche caso di lavori ad hoc prodotti per lo sfruttamento idrologico. Tra le riviste speleologiche che si occupano maggiormente di Messico vi sono: AMCS Activities Newsletter, Mundos Subterráneos, Speleologia, il Notiziario del Circolo Speleologico Romano, Spelunca, le raccolte dell'Accademia dei Lincei, Canadian Caver. Ma oltre alle riviste specializzate esistono numerose pubblicazioni in cui le grotte non sono il fulcro dell'argomento, ma trattano di altri aspetti come riviste di biospeleologia, archeologia, turismo d'avventura ed eco-turismo. Per accedere a tutte le informazioni è stato necessario lavorare in parallelo in Italia e in Messico: inizialmente sono state prese le poche pubblicazioni a nostra disposizione e tramite la bibliografia ampliato il numero. Alcune sono a disposizione sul sito della AMCS <http://www.mexicancaves.org/>, altre su quelle del *Grupo Espeleológico Jaguar A.C.* <http://www.grupojaguar.org/>. In Messico le biblioteche maggiormente rifornite e consultate sono state quelle della biblioteca della *Unión Mexicana de Agrupaciones Espeleológicas* (UMAE) e della *Asociación de Escursionismo y Montañismo del Instituto Politécnico Nacional* (IPN). In Italia, la ricerca si è focalizzata principalmente nell'archivio dell'associazione La Venta, a Treviso, da cui proviene la maggior parte del database, e nel Centro Italiano di Documentazione Speleologica della Società Speleologica Italiana (CIDS) a Bologna che raccoglie tutte le pubblicazioni nazionali ed internazionali. Oltre a queste grandi risorse, molti speleologi di tutto il mondo hanno contribuito con informazioni e pubblicazioni in loro possesso. La fase di ricerca delle fonti ha avuto luogo principalmente durante tutto il 2013 e nella prima metà del 2014. Questa fase difficilmente si potrà dire "terminata", perchè un lavoro di questa portata è in continua evoluzione e gli aggiornamenti sono giornalieri.

Costruzione del patrimonio bibliografico e database

Tutte le informazioni riunite sono in mano al CEKLAV, in processo di digitalizzazione. Gli articoli in formato cartaceo vengono reperiti, scannerizzati e successivamente trasformati in formato PDF (Portable Document Format). Le riviste disponibili fisicamente al CEKLAV sono poche rispetto ai file scannerizzati ma comprendono: AMCS Activities Newsletter, Mundos Subterráneos, Kur e libri dell'Associazione La Venta. Nonostante questa sia una piccola biblioteca, è la più fornita del Chiapas. Gran parte dei dati contenuti e trovati in letteratura è stata utilizzata per costruire un database unico e generale delle grotte del Chiapas. Costruita in Microsoft Excel 2010, presenta una serie di 18 fogli interconnessi, il foglio principale si chiama "Cuevas" contiene un totale di 24 campi (colonne) dove si ha la maggior parte delle informazioni e che si collega con gli altri fogli.

Questi fogli-database su Excel serviranno come base per costruire un catasto digitale interattivo. Trovare le informazioni sarà semplice grazie al collegamento con altri archivi dati, rilievi, foto, mentre articoli in pdf renderanno il database anche il più completo possibile. I file dovranno essere uniformi dal punto di vista del formato, per poi essere convertiti in file GIS (Sistemi d' Informazione Geografica), ma questa parte del progetto ancora non è iniziata.

Risultati e problemi riscontrati

Ad oggi possiamo dire di avere un database con circa 700 grotte, che equivale a oltre 200 km di gallerie rilevate. Queste informazioni derivano da centinaia di articoli esaminati. Nonostante il numero di grotte che abbiamo registrate, i sistemi carsici conosciuti sono circa 10 (questo perchè le grotte sono interconnesse tra loro). Il più vasto è il Sistema Soconusco-Aire Fresco, con circa 30 km di sviluppo e poco più di 600 m di profondità. Altri sistemi importanti sono El Chorreadero, Cueva del Río La Venta e Grutas de Rancho Nuevo. Nel database abbiamo 554 rilievi in formato PDF, e poco altro stampato. Non tutte le grotte hanno i rilievi, oppure sono molto vecchi e non aggiornati. Durante la costruzione del database abbiamo riscontrato alcuni problemi con i dati come: eterogeneità nei formati, doppie informazioni, mancanza di precisione sull'ubicazione, falsità del

dato. Dal momento che l'origine dei dati è piuttosto vecchia, la maggior parte risalente agli anni '80, non potevamo sperare nell'uniformità e completezza, il più delle volte c'è solo il nome della grotta. Questo è dovuto al fatto che i primi esploratori non avevano la tecnologia che possediamo al giorno d'oggi (bussola vs laser, mappe topografiche vs GPS, ecc).

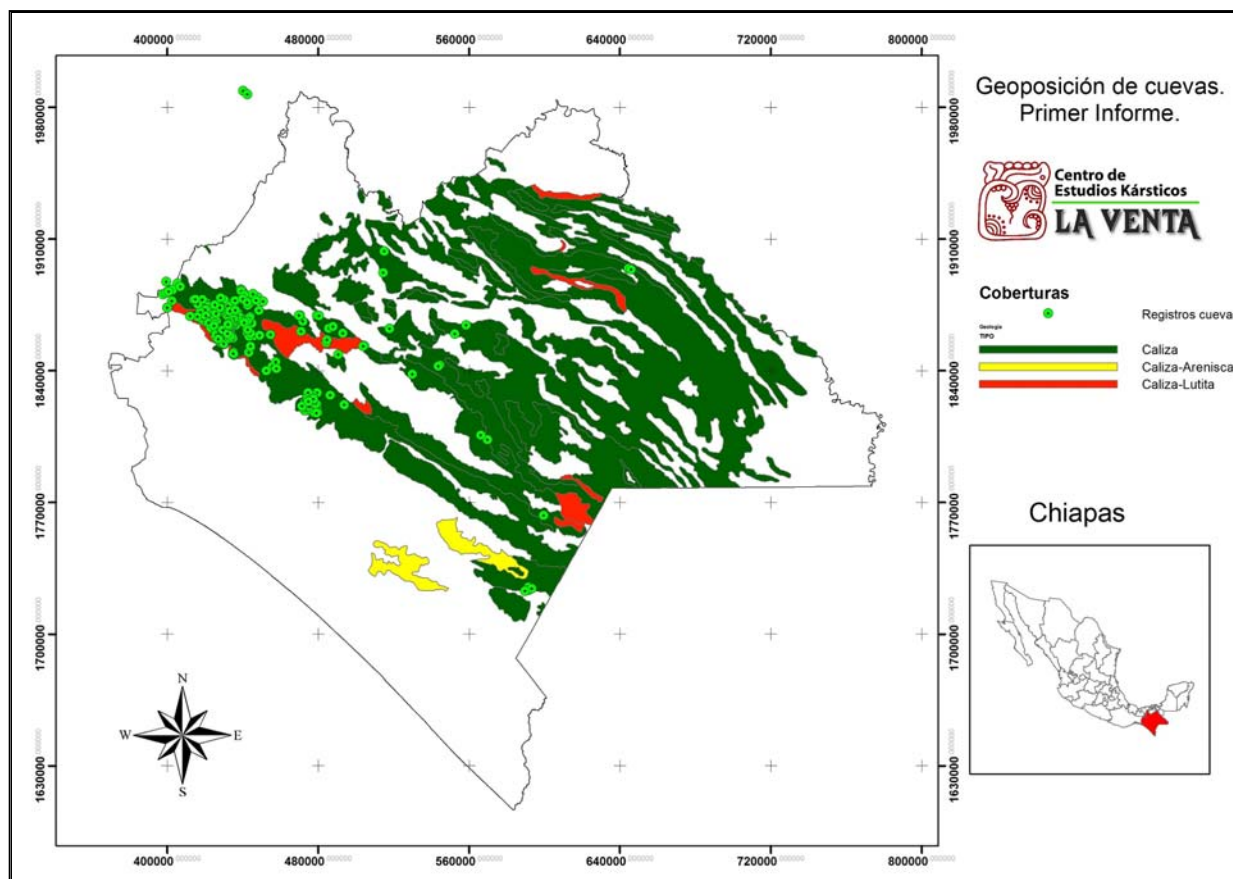


Figura 2. Posizione della maggior parte delle grotte esplorate in Chiapas.

Figure 2. Location of most of the caves explored in Chiapas.

La duplicazione dei dati è dovuta alla scarsa condivisione e alla mancanza di possibilità d'accesso, in questi casi però si ha complementarità dei dati. Per quanto riguarda l'ubicazione di una grotta, due terzi di quelle presenti nel database hanno coordinate geografiche con DATUM differenti o coordinate non verificate (Fig. 2), i punti fuori dello stato hanno coordinate inaffidabili. Quello della localizzazione è un aspetto da potenziare in progetti futuri.

Publicazione e disponibilità

Il tema della condivisione dei dati è da sempre un tema "spinoso" nel mondo speleologico, e in Messico ancora di più. Il problema più grande è il timore che i dati vengano utilizzati in maniera impropria, ad esempio che una grotta possa venire utilizzata come discarica o che venga danneggiata (saccheggiata se vi sono reperti o rotte le concrezioni). Nonostante questo crediamo che la pubblicazione e la divulgazione siano un buon metodo per far conoscere e proteggere questi luoghi. Le informazioni di questo progetto al momento non sono pubbliche, ma verranno utilizzate per progetti futuri del CEKLAV. Si deve comunque specificare che le informazioni saranno disponibili per ricercatori e speleologi che ne faranno richiesta con un progetto formale.

Conclusioni

Non possiamo dire di avere tutte le informazioni disponibili, sicuramente esiste ancora della bibliografia che non è stata reperita, a cui non abbiamo accesso, o che è andata persa. La ricerca costante è un nostro grande obiettivo e la costruzione del catasto deve essere un processo continuo nel tempo e partecipato. Per avere un'idea del lavoro mancante basti pensare che mancano ancora tante grotte esplorate dai gruppi speleologici locali. Questo lavoro sarà ancora lungo, come l'esplorazione delle grotte in Chiapas.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano ARGELIA TIBURCIO SÁNCHEZ, VICTOR HUGO FLORES ARMILLA, RAÚL GARCÍA BARRIOS per tutto l'aiuto dato nella costruzione del catasto e per la loro partecipazione nel progetto. Un grande ringraziamento a MICHELE SIVELLI (CIDS), BILL MIXON (AMCS), PETER SPROUSE e tutti gli altri speleologi che hanno inviato la bibliografia. Inoltre si ringrazia la Protezione Civile dello Stato di Chiapas.

Bibliografia

BADINO G., BELOTTI A., BERNABEI T., DE VIVO A., DOMENICI D., GIULIVO I. 1999. *Rio la Venta, Tesoro del Chiapas*. La Venta Associazione culturale Esplorazioni Geografiche, Consejo estatal para la Cultura y las Artes de Chiapas, Tipolitografia Turra.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN GEOGRAFÍA Y GEOMÁTICA "ING. JORGE L. TAMAYO", A.C. 2014. WWW.CENTROGEO.ORG.MX

DE LA ROSA Z. J.L., EBOLI A.M., DÁVILA M.S. 1989. *Geología del estado de Chiapas*. Subdirección de Construcción, Unidad de Estudios de Ingeniería Civil, Subjefatura de Estudios Geológicos, Departamento de Geología, Superintendencia de Estudios Zona Sureste.

MÜLLERRIED F.K.G., 1982. *Geología de Chiapas*. 2ª ed., Gobierno Constitucional del Estado de Chiapas.

SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO, 2014. WWW.SGM.GOB.MX

DALLE GROTTA AI GEOPORTALI E AI DATI APERTI: ESPERIENZE IN EMILIA-ROMAGNA

STEFANO OLIVUCCI¹, ALBERTO MARTINI², WILLIAM FORMELLA³,
GIOVANNI BELVEDERI⁴, SIRIA PANICHI⁵

¹ Regione Emilia-Romagna - Servizio Statistica e Informazione Geografica, GS Faentino,
SOLivucci@regione.emilia-romagna.it

³ Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, AlMartini@regione.emilia-romagna.it

² Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia-Romagna, GSPGC, formella@libero.it

¹ Regione Emilia-Romagna - Servizio Statistica e Informazione Geografica, GSB-USB,
GBelvederi@regione.emilia-romagna.it

⁵ Consulente Regione Emilia-Romagna. Società Speleologica Italiana, compietra@gmail.com

Riassunto

Le informazioni presenti nei catasti delle cavità naturali costituiscono un aspetto rilevante del quadro di conoscenza territoriale utile nei diversi contesti in cui operano Enti pubblici e università ma anche professionisti, studenti e cittadini oltre che, naturalmente gli speleologi. I dati relativi alle grotte sono quindi parte integrante delle Infrastrutture di dati territoriali e delle relative basi dati geo-topografiche che le Regioni o altri Enti gestiscono e rendono fruibili tramite diversi canali, come geoportali e servizi web, ed accessibili agli utenti in modo aperto e secondo licenze che ne consentono un riutilizzo altrettanto aperto. Nello scenario illustrato che vede quindi una piena condivisione dei dati del catasto delle grotte, il ruolo delle associazioni speleologiche e delle commissioni catasto diventano particolarmente importante. Sono indispensabili accordi di cooperazione, regole di gestione e di qualità, la condivisione dei modelli dati così come degli obiettivi finali. In Emilia Romagna, la cooperazione tra Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia-Romagna e la Regione ha portato alla realizzazione di una base geografica delle grotte come componente dell'infrastruttura geografica regionale ufficiale, resa disponibile agli utenti regionali e pubblicata in diverse modalità come siti Web, geoportale regionale e servizi telematici con licenze Creative Commons CC BY 2.5 per una piena adesione alle linee guida Open Data.

Parole chiave: catasto delle cavità naturali, infrastruttura dati territoriali, Emilia-Romagna, WebGIS, Open Data

Abstract

FROM CAVES TO GEOPORTALS AND OPEN DATA: EXPERIENCES IN EMILIA-ROMAGNA - The information contained in the cave register are an important aspect of the framework of territorial knowledge useful in different contexts in which they operate public bodies and universities, but also professionals, students and citizens and of course cavers. The data about caves are therefore an integral part of the spatial data infrastructure and related geo-topographic databases that Regional Administrations or other entities manage and make accessible to users through various channels, such as geoportals and web services, as Open Data with licenses that allow reuse. In the illustrated scenario there is a full sharing of the data in the cave register, and the role of caving associations and cave cadastre committees becomes very important. Cooperation agreements, rules of management and quality, the sharing of data models as well as the ultimate goals become very important. In Emilia Romagna, cooperation between Regional Speleological Federation and Emilia-Romagna Regional Administration led to the creation of a geographical base of the caves as part of the regional SDI, made available to regional users and other people in different modes such as Web sites, a general and thematic geoportal, OGC Map Services deliver with a Creative Commons license CC BY 2.5 compliant with the OpenData guidelines.

Key words: caves cadastre, spatial data infrastructure, Emilia-Romagna, WebGIS, Open Data

Introduzione

I dati geografici e topografici che rappresentano il territorio, costituiscono un aspetto indispensabile della

conoscenza a supporto dell'analisi, la gestione e la pianificazione territoriale. Grazie alla diffusione dei sistemi informativi geografici e delle tecnologie web, i dati geografici hanno ampliato il campo di utilizzo e sono ormai una informazione di valore indispensabile non solo nella pubblica amministrazione e nel mondo scientifico ma anche nelle attività di professionisti e imprese che operano sul territorio così come per i cittadini.

La Regione Emilia-Romagna da tempo gestisce il proprio patrimonio di dati territoriali in forma di sistema informativo geografico ed ha adottato tecnologie e modalità di gestione e fruizione dei dati che ne consentono un utilizzo secondo le linee guida per i dati aperti. Tramite i portali e i servizi web geografici, gli utilizzatori, Enti, professionisti o cittadini, possono accedere a dati, prodotti e servizi cartografici a costi ridotti o nulli ed utilizzarli nelle proprie attività. In un simile contesto diventano particolarmente rilevanti gli aspetti relativi alla qualità del dato, al grado di certificazione e alla genealogia che devono essere documentate e trasmesse tramite opportuna metainformazione.

Le informazioni relative alle Cavità naturali sono parte integrante dei dati territoriali di interesse generale e devono essere gestiti e resi disponibili in modo integrato ed omogeneo con altre informazioni geografiche.

La Federazione Speleologia Regionale dell'Emilia-Romagna (FSRER, 2014), ed in particolare la sua commissione catasto, collabora con la Regione Emilia-Romagna fin dagli anni '70 e dalla formazione della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5000 dove le grotte sono rappresentate come forme del terreno.

Negli anni, ed in particolare dal 2006, la collaborazione è stata sempre più sinergica fino ad intraprendere un percorso comune che permette di rendere il catasto delle grotte parte integrante dell'infrastruttura regionale di dati geografici rendendolo disponibile agli utilizzatori secondo gli standard di settore e modalità che la Regione si è data per la fruizione dei dati geografici.

Scenario complessivo

Quello che si sta realizzando è uno scenario nel quale le informazioni sulle cavità naturali seguono un flusso che parte dal rilievo sul territorio, ossia delle singole grotte effettuato da parte dei gruppi speleologici, per poi essere resa disponibile ai diversi utilizzatori attraverso un sistema di componenti, servizi, standard e regole di interscambio composto da FSRER e dei Servizi della Regione Emilia-Romagna (Fig. 1).

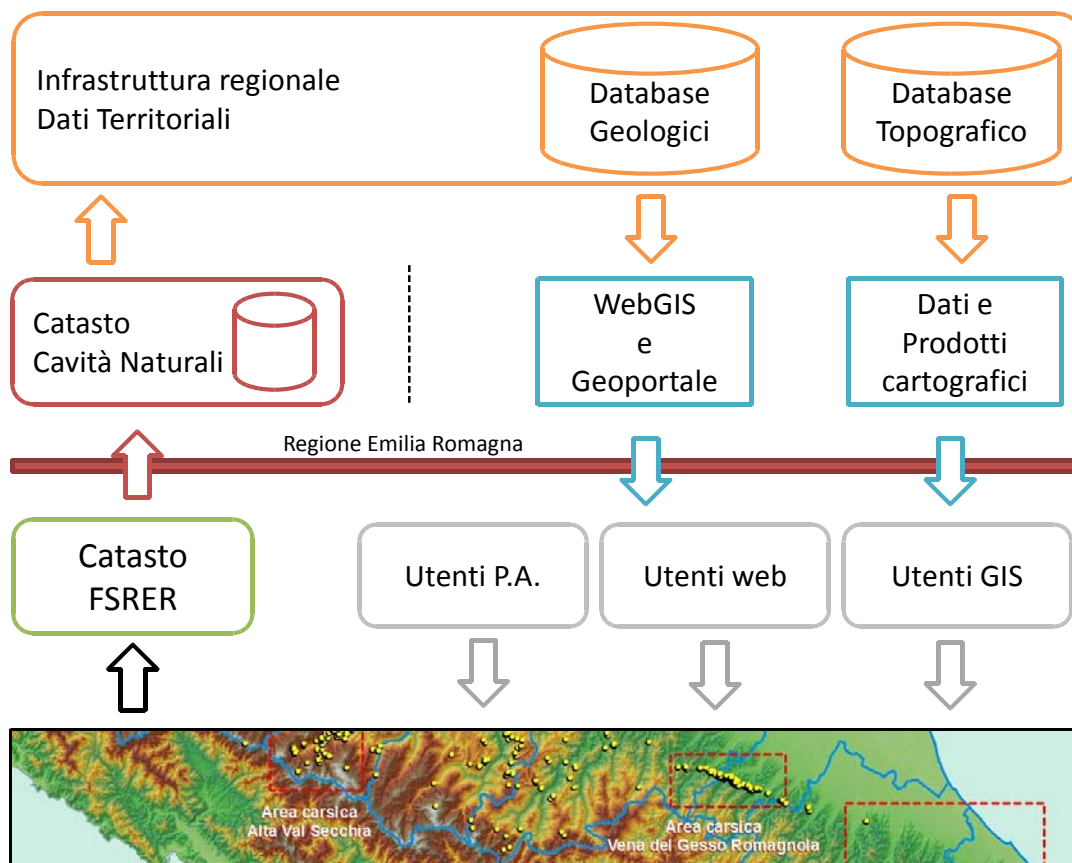


Figura 1. Schema complessivo del percorso dei dati relativi alle Cavità Naturali.

Figure 1. General scheme of the data flow of the natural cave register data.

Di seguito vengono illustrate in modo sintetico le componenti dello scenario illustrato, sottolineando i punti salienti.

La Legge Regionale N. 9 del 10 luglio 2006

La L.R. "Norme per la conservazione e valorizzazione della geodiversità dell'Emilia-Romagna e delle attività ad essa collegate" (REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 2006), istituisce il Catasto delle grotte, delle cavità artificiali e delle aree carsiche; riconosce la FSRER come referente per le attività speleologiche in Emilia-Romagna e ad essa demanda la conservazione e l'aggiornamento; definisce gli oggetti del catasto e gli altri contenuti, tra i quali i dati topografici e lo schema della circolazione idrica sotterranea. Il catasto deve essere approvato dalla Giunta Regionale ed è inserito nei quadri conoscitivi degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica. Il Servizio Geologico Sismico e dei Suoli è nominato come la struttura competente sulla tematica, ed è definita una consulta tecnico-scientifica come organo consultivo, di studio, valutazione e verifica.

La L.R. 9/2009 descritta sopra è alla base dello scenario sopra illustrato, perché ufficializza, per il Catasto speleologico, la FSRER come soggetto preposto alla gestione del dato catastale.

La Commissione catasto regionale della FSRER, costituita dai referenti dei gruppi speleologici, coordina e regola le attività, in stretta relazione con la Regione Emilia-Romagna, oltre che con il livello nazionale (G.d.L. WISH, 2013).

A sua volta sono coinvolti tutti gli speleologici federati per una capillare attività sul territorio ed al tempo stesso viene considerato la fonte primaria per il catasto delle Cavità naturali approvato ed inserito nelle basi di conoscenza del territorio.

Il Gestionale speleologico dell'Emilia-Romagna

La Federazione Speleologica si è dotata di un portale web sviluppato per la gestione del catasto speleologico regionale in modo totalmente condiviso con i Gruppi Speleologici (FSREER, 2014). Disporre di uno strumento unico, informatizzato, che opera su una unica base dati e tramite il quale redigere le schede catastali è un presupposto importante per poter garantire un costante miglioramento dei dati. L'ambiente di gestione, consente di verificare e correggere anche il posizionamento degli ingressi rispetto le basi cartografiche regionali, ed in particolare la CTR alla grande scala, utilizzando i servizi cartografici Web Map Server pubblicati. Il Sistema consente quindi il controllo del modello informatico dei dati (controlli interni), ed è un supporto efficace per il miglioramento generale della base dati catastale, operato dai referenti catastali, secondo gli standard ISO/TC211 19113- (ISO/TC211, 2002) e 19114 (ISO/TC211, 2003), ovvero: accuratezza posizionale, ad esempio maggior accuratezza delle coordinate dell'ingresso; completezza dei dati, coordinando il lavoro distribuito tra i gruppi speleologici; accuratezza tematica, ovvero controllando e correggendo i dati presenti nel catasto; aggiornamento temporale, ovvero registrare nuove cavità o variazioni dei dati nel tempo.

Il Catasto Regionale delle Cavità Naturali

Dal Gestionale speleologico i dati del Catasto Speleologico vengono forniti al Servizio Geologico della Regione Emilia Romagna per la costruzione e l'aggiornamento della versione regionale del catasto speleologico, validata ed approvata in modo tale che risulti congruente con le altre basi di conoscenza territoriale.

Il catasto regionale, denominato Catasto delle cavità naturali dell'Emilia-Romagna è realizzato e gestito in ambiente GIS, in modo che tutte le informazioni contenute siano riferibili al territorio e correlabili con altre cartografie, come ad esempio i dati topografici e le cartografie geologiche. In particolare, dal catasto regionale sono resi disponibili agli utenti, quali dati geografici immediatamente fruibili, i layer relativi agli ingressi delle grotte, "Cavità naturali -puntuali " in formato puntuale, e agli sviluppi in pianta delle cavità, "Cavità naturali -lineari " in formato lineare.

Questi due layers sono catalogati come dataset tematici nell'infrastruttura dati geografici della Regione Emilia-Romagna, compilando i metadati previsti secondo gli standard ISO/TC211 19115 (ISO/TC211, 2014) e 19139 (ISO/TC211, 2007) e congruenti con il Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali e la direttiva della Commissione Europea denominata INSPIRE (EUROPEAN COMMISSION, 2007).

Il WebGIS del Catasto delle Cavità naturali dell'Emilia-Romagna

Tutti i dati relativi al Catasto della Cavità naturali può essere consultato su uno specifico applicativo web geografico che permette di rappresentare gli ingressi delle cavità sulla cartografia del territorio, di identificare

un ingresso e consultare le schede catastali compreso anche il rilievo topografico.

Il WebGIS del Catasto delle Cavità Naturali dell'Emilia-Romagna (REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 2012), accessibile all'indirizzo https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=grotte, è quindi il principale punto di pubblicazione del catasto regionale e consente nella visualizzazione la correlazione con altre basi dati di tipo geologico-ambientale. Dal WebGIS sono consultabili anche le schede Metadati (Fig. 2).

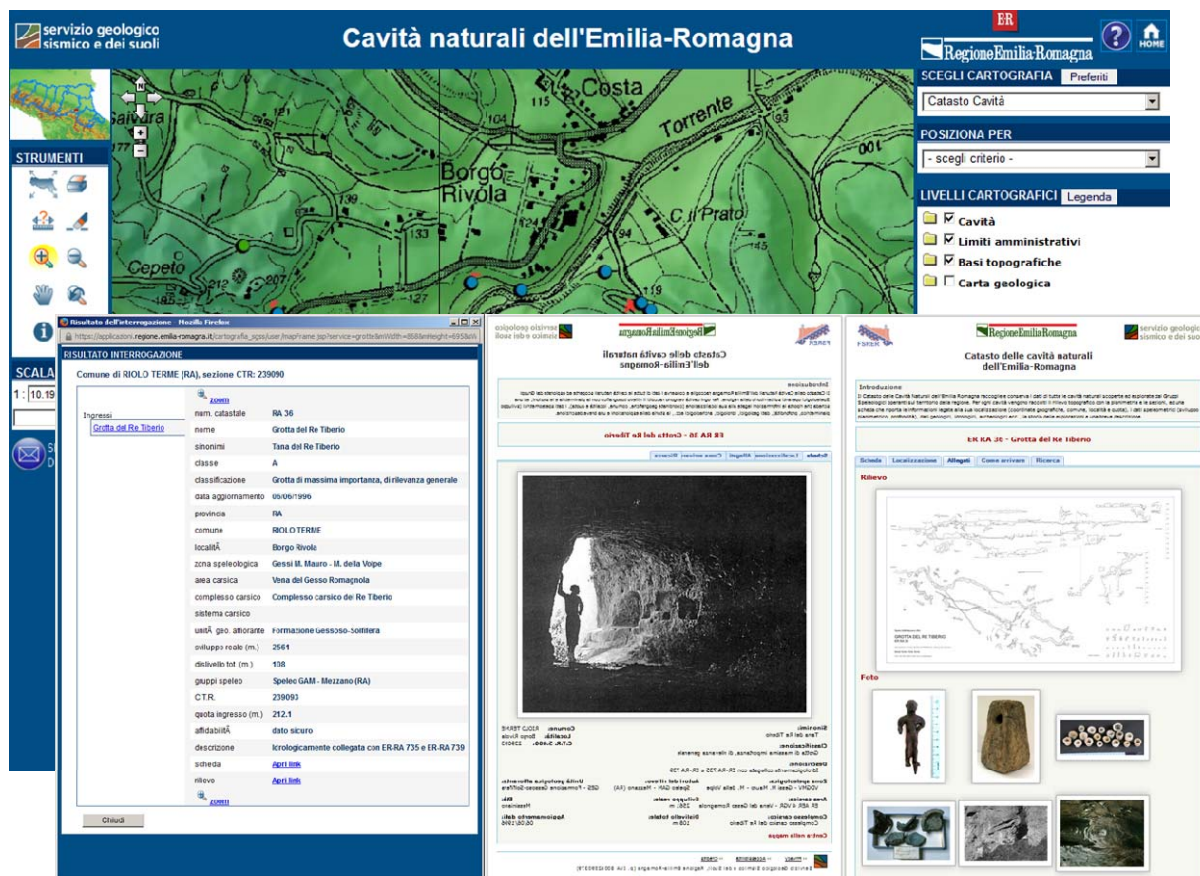


Figura 2. Il WebGIS della Cavità Naturali dell'Emilia-Romagna e le schede di consultazione.

Figure 2. WebGIS of the natural caves in Emilia-Romagna region, and the data sheets.

Il Database Topografico Regionale

La Regione Emilia-Romagna ha realizzato il primo impianto della Carta Tecnica Regionale 1:5000 (CTR5K) nella seconda metà degli anni '70. Il capitolato tecnico prevedeva già la rappresentazione degli ingressi delle grotte come forme del terreno con accuratezze minime definite e con una simbologia che ne indica la tipologia orizzontale o verticale. La definizione delle specifiche e la realizzazione della CTR5K avvenne già allora sulla base di una stretta collaborazione tra Regione e FSRER e a partire dai contenuti del catasto speleologico, gestito da speleologi che operano sul territorio e sono esperti dello specifico tema (Esperti di dominio).

Attualmente la rappresentazione del territorio alle grandi scale si è evoluta nel Database Topografico Regionale (REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 2011) che contiene gli elementi d'interesse generale gestiti come oggetti identificabili e descritti anche attraverso una serie di attributi e di relazioni. Gli obiettivi sono quelli della massima flessibilità di aggiornamento, qualificazione delle fonti e della fruizione articolata secondo prodotti cartografici, tecnologie e tipologie di utenti. Tra i prodotti viene derivata una rappresentazione cartografica dei contenuti assimilabile alla CTR5K che viene così ad essere generata in modo totalmente automatizzato ad ogni aggiornamento (DBTR_CTR5K).

Così come la CTR5K, anche le specifiche di contenuto del DBTR prevedono gli ingressi delle grotte come forme del terreno ed è alimentato dal Dataset "Cavità naturali -puntuali" del catasto regionale. Attualmente è in

corso la progettazione di procedure che possano riportare opportunamente gli aggiornamenti nel DBTR in modo da mantenere la massima coerenza e sinergia nel tempo tra catasto speleologico e cartografia tecnica regionale.

Il Geoportale regionale

La Regione Emilia-Romagna si è dotata di un portale web dedicato all'informazione geografica e alla esposizione di funzionalità e servizi geografici (<http://geoportale.regione.emilia-romagna.it>) (Fig. 3). Il Geoportale consente la ricerca e la consultazione del catalogo dei dataset geografici regionali, ne consente la visualizzazione tramite funzionalità di mappa ed espone i servizi di accesso secondo i protocolli web per i dati geografici. Le funzionalità del geoportale regionali sono allineate alle linee guida e agli standard tecnici previsti dalla direttiva INSPIRE (EUROPEAN COMMISSION, 2007) e dall'Open Geospatial Consortium (OGC, 2014).

Le Cavità naturali – puntuali sono catalogate nel geoportale nella categoria tematica “Informazioni geoscientifiche” secondo le linee guida di INSPIRE.

Consultazione. Le funzioni di catalogo e di ricerca, consentono di consultare la scheda descrittiva del Dataset “Cavità naturali-puntuali ed accedere ai relativi metadati, sotto il percorso “Catalogo / Catalogo Dati Cartografici / Informazioni geoscientifiche / Patrimonio geologico”.

Visualizzazione. Le funzionalità di mappa consentono di visualizzare una mappa “aperta” contenente il Layer Cavità naturali - puntuali e qualunque altro layer disponibile nel catalogo, compreso cartografie esterne in formato WMS e sistema di riferimento compatibile. E' possibile una navigazione affiancata su due mappe e una visualizzazione sul navigatore cartografico 3D. La composizione della mappa può essere salvata in un Web Map Contest (WMC) per utilizzi successivi oppure in un file KML per una visualizzazione su Google Earth o ambienti compatibili.

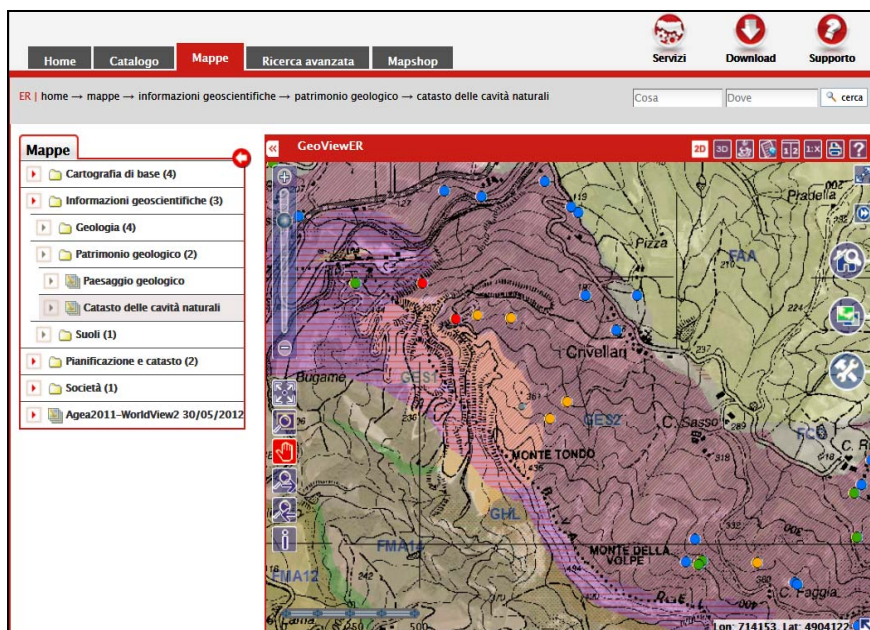


Figura 3. Geoportale: visualizzazione degli ingressi grotta, con sovrapposizione della cartografia geologica.

Figure 3. Geoportal: screenshot with the cave entrances reported upon the geological map.

Servizi Web OGC. L'infrastruttura dati geografici regionale rende disponibili i dati geografici anche attraverso servizi web secondo gli standard dell'Open Geospatial Consortium (OGC, 2014), ed in particolare i servizi Web Map Server (WMS) e i servizi Web Features Service (WFS). Sono ormai diffusissimi gli applicativi software in grado di accedere a cartografie WMS/WFS, come ad esempio Quantum GIS, e rendere disponibili i dati georeferenziati nei propri “progetti GIS”, collegandosi direttamente ai server regionali senza scaricare i dati.

I servizi WMS / WFS relativi alle Cavità naturali – puntuali sono anch'essi catalogati nel geoportale e sono accessibili agli url:

- <http://servizigis.regione.emilia-romagna.it/wms/grotte>
- <http://servizigis.regione.emilia-romagna.it/wfs/grotte>

Il Servizio WFS, consente lo scarico del dato vettoriale per un pieno utilizzo per analisi, elaborazioni e tematizzazioni (il servizio WFS delle Cavit  naturali – puntuali non   ancora catalogato al momento della stesura dell'articolo).

Licenze per il riutilizzo dei dati. La Regione Emilia-Romagna, cos  come tutta la Pubblica Amministrazione, sta recependo le Linee Guida dell'Agenzia per l'Italia digitale riguardante la valorizzazione del patrimonio informativo pubblico, ed in particolare riguardo ai dati aperti. Nel progetto regionale Open Data (REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 2012) vengono individuate le licenze Creative Commons (CREATIVE COMMONS, 2014), quali licenze di riferimento per il riutilizzo dei dati. I dati relativi alle Cavit  naturali-puntuali sono, al momento, disponibili con Licenza CC 2.5 BY NC, che ne consente un riutilizzo aperto, citando la fonte (BY) e per fini non commerciali (NC).

Conclusioni

L'esperienza dell'Emilia-Romagna nella gestione del Catasto delle Cavit  Naturali in stretta collaborazione con la Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia-Romagna, presenta diversi aspetti di interesse ed   un esempio di "filiera" complessiva di gestione e fruizione. I dati del catasto speleologico sono riconosciuti e diventano parte dell'infrastruttura dati territoriali regionale.

La gestione dei dati e il loro rilievo sul territorio   demandata alla FSRER che coordina e regola i gruppi speleologici che operano sul territorio, mentre la validazione complessiva   una competenza assunta dalla Regione che si occupa anche della fruizione dei dati in modo integrato con dati e i servizi geografici e secondo modalit  articolate in funzione delle diverse tipologie di utenti e secondo gli standard e linee guida che ne consentono un ampio utilizzo in modalit  Open Data.

Ringraziamenti

Oltre al Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli e il Servizio Statistica ed Informazione Geografica direttamente coinvolti, si ringrazia il Servizio Informativo Informatico Regionale che sovrintende e gestisce le componenti informatiche dell'infrastruttura dati territoriali. Un particolare ringraziamento va per  a tutti gli speleologi che, nel tempo e con il loro lungo e tenace lavoro, hanno costruito il patrimonio informativo del catasto speleologico dell'Emilia-Romagna, senza il quale il percorso illustrato non si sarebbe potuto realizzare.

Bibliografia e riferimenti essenziali

CREATIVE COMMONS, 2014. *A proposito delle Licenze Creative Commons*, <http://creativecommons.org/licenses/>

EUROPEAN COMMISSION, 2007. *INSPIRE DIRECTIVE*. <HTTP://INSPIRE.EC.EUROPA.EU/>

FSRER, 2014. <http://www.fsrer.it>

G.D.L. WISH, 2013. *WISH - Il portale delle grotte d'Italia*. *Speleologia*, **68**, 38-39.

ISO/TC211, 2002. 19113 - *Geographic information – Quality principles*, <https://www.iso.org/obp/ui/#!iso:std:26018:en>

ISO/TC211, 2003. 19114 - *Geographic information - Quality evaluation procedures*,

<https://www.iso.org/obp/ui/#!iso:std:26019:en>ISO/TC2011, 2007. 19139 - *Geographic information – Metadata –XML Schema implementation*, <https://www.iso.org/obp/ui/#!iso:std:32557:en>

ISO/TC2011, 2014. 19115 - *Geographic information – Metadata*, <https://www.iso.org/obp/ui/#!iso:std:53798:en>

OGC, 2014. *OGC® Standards and Supporting Documents*, <http://www.opengeospatial.org/standards>

REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 2006. *LR 10 luglio 2006 n. 9*.

<http://demetra.regione.emilia-romagna.it/al/monitor.php?urn=er:assemblealegislativa:legge:2006;9>

REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 2011. *Database Topografico Regionale*,

<http://geoportale.regione.emilia-romagna.it/it/database-topografico-regionale>

REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 2012. *Il catasto della cavit  naturali dell'Emilia-Romagna*, <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/catasto-cavita-naturali-emilia-romagna>.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 2012. *Il Progetto Open Data della Regione Emilia-Romagna*, <http://dati.emilia-romagna.it/>

CATALOGO DELLE MINERALIZZAZIONI SECONDARIE RISCONTRATE ALL'INTERNO DI ALCUNE GROTTI VULCANICHE ETNEE

GERMANA BARONE¹, PAOLO MAZZOLENI², GIUSEPPE PRIOLO³

¹ *Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Catania, Corso Italia, 57, Catania; gbarone@unict.it*

² *Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Catania, Corso Italia, 57, Catania; pmazzol@unict.it*

³ *Gruppo Grotte Catania, CAI Sezione dell'Etna, Via M. R. Imbriani, 59, Catania; picchiospeleo@gmail.com*

Riassunto

Le mineralizzazioni rinvenute all'interno delle grotte vulcaniche etnee sono state oggetto di numerose pubblicazioni scientifiche ma attualmente non esiste un catalogo delle stesse. Il presente lavoro si propone la creazione di una banca dati sulle fasi mineralogiche utilizzando dati provenienti sia dalla letteratura scientifica sia da nuove analisi di diffrazione a raggi X e di spettrometria Raman su campioni disponibili. Le informazioni mineralogiche saranno inoltre integrate con le necessarie informazioni vulcanologiche e speleologiche. L'utilità della banca dati così progettata è collegata anche all'effimerità della maggior parte di queste mineralizzazioni, la cui vita è spesso legata a particolari condizioni ambientali che ne rendono difficile il campionamento e lo studio. Dall'analisi dei dati inseriti appare evidente come gli ambienti speleovulcanici, considerati storicamente piuttosto scevri di concrezioni, risultino invece estremamente interessanti a causa della rarità dei minerali che vi si osservano. La maggior parte delle mineralizzazioni deve la loro origine a fenomeni complessi con il coinvolgimento dell'acqua che infiltrandosi attraverso le fessurazioni delle masse solidificate ancora calde, si arricchisce di numerosi elementi chimici. I differenti prodotti di solubilità delle fasi osservate determinano, al variare della temperatura, dell'umidità relativa e della pressione parziale dei gas presenti nell'atmosfera delle grotte (SO₂, CO₂, H₂O), la cristallizzazione o la risolubilizzazione dei minerali formati grazie all'acque percolanti.

Parole chiave: minerali, grotte, vulcaniche, vulcanospeleologia, Etna.

Abstract

CATALOGUE OF SECONDARY MINERALIZATIONS IN SOME VOLCANIC CAVES OF MOUNT ETNA - The mineralizations found in the Mt. Etna volcanic caves are described in numerous scientific publications but, until now, a dedicated catalogue is not yet available. The aim of this work is the creation of a database using the literature analysis and new X ray diffraction and Raman spectrometry data. Each mineral record is integrated with volcanologic and speleological information. Utility of the proposed database is mostly related to the ephemeral nature of most of the mineralizations whose presence is often due to particular environmental conditions that make difficult to sample and study these peculiar mineral associations. The analysis of the database points out that the volcanic caves, traditionally considered rather poor in concretions, appear instead extremely interesting for the rarity of minerals. The origin of most of the mineralizations is due to complex phenomena involving the enrichment in chemical elements of the water seeping through the cracks of the hot solidified masses. The solubility products of the observed minerals determine the crystallization or the resolubilization of those phases as function of changing of the environment of the caves (temperature, relative humidity and partial pressure of SO₂, CO₂, and H₂O).

Key words: minerals, cave, volcanic, vulcanospeleology, Mt. Etna

Introduzione

La presente pubblicazione ha come obiettivo la costituzione di un catalogo delle mineralizzazioni secondarie ad oggi classificate all'interno delle cavità vulcaniche etnee.

Le grotte vulcaniche, annoverate tra quelle singenetiche o reogenetiche, si generano contestualmente alla roccia che le contiene ed il loro meccanismo di formazione è legato alle diverse fasi delle attività vulcaniche.

Le grotte vulcaniche etnee sono ascrivibili a tre gruppi, differenziati per la genesi, che in maniera semplicistica chiameremo: grotte di scorrimento, grotte di frattura, grotte legate ad altri meccanismi di formazione. La stragrande maggioranza delle cavità ad oggi conosciute, oltre 250, sono legate a fenomeni di scorrimento lavico, quindi deve la loro origine al fitto reticolo anastomizzato che trasferisce il flusso lavico dalle bocche al fronte. Al termine dell'eruzione alcuni tubi di lava si svuotano raffreddandosi lentamente, determinando la fratturazione delle pareti della galleria di scorrimento che, divenute permeabili, vengono attraversate dalle acque meteoriche riscaldate a causa del calore trattenuto dalla roccia. La grotta diventa quindi un vero e proprio sistema idrotermale con processi di solubilizzazione a spese della roccia di elementi chimici mobili in sistemi acquosi e successiva deposizione di fasi minerali sotto forma di stalattiti, stalagmiti, croste ed altre concrezioni.

La seconda famiglia di cavità, quella delle fratture eruttive, invece identifica grotte che si sviluppano all'interno delle fratture che danno vita alle ben note "bottoniere". Qui le morfologie ipogee sono caratterizzate dallo sviluppo verticale delle vie di accesso che conducono alla base della frattura, dove si è attestato, al termine dell'eruzione, il livello della lava. In questo caso, oltre alla circolazione dei fluidi idrotermali, si osservano sovente fenomeni di aerosol dove veri e propri getti di aria molto calda danno origine a particolarissime morfologie (Fig. 1).

L'ultima famiglia di cavità raccoglie tutto ciò non rientra nelle precedenti, vi troveremo cavità scavate dagli agenti atmosferici, dall'azione dei corsi d'acqua, dall'uomo. In queste cavità si è avuta occasione di rinvenire depositi di calcite con la formazione di stalattiti e piccole croste stalagmitiche.



Figura 1. Concrezione da aerosol (archivio Gruppo Grotte Catania).

Figure 1. Aerosol concretion (archive Gruppo Grotte Catania).

Le mineralizzazioni all'interno delle grotte vulcaniche

All'interno delle grotte vulcaniche possiamo distinguere due famiglie di speleotemi: la prima si genera durante la formazione della cavità. Tutti gli speleotemi che appartengono a questa prima famiglia sono di fatto legati a fenomeni connessi allo scorrimento dei flussi lavici o alla risalita degli stessi lungo le fratture eruttive. Tra questi annoveriamo: stalattiti e stalagmiti da rifusione, lamine, blister, rotoli di lava.

Alla seconda famiglia invece appartengono tutti gli speleotemi che si formano al termine delle fase eruttiva, quindi quando la temperatura scende ben al disotto di quelle tipiche del processo magmatico. Delle mineralizzazioni presenti nelle zone più attive degli apparati vulcanici si ha notizia da sempre, mentre per cominciare ad avere indicazioni sui minerali presenti all'interno delle grotte dell'Etna si deve aspettare il diciannovesimo secolo. Le prime indicazioni su depositi minerali presenti all'interno delle grotte etnee si trovano all'interno dell'opera *Storia Naturale e Generale dell'Etna* dell'Abate GIUSEPPE RECUPERO (1815) ma soltanto agli inizi degli anni ottanta dello scorso secolo si è effettuato un primo studio sistematico di tali mineralizzazioni.

La maggior parte dei minerali rinvenuti si formano con meccanismi genetici simili a quelli idrotermali, legati alla circolazione di fluidi soprassaturi che permeano la volta e le pareti delle grotte, altri invece ripercorrono i più usuali criteri che caratterizzano la formazione delle concrezioni all'interno delle cavità carsiche.

Per i primi, la "vita" dipende dalle condizioni termodinamiche del sito, condizioni che incidono sulla solubilità del minerale o sulla sua mutazione verso forme più stabili.

La seconda tipologia di concrezioni invece è più stabile, presentando i criteri di accrescimento tipici delle concrezioni in ambienti carsificabili.

In generale all'interno di una cavità vulcanica, in funzione della temperatura, possiamo annoverare le seguenti tipologie di mineralizzazioni (Tab. 1):

Un esempio interessante che illustra le mutazioni legate alla variazione delle condizione termodinamiche all'interno della grotta è quello del Na_2SO_4 (solfato di sodio) che, come si può facilmente intuire dal diagramma di equilibrio di figura 2 Mirabilite/Thenardite, cristallizza sotto forma di Mirabilite ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) se la temperatura è al di sotto dei $32,4^\circ\text{C}$, mentre si presenterà come Thenardite (Na_2SO_4)

ben al di sopra di tale temperatura.

Processo	Meccanismo genetico	Temperatura (°C)	Prodotti
Degassazione: ad alta temperatura a bassa temperatura	Sublimazione Depositi da aerosol e vapore	>100 50 – 100	S ₈ , ossidi, idrossidi solfati ed alogenuri
Solubilizzazione	Evaporazione	10 – 100	Solfati ed alogenuri
Alterazione	Ossidazione, idratazione o deidratazione, scambio ionico	0 – 100	Ossidi ed idrossidi di Si, Al e Fe Solfati
Processi carsici	Diffusione	0 – 40	Carbonati
Processi biogenetici	Digestione, idratazione o deidratazione, doppio scambio	0 – 40	Fosfati, nitrati, solfati e alogenuri
	Fenomeni di fermentazione del guano	200 – 400	Fosfati
Cambiamenti di fase	Congelamento	<0	Ghiaccio

Tabella 1 Tipologia delle mineralizzazioni riscontrate nelle grotte vulcaniche.

Table 1. Types of mineralizations found in the volcanic caves.

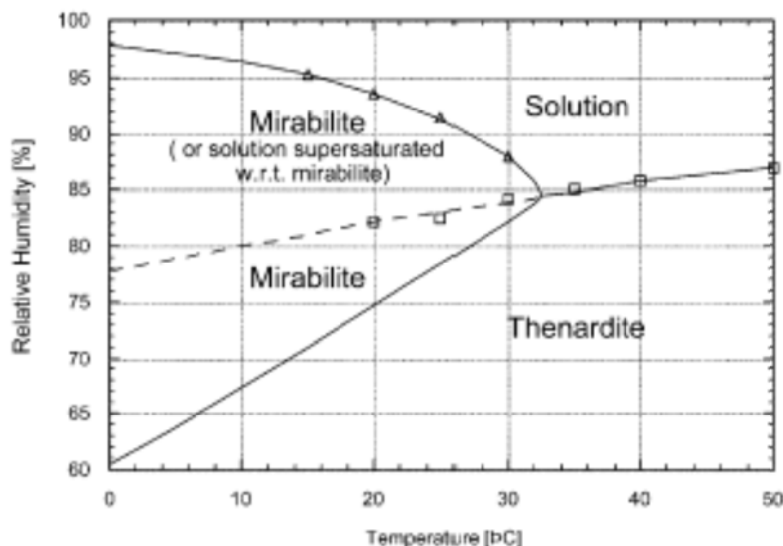


Figura 2. Diagramma di equilibrio Mirabilite/Thenardite

Figure 2. Diagram of equilibrium Mirabilite/Thenardite

I fenomeni osservati

Le cavità all'interno delle quali sono state osservate mineralizzazioni sono numerose, poche quelle dove è stato effettuato un campionamento finalizzato alla determinazione dei minerali presenti, singolarmente oppure in associazione con altri. È noto che nel periodo successivo alla conclusione dell'attività, con l'abbassamento della temperatura e il vettore generato dalle acque meteoriche, i sali che presentano un valore di solubilità elevato vengono veicolati rapidamente per porosità secondaria attraverso le pareti e la volta del tubo di lava.

Il fenomeno di deposizione, assimilabile a quello ben più noto che genera il concrezionamento nelle cavità

carsiche, determina, in funzione delle variazioni della concentrazione delle singole sostanze, la formazione delle mineralizzazioni che assumono tutte le morfologie tipiche delle concrezioni (Fig. 3).

In funzione della quantità d'acqua circolante e della disponibilità di sostanze solubilizzate si possono ottenere quantità di mineralizzazioni che in alcuni casi raggiungono volumi importanti (Fig. 4).

Dalle osservazioni fatte e da quanto riportato in letteratura, la vita della maggior parte di queste concrezioni è limitata a circa un anno dalla loro formazione, anche se ciò non costituisce la regola. L'eccezione di cui sopra riguarda la Grotta della Sciovia nelle lave del 1983, dove a circa dieci anni dalla conclusione dell'eruzione, si osservavano ancora copiose mineralizzazioni, alcune delle quali policrome (Fig. 6).



Figura 3. Bocche del 2002 (foto: A. REITANO).

Figure 3. Vents of Eruption of 2002 (photo: A. REITANO).

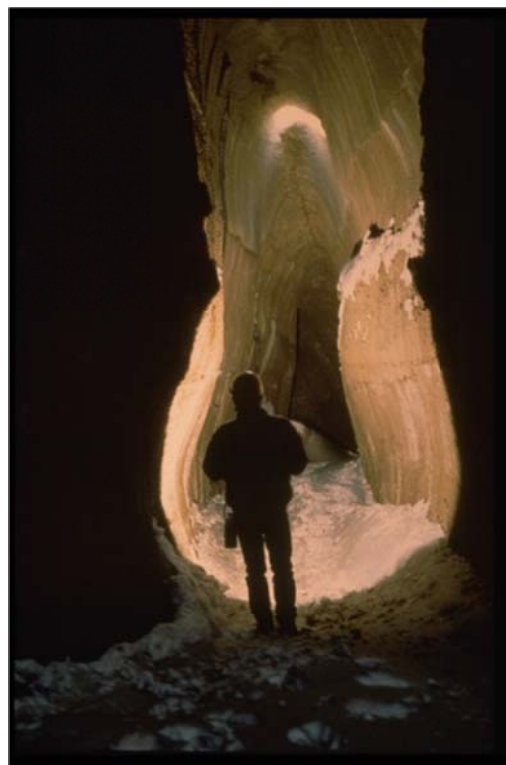


Figura 4. Grotta di Serracozzo, frattura eruttiva del 1971 (archivio Gruppo Grotte Catania).

Figure 4. Serracozzo Cave, 1971 eruptive fracture (Gruppo Grotte Catania archive).

Le cavità all'interno delle quali sono stati osservati fenomeni di mineralizzazione sono:

- a. Grotta Cutrona: oggi distrutta, si trovava in Valle del Bove all'interno delle lave dell'eruzione del 1991-1992. Al suo interno, grazie al tempestivo ingresso, è stato possibile effettuare un monitoraggio quasi completo delle varie mineralizzazioni (FORTI et al., 1994). Una successiva visita, nell'agosto del 1996, evidenziava la quasi totale scomparsa delle mineralizzazioni.

Vi sono stati riscontrati i seguenti minerali spesso in associazione con altri più copiosi (Tab. 2):

- b. Pozzi dell'eruzione del 1923 (BRUNELLI & SCAMMACCA, 1975; BALSAMO et al., 1994): si tratta della cavità esplorata all'interno della frattura eruttiva dell'eruzione generatasi sul fianco NE dell'Etna nel giugno del 1923 e conclusasi dopo trentuno giorni. La cavità si sviluppa prima verticalmente con circa ottanta metri di pozzi che si snodano lungo la frattura raggiungendone la base, dove si osservano due rotoli di lava giustapposti che si sviluppano per la quasi totalità dell'estensione della galleria (circa millecento metri). Le concrezioni sono state rinvenute nella parte più profonda della cavità (FORTI & MARINO, 1995).

I minerali riscontrati sono riportati in Tabella 3.

- c. Grotta di Maniace (BALSAMO et al., 1994): al Km 179 della SS 120, nei pressi del bivio per Maletto, si trova un tratto dismesso dall'ANAS. La cavità si trova sul lato N di detto tratto di strada, a 200 m dal bivio e vi si accede attraverso una piccola fessura dalla forma di profilo alare. La cavità costituita da due livelli posti a quote differenti è caratterizzata da un importante stillicidio che ha consentito la formazione di piccole stalattiti di calcite (Fig. 5, Tab. 4).

Minerale	Associazione con	Forma
<i>Aftitalite</i>	<i>Salgemma</i>	<i>Stalattiti</i>
<i>Alunite</i>	<i>Thenardite</i>	<i>Concrezioni</i>
<i>Bloedite</i>	<i>Salgemma</i>	<i>Concrezioni</i>
<i>Celestina</i>	<i>Thenardite</i>	<i>Concrezioni</i>
<i>Ematite</i>	<i>Tenorite</i>	<i>Cristalli tabulari</i>
<i>Hexahydrate</i>	<i>Thenardite</i>	<i>Concrezioni</i>
<i>Kieserite</i>		<i>Stalattiti</i>
<i>Mirabilite</i>		<i>Stalagmiti</i>
<i>Picromerite</i>		<i>Croscopicone concrezionarie</i>
<i>Polihalite</i>	<i>Ematite, Tenorite</i>	<i>Cristalli</i>
<i>Salgemma</i>		<i>Stalattiti e crostoni parietali</i>
<i>Silvite</i>	<i>Salgemma</i>	<i>Concrezioni</i>
<i>Tenorite</i>	<i>Ematite</i>	<i>Lamine sottili</i>
<i>Thenardite</i>		<i>Stalattiti, cannule, eccentriche, crostoni</i>
<i>Trona</i>	<i>Salgemma</i>	<i>Concrezioni</i>
<i>Zolfo β</i>		<i>Granuli dispersi nelle concrezioni</i>

Tabella 2. Grotta Cutrona, tipologia delle mineralizzazioni riscontrate.

Table 2. Cutrona cave, types of mineralizations.

Minerale	Associazione con	Forma
<i>Calcite</i>		<i>Cannula</i>
<i>Gesso</i>		<i>Infiorescenze</i>
<i>Portlandite</i>	<i>Calcite</i>	<i>Concrezione in parte coralloide</i>
<i>Thenardite</i>		<i>Crostone macrocristallino</i>

Tabella 3. Pozzi del 1923, tipologia delle mineralizzazioni riscontrate.

Table 3. Pits of 1923, with the types of mineralizations found.



Figura 5. Grotta di Maniace (foto: B. SCAMMACCA)

Figure 5. Maniace Cave (photo: B. SCAMMACCA).

Minerale	Forma
Calcite	Stalattite, Cannula

Tabella 4. Grotta di Maniace, tipologia delle mineralizzazioni riscontrate

Table 4. Maniace Cave, types of mineralizations found

- d. Grotta della Sciovia nelle lave del 1983: questa cavità, oggi distrutta, il cui ingresso si trovava nel canalone della Montagnola nei pressi degli *hornitos* nati a seguito dell'eruzione del 1983, è risultata estremamente interessante a causa di cospicue mineralizzazioni osservate anche ben oltre il canonico anno dalla genesi. Durante una visita effettuata nell'agosto del 1995 (SCAMMACCA et al., 1996) sono state osservate copiose croste di Thenardite (Fig. 6), oltre a croste e colate, la cui colorazione giallastra costituisce un importante indizio della presenza di cristalli di zolfo (Fig. 6).



Figura 6. Grotta della Sciovia nelle lave del 1983 (foto: B. SCAMMACCA).

Figure 6. Sciovia Cave in the lava flow of 1983 (photo: B. SCAMMACCA).

In questa grotta è stato inoltre acquisito un campione di stalattite, che è stato sottoposto ad analisi diffrattometrica (Fig. 7), fornendo una composizione ben più complessa di quella ad oggi presente in bibliografia.

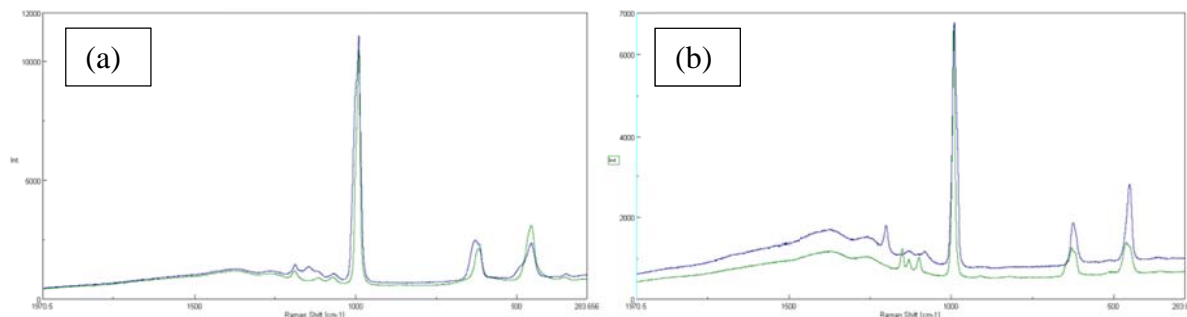


Figura. 7 (a) spettri Raman di croste campionate nella grotta della colata del 2001. Si riconoscono i centri di Thenardite e Aftialite; (b) spettri Raman di una stalattite campionata nella stessa grotta. Si osservano i centri relativi a Thenardite e Bloedite)

Figure 7. (a) Raman spectra of crusts sampled in the cave of the lava flow of 2001. Note the centers of Thenardite and Aftialite; (b) Raman spectra of a stalactite sampled in the same cave. Note the centers of Thenardite and Bloedite.

Minerale	Associazione con	Forma
<i>Aftitalite</i>	<i>Thenardite</i>	<i>Stalattiti</i>
<i>Bloedite</i>	<i>Thenardite</i>	<i>Stalattiti</i>
<i>Cloroapatite</i>	<i>Thenardite</i>	<i>Stalattiti</i>
<i>Gesso</i>		<i>Infiorescenze</i>
<i>Meta –alunogeno</i>	<i>Thenardite</i>	<i>Stalattiti</i>
<i>Singenite</i>	<i>Thenardite</i>	<i>Stalattiti</i>
<i>Thenardite</i>		<i>Crostone macrocristallino, stalattiti</i>
<i>Zolfo β</i>		<i>Granuli in crosticine concrezionarie</i>

Tabella 5. Grotta della Sciovia nelle lave del 1983, tipologia delle mineralizzazioni riscontrate.

Table 5. Sciovia Cave in the lava flow of 1983, types of mineralizations found.

- e. Grotta della Sciovia nelle lave del 1985: anche questa cavità oggi risulta distrutta dalle lave che hanno invaso l'area della Montagnola negli ultimi anni. In questa grotta le mineralizzazioni riscontrate nel 1995 (SCAMMACCA et al., 1996) sono di gran lunga inferiori a quelle della sua quasi omonima, pur avendo la cavità uno sviluppo ben più ampio. In figura 8 si osservano le modeste croste di mineralizzazione di Thenardite e Gesso residue.



Figura 8. Grotta della Sciovia nelle lave del 1985 (foto: B. SCAMMACCA).

Figure 8. Sciovia Cave in the lava flow of 1985 (photo: B. SCAMMACCA).

Minerale	Forma
<i>Gesso</i>	<i>Infiorescenze</i>
<i>Thenardite</i>	<i>Crostone macrocristallino</i>

Tabella 6. Grotta della Sciovia nelle lave del 1985, tipologia delle mineralizzazioni riscontrate.

Table 6. Sciovia Cave in the lava flow of 1985, types of mineralizations found.

- f. Grotta del Salto della Giumenta: questa cavità, generatasi nelle lave del 1991-1992, e il cui ingresso si trova in corrispondenza dell'omonima località, presentava in occasione delle osservazioni fatte nel 1995 (MARINO, 1998) interessanti concrezionamenti come stalattiti, croste e piccoli depositi

stalagmitici costituiti per lo più da Thenardite. Al momento delle osservazioni la temperatura interna era dell'ordine dei 30 °C. In un successivo passaggio effettuato nel 1998 la quasi totalità delle concrezioni risultava scomparsa, resistevano piccole stalattiti nelle zone più distanti dall'ingresso.

Minerale	Forma
<i>Thenardite</i>	<i>Stalattiti, crostone macrocristallino</i>

Tabella 7. Grotta del Salto della Giumenta, tipologia delle mineralizzazioni riscontrate.

Table 7. Salto della Giumenta Cave, types of mineralizations found.

- g. Buca della Marinite: la Buca della Marinite è una cavità contenuta all'interno della frattura eruttiva dell'eruzione del 1928. Si sviluppa con un andamento prevalentemente verticale ed è caratterizzata da importanti dissesti, tipici delle fratture eruttive. Le mineralizzazioni campionate e studiate (MARINO, 1994) sono ancor oggi osservabili nelle parti più profonde della cavità e sono costituite da gesso.

Minerale	Forma
<i>Gesso</i>	<i>Piccole infiorescenze, speleotemi</i>

Tabella 8. Buca della Marinite, tipologia delle mineralizzazioni riscontrate.

Table 8. Marinite Cave, types of mineralizations found.

- h. Frattura eruttiva del 2001: durante l'attività effusiva dell'eruzione del 2001, che ha profondamente modificato il paesaggio del versante S dell'Etna, la grotta formatasi all'interno della bocca effusiva si presentava ricca di croste. Le analisi effettuate hanno consentito di identificare numerosi minerali (Tab. 9), alcuni dei quali mai citati in bibliografia: Amephyinite, Bloedite, D'Ansite (Fig. 9).

Minerale	Associazione con	Forma
<i>Aftitalite</i>	<i>Thenardite</i>	<i>Crostone macrocristallino</i>
<i>Amephyinite</i>	<i>Thenardite</i>	<i>Crostone macrocristallino</i>
<i>Bloedite</i>	<i>Thenardite</i>	<i>Crostone macrocristallino</i>
<i>D'Ansite</i>	<i>Thenardite</i>	<i>Crostone macrocristallino</i>
<i>Kainite</i>	<i>Thenardite</i>	<i>Crostone macrocristallino</i>
<i>Thenardite</i>	<i>Thenardite</i>	<i>Crostone macrocristallino</i>

Tabella 9. Frattura eruttiva del 2001, tipologia delle mineralizzazioni riscontrate.

Table 9. Eruptive fracture of 2001, types of mineralizations found.

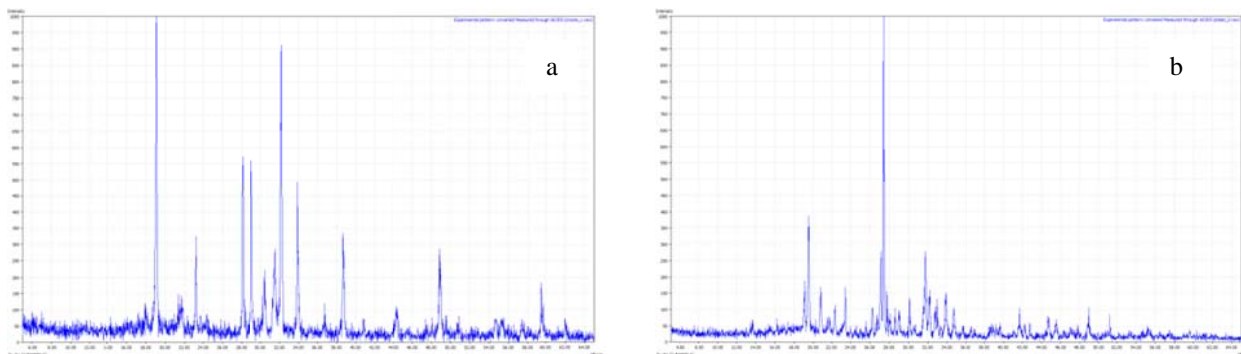


Figura 9. (a) diffrattogramma a raggi X di un campione di crosta proveniente dalla grotta dell'eruzione del 2001. Si osservano i picchi relativi a Thenardite, Aftialite, Amephyinite e Kainite. (b) diffrattogramma a raggi X di un campione di stalattite proveniente dalla stessa grotta. Si riconoscono i picchi relativi a Bloedite, Thenardite, D'Ansite.

Figure 9. (a) X-ray diffractogram of a sample collected in the cave of the eruption of 2001. The analysis found peaks relative to Thenardite, Aftialite, Amephyinite and Kainite. (b) X-ray diffractogram of a sample from the same stalactite cave, showing the peaks relative to Bloedite, Thenardite, D'Ansite.

Minerali riscontrati all'interno delle grotte vulcaniche etnee

Dalla lettura della bibliografia esistente e dalle analisi effettuate sui campioni disponibili risultano catalogati i seguenti minerali:

N.	Denominazione	Formula bruta
1	Aftialite	$(K,Na)_3Na(SO_4)_2$
2	Alunite	$KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$
3	Amephyinite	$Na(H_4B_3O_7)$
4	Bloedite	$Na_2Mg(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$
5	Calcite	$CaCO_3$
6	Celestina	$SrSO_4$
7	Clorapatite	$Ca_5Cl(PO_4)_3$
8	D'Ansite	$Na_{21}Mg(SO_4)_{10}Cl_3$
9	Ematite	Fe_2O_3
10	Gesso	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
11	Hexahydrate	$MgSO_4 \cdot 6H_2O$
12	Kainite	$KMg(SO_4)Cl \cdot 3H_2O$
13	Kieserite	$MgSO_4 \cdot H_2O$
N.	Denominazione	Formula bruta
14	Meta-alunogeno	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$
15	Mirabilite	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$
16	Picromerite	$K_2Mg(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$
17	Polihalite	$K_2Ca_2Mg(SO_4)_4 \cdot 2H_2O$
18	Portlandite	$Ca(OH)_2$
19	Salgemma	$NaCl$
20	Silvite	KCl
21	Singenite	$K_2Ca(SO_4)_2 \cdot 2H_2O$

22	Tenorite	CuO
23	Thenardite	Na_2SO_4
24	Trona	$Na_3H(CO_3)_2 \cdot 2H_2O$
25	Zolfo β	S_8

Tabella 10. Minerali classificati nelle grotte vulcaniche studiate (in rosso i minerali di prima segnalazione).

Table 10. Minerals classified in the volcanic caves object of research (red marks the minerals not documented before).

Conclusioni

Le attuali conoscenze sulle mineralizzazioni rinvenute all'interno delle grotte vulcaniche etnee hanno permesso di catalogare i minerali citati nel presente lavoro e nel sito web appositamente realizzato "mineralizzazioni.mungibeddu.it" dove con maggiore dettaglio e grazie ai collegamenti esterni è possibile attingere maggiori informazioni sia sulle cavità che sui minerali classificati.

L'effimerità della maggior parte di questi depositi, la cui vita è spesso legata a condizioni termodinamiche al limite della tollerabilità per l'uomo, non ne rende agevole il campionamento e lo studio.

Nonostante tutto, appare evidente come gli ambienti speleovulcanici, considerati storicamente piuttosto scevri di concrezioni, risultino invece estremamente interessanti, spesso gelosi custodi di minerali rari e difficilmente rinvenibili in altri ambiti.

Dalla lettura delle pubblicazioni disponibili si è potuto appurare che la maggior parte delle mineralizzazioni devono la loro origine a fenomeni molto simili a quelli idrotermali, dove l'acqua, infiltrandosi attraverso le fessurazioni delle masse solidificate ma ancora calde, si arricchisce di numerosi elementi chimici che poi vengono a essere fissati nei minerali che si depositano seguendo le leggi che regolano la formazione delle ben più note concrezioni calcaree, di fatto rinvenute in alcune grotte presenti in antiche colate.

I differenti prodotti di solubilità dei minerali osservati determinano, al variare della temperatura, dell'umidità relativa e della pressione parziale di alcuni gas e vapori presenti nell'atmosfera delle grotte (SO_2 , CO_2 , H_2O), la cristallizzazione o la solubilizzazione dei minerali trasportati dalle acque percolanti.

Dalle osservazioni fatte è inoltre ipotizzabile che la quantità di mineralizzazioni è maggiore nel caso il fluido soprassaturo venga "rialimentato", come nel caso delle mineralizzazioni rinvenute nella grotta della Sciovia nelle lave del 1983, dove il sovrapporsi della colata del 1985 a quella del 1983, all'interno della quale si è generata la grotta, ha determinato un incremento delle mineralizzazioni, tanto da consentirne il rinvenimento a circa dieci anni dalla conclusione dell'evento eruttivo. La conservazione è stata inoltre favorita dalla chiusura della cavità con una botola, non a tenuta, che ha minimizzato la circolazione dell'aria e quindi contenuto l'aumento dell'umidità relativa.

Infine le analisi diffrattometriche a raggi X e Raman, hanno evidenziato la presenza di minerali sino ad oggi non citati in bibliografia (Amephynte, Bloedite, Clorapatite, D'Ansite, Meta-alunogeno e Singenite). Questo ci consente di ipotizzare una composizione di queste mineralizzazioni ben più complessa di quella sino ad oggi citata in bibliografia, ipotesi che andrebbe supportata con l'acquisizione di ulteriori campionature.

Bibliografia

- BALSAMO A., PRIOLO A., PRIOLO G., SANFILIPPO G., SCAMMACCA B., 1994. *Grotte vulcaniche di Sicilia, notizie catastali: quarto contributo (da Si CT 76 a Si CT 100)*. Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat., **27** (348), 173–212
- BARONE N., PRIOLO A., PRIOLO G., SANFILIPPO G., SCAMMACCA B., 1994. *Grotte vulcaniche di Sicilia, notizie catastali: terzo contributo (da Si CT 76 a Si CT 100)*. Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat., **27** (346), 367–398
- BRUNELLI F. E SCAMMACCA B., 1975. *Grotte vulcaniche di Sicilia, notizie catastali, primo contributo (da Si CT 1 a Si CT 25)*. Club Alpino Italiano – Sezione dell'Etna, Gruppo Grotte Catania.
- FORTI P., MARINO A., 1995. *Nota preliminare sul ritrovamento di un nuovo minerale di grotta nei "Pozzi dell'Eruzione del 1923" (Si CT 1084)*. Atti del 1° Convegno Regionale di Speleologia della Sicilia, Ragusa, **1**, 92–100.
- FORTI P., GIUDICE G., MARINO A., ROSSI A., 1994. *La grotta Cutrona (MCI) sul monte Etna e le sue concrezioni*

- metastabili*. Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat., **27** (348), 125–151.
- MARINO A., 1994. *La Buca della Marinite*. Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat., **27** (348), 231–241.
- MARINO A., 1998. *La Grotta del Salto della Giumenta*, Atti del 3° Convegno Regionale di Speleologia della Sicilia, Palermo, 23–29.
- RECUPERO G., 1815. *Storia naturale e generale dell'Etna*. Stamperia della Regia Università degli Studi.
- SCAMMACCA B., PRIOLO A., PRIOLO G., 1996. *Grotte vulcaniche etnee, nuove segnalazioni*. Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat., **29** (351), 41–62.

L'IMPORTANZA DELLA DOCUMENTAZIONE (ANTICA E RECENTE): BIBLIOGRAFIA DELLE GROTTI DEL MASSICCIO DEGLI ALBURNI (CAMPANIA)

MARIO PARISE¹

¹CNR, Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, via Amendola 122-I, Bari; m.parise@ba.irpi.cnr.it

Riassunto

Tra gli scopi principali delle attività speleologiche vi è la documentazione delle grotte esplorate, e la successiva diffusione dei dati mediante pubblicazioni di vario tipo. Negli ultimi anni, grazie alla diffusione di internet, ed alla possibilità di "navigare" rapidamente nel mondo elettronico, si riscontra un forte aumento nella possibilità di scambi e ricerche bibliografiche. Allo stesso tempo, però, questo rapido e travolgente cambiamento rispetto a un passato fatto essenzialmente di documentazione cartacea, fa sì che spesso si perda il contatto con quanto su internet non c'è (poiché non scansionato e reso pubblico, o di difficile accessibilità, ecc.). Molta letteratura speleologica, pertanto, risulta dispersa nei meandri di quei luoghi sempre più antichi e meno frequentati che continuano a chiamarsi biblioteche; o, peggio ancora, nelle sedi dei gruppi speleologici, accumulata talvolta senza alcun ordine in scaffali ed armadi. Si tratta di documentazione preziosa, che testimonia le prime ricerche carsiche e speleologiche, e fornisce di frequente utili indicazioni alle esplorazioni in corso.

Partendo da queste considerazioni, e con l'obiettivo di contribuire a salvaguardare la preziosa documentazione del passato, si presenta la bibliografia delle grotte del Massiccio degli Alburni: essa è suddivisa per cavità, in modo tale da facilitare la ricerca a chi fosse interessato specificamente a un determinato settore del Massiccio, o, ancor più nel particolare, ad una singola emergenza carsica.

Parole chiave: documentazione, pubblicazioni, Alburni.

Abstract

THE IMPORTANCE OF THE (OLD AND RECENT) DOCUMENTATION: BIBLIOGRAPHY OF THE CAVES OF THE ALBURNI MASSIF (CAMPANIA) - Documentation of explored caves, and the later dissemination of data by means of publications, are among the main goals of caving activities. In recent years, thanks to the world wide web, and the possibility of browsing quickly in internet, there is a huge increase in the exchanges of documents and bibliographic researches. At the same time, however, such a rapid and overwhelming change with respect to a recent past, that essentially consisted of paper documents, may be at the origin of losing the contact with all that material that is not in the web (because it has not been scanned and made public, or is of difficult accessibility, etc.). A large part of the speleological literature, therefore, is dispersed in the meanders of scarcely visited libraries; or, even worse, in the chaos of library cases of grottos. All of this represents a precious documentation, testifying the first karst and caving researches, and often provides useful indications to the on going explorations.

Starting from these considerations, and aimed at contributing to safeguard the precious documentation of the past, this contribution presents the bibliography of the natural caves in the Alburni Massif: the bibliography is subdivided per each cave, in order to facilitate the research and easily find the available works on a specific sector of the area, or, alternatively, on a single cave.

Key words: documentation, publication, Alburni.

Documentare le attività speleologiche

Il presente contributo consiste in un elenco bibliografico dei lavori pubblicati sulle cavità carsiche del Massiccio degli Alburni, area che ospita il XXII Congresso Nazionale di Speleologia "Condividere i dati". Proprio nell'ottica del tema congressuale, si è pensato di presentare una bibliografia (la più aggiornata possibile) sulle cavità carsiche degli Alburni. Non si tratta di un lavoro esaustivo, e pertanto l'Autore si scusa in anticipo per quelle che saranno le mancanze o inesattezze riportate, e sarà ben lieto di ricevere segnalazioni ed integrazioni a quanto qui riportato. Allo stesso tempo, però, il contributo può costituire un

punto di partenza per “mettere in ordine” la bibliografia antica e recente sull’area, e riportare fuori dai cassetti o dagli armadi lavori di cui si erano perse le tracce, e che magari possono fornire ancora oggi spunti di interesse esplorativo, o semplicemente essere di importanza storica.

La documentazione delle grotte esplorate, e la successiva diffusione dei dati mediante pubblicazioni di vario tipo, sono infatti tra i principali scopi della attività speleologica. Negli ultimi anni, grazie alla diffusione via via crescente di internet, ed alla possibilità di “navigare” rapidamente nel mondo elettronico, si riscontra un forte aumento nella possibilità di scambi e ricerche bibliografiche. Allo stesso tempo, però, questo rapido e travolgente cambiamento rispetto a un passato, fatto essenzialmente di documentazione cartacea, fa sì che spesso si perda il contatto con quanto su internet non c’è (poiché non scansionato e reso pubblico, o di difficile accessibilità, ecc.). Inoltre, un fondamentale svantaggio della rete è che i documenti ivi pubblicati di frequente non vi restano a lungo: la chiusura di un sito, il mancato aggiornamento, problemi di vario tipo, sono spesso all’origine della circostanza che i dati vadano, nel tempo, persi. E se non si è avuto cura, contemporaneamente alla messa in rete, di produrre una versione cartacea, il rischio è la scomparsa della documentazione.

Per quanto riguarda il cartaceo, molta letteratura speleologica risulta dispersa nei meandri di quei luoghi sempre più antichi e meno frequentati, ma non per questo meno affascinanti e carichi di storia, che continuano a chiamarsi biblioteche; o, peggio ancora, nelle sedi dei gruppi speleologici, accumulata talvolta senza alcun ordine in scaffali ed armadi. Si tratta di documentazione preziosa, che testimonia le prime ricerche carsiche e speleologiche, e fornisce di frequente utili indicazioni, sia per le esplorazioni ancora in corso che per chiunque voglia semplicemente approcciarsi ad una nuova area di studio o a un nuovo argomento da approfondire.

Partendo da queste considerazioni, e con l’obiettivo di contribuire a salvaguardare la preziosa documentazione del passato, si presenta la bibliografia delle grotte naturali del Massiccio degli Alburni: essa è suddivisa per cavità, elencate in base al numero catastale, in modo tale da facilitare la ricerca a chi fosse interessato specificamente a un determinato settore del Massiccio, o, ancor più nel particolare, ad una singola emergenza carsica.

Bibliografia delle grotte naturali degli Alburni

Cp 1 – Grotta di Pertosa

- ALBERTI G., 1967. *Campagna di studio al Monte Cervati. Osservazioni biologiche*. Atti e Mem. Comm. Grotte “E. Boegan”, 7, 123-125.
- ASSOCIAZIONE GROTTI TURISTICHE ITALIANE. *Le meraviglie del mondo sotterraneo*.
- ASSOCIAZIONE TURISTICA PRO LOCO ALBURNI. *Guida turistica alle Grotte di Castelcivita e Pertosa*. Litogr. Dottrinari, Salerno.
- BADINI G., 1983. *La Grotta di Pertosa (Salerno)*. B39, 83.
- BATTAGLIA R., 1929. *La Grotta di Controne. Appunti sulla speleologia del Cilento e della Lucania*. Le Grotte d’Italia, s. 3, 3, 148-158.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- BERNABEI M., GRIFONI CREMONESI R., 1995-96. *I culti delle acque nella preistoria dell’Italia peninsulare*. Riv. Sc. Preist., 47, 331-366.
- BOCCHINO B., DEL VECCHIO U., DE NITTO L., LO MASTRO F., MARRAFFA M., MAURANO F., MINIERI G., PARISE M., RUOCCO M., 2014. *Increasing people’s awareness about the importance of karst landscapes and aquifers: an experience from southern Italy*. In: N. KUKURIC, Z. STEVANOVIC, N. KRESIC (Eds.), Proceedings International Conference and Field Seminar “Karst without boundaries”, 11-15 June 2014, Trebinje – Dubrovnik (Bosnia & Herzegovina – Croatia), 398-405.
- CAFARO S., BRAVI S., 2014. *Tesori ipogei: alla scoperta delle Grotte di Pertosa-Auletta*. Fondazione Mida, Tip. Carucci, Caggiano.
- CAFARO S., GUEGUEN E., ADURNO I., SCHIATTARELLA M., 2010. *Il controllo geologico nella speleogenesi della Grotta dell’Angelo (Appennino Campano-Lucano)*. In: T. MITRANO (Ed.) Atti 2° Convegno Regionale di Speleologia “Campania Speleologica 2010”, Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 71-81.

- CALANDRI G., 2013. *Monitoraggi microclimatici nella Grotta di Pertosa (provincia di Salerno)*. Atti XXI Congr. Naz. Speleol. "Diffusione delle conoscenze", Trieste, 2-5 giugno 2011, pp. 333-337.
- CAPOLONGO D., 1989. *Specie cavernicole di Campania: primo aggiornamento*. Atti XV Congresso Nazionale di Speleologia, Castellana-Grotte, 10-13 settembre 1987, pp. 811-840.
- CAPOLONGO D., 2005. *Le specie cavernicole della Campania*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 235-246.
- CARUCCI P., 1898. *La Grotta di Pertosa in provincia di Salerno*. Boll. del Natural., suppl. Riv. Sc. Nat., **18**, 130.
- CARUCCI P., 1907. *La Grotta preistorica di Pertosa: contribuzione alla paleontologia, speleologia ed idrografia*. Stab. Di Gennaro & Morano, Napoli, 223 pp.
- CARUCCI P., 1908. *La Grotta di Pertosa*. Mondo Sotterraneo, 1907-1908, **1-3**, 44-45.
- CARUCCI P., 1921. *La Grotta dell'Angelo di Pertosa e la sua completa esplorazione archeologica*. Architettura Storica Salernitana, **1**, 91-105.
- CIRCOLO SPELEOLOGICO ROMANO, 1926. *L'esplorazione delle Grotte di Pertosa e il Circolo Speleologico Romano*. Il Piccolo, dicembre 1926, Roma.
- CIRILLO D., 1991. *Speleosub. Sopralluogo esplorativo nelle Grotte di Pertosa (Salerno)*. Esplorare, CAI Pordenone, 37-42.
- CIRILLO D., 1991. *Le Grotte di Pertosa – Cenni storici e note descrittive*. Esplorare, CAI Pordenone, 43.
- CIRILLO D., 1991. *Note di geologia dei dintorni di Pertosa (Salerno)*. Esplorare, CAI Pordenone, 44-47.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- DE CINDIO A., 1981. *Schedario delle grotte campane. Azzurra – Castelcivita – Pertosa - Smeraldo*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, luglio-dicembre 1981, **3**, 17-21.
- DE GASPERI G.B., 1907-08. *La Grotta di Pertosa*. Mondo Sotterraneo, **1-3**, 44.
- DELL'OCA S., 1962. *Note di speleologia economica*. Rassegna Speleologica Italiana, **14** (1), 76-109.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1990 al 1999. L'Appennino Meridionale*, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 157-164.
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., 2013. *Monti Alburni*. Speleologia, a. XXXIV, giugno 2013, **68**, 31-33. [versione italiana]
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., 2013. *Alburni Mountains*. Speleologia, a. XXXIV, giugno 2013, **68**, 31-33. [versione inglese]
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), *Proceedings 16th International Congress of Speleology*, Brno, 21-28 July 2013, **1**, 41-46.
- DE PAOLA G., 1939. *Sull'origine della Grotta di Pertosa in provincia di Salerno*. Gli Abissi, **1**, 249-255.
- DE PAOLA G., 1939. *La Grotta di Pertosa, paradiso di meraviglie*. Pertosa, 37 pp.
- DUTTO B., 1954. *Due importanti grotte del Mezzogiorno*. L'Universo, a. XXXIV, **5**, 765-768.
- FLORES G., 1939. *Appunti geologici sulla grotta di Pertosa*. Rend. Acc. Sc. Fis. Mat. Soc. Reale di Napoli, s. IV, **10**, 1939-40, 2-16.
- GASPARO F., 1973. *Attività della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" nella regione carsica del Monte Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 83-87.
- GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.
- GIULIVO I., DEL PRETE S., PICIOCCHI A., RUSSO N., SANTO A., 2005. *Storia della speleologia in Campania*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 85-103.
- GRUPPO SPELEOLOGICO CAI NAPOLI, 1979. *La Grotta di Pertosa*. Notiz. Sez. CAI Napoli, **6**, 125.
- IMBÒ G., 1939. *Ricerche geofisiche alla grotta di Pertosa*. Rend. Acc. Sc. Fis. Mat. Soc. Reale di Napoli, s. IV, **10**, 1939-40, 2-11.

- INGUSCIO S., ROSSI E., MAURANO F., PARISE M., 2010. *Biospeleologia ed evoluzione paleogeografica della Campania*. In: T. MITRANO (Ed.) Atti 2° Convegno Regionale di Speleologia "Campania Speleologica 2010", Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 137-147.
- IOVINO F., LALA A., 2004. *Le nuove esplorazioni alla grotta di Polla nel contesto del fenomeno carsico del settore nord-occidentale del Vallo di Diano (SA)*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. I, **1**, 81-86.
- ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE, 1952. *Le Grotte di Pertosa*. E.P.T., Salerno.
- KALBY L., PLACHESI A., KALBY M., 2005. *Gli insediamenti rupestri medievali*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 141-169.
- KILIAN K., 1963-64. *La raccolta Carucci nel Museo Provinciale di Salerno*. Apollo, **3-4**, 63-68.
- LAMATTINA G., s.d. *Grotte di Pertosa*. Dottrinari ed., Salerno, 48 pp.
- LAROCCA F., 2002. *Le Grotte di Pertosa o dell'Angelo (Pertosa – Salerno). Breve guida informativa sul sistema sotterraneo*. Gemica S.A.S., 16 pp.
- LAURETI L., 1968. *Le cavità di attraversamento dell'Appennino Centro Meridionale*. Proceedings 4th Int. Congress of Speleology, Yugoslavia, 12-26 September 1965, **3**, 509-524.
- LEONARDI P., 1933. *Contributo alla conoscenza del deposito olocenico della Grotta di Pertosa o dell'Angelo nella Valle del Tanagro (Salerno)*. Arch. Antrop. Etnol., **63**, 283-285.
- MANGHISI V., 2003. *Storie e leggende carsiche dei Monti Alburni (Campania)*. Puglia Grotte, boll. Gruppo Puglia Grotte, Castellana-Grotte, 11-18.
- MARTINEZ Y CABRERA P., 1956. *I notabili abbagli sulle origini delle acque delle grotte di Pertosa*. Boll. Camera di Comm. Ind. e Agric., Salerno, **8**, 3-7.
- MITRANO T., 2008. *Gli anni precedenti al 1957*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 115-122.
- PARISE M., 2011. *Some considerations on show cave management issues in Southern Italy*. In: P.E. VAN BEYNEN (Ed.), *Karst management*. Springer, ISBN 978-94-007-1206-5, pp. 159-167.
- PARPAGLIOLO L., 1927. *La Grotta di Pertosa*. Le Vie d'Italia, **33**, 1300-1310.
- PATRONI G., 1899. *Caverna naturale con avanzi preistorici in prov. di Salerno*. Mon. Antichi, **9**.
- PELLEGRINI E., PIPERNO M., 2005. *Preistoria e protostoria della Campania*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 117-139.
- PICIOCCHI A., 1977. *La Grotta di Pertosa e le sue acque. Limiti cronologici della sua sacralità*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, **5**, 54-55.
- PICIOCCHI A., TEDESCO R., 2008. *Gli anni dal 1957 al 1969*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 123-132.
- REGALIA E., 1900. *Sulla fauna della Grotta di Pertosa (Salerno) con un sunto della relativa pubblicazione paleontologica del Prof. Patroni*. Arch. Antrop. Etnol., **30**, 25-54.
- REGALIA E., 1901. *Fauna della Grotta di Pertosa*. In: PATRONI G., *Caverne naturali con avanzi preistorici in provincia di Salerno*. Monumenti Antichi, **9**, 596-597.
- REGALIA E., 1906. *La fauna della Grotta di Pertosa (Salerno)*. Soc. It. d'Antropologia, Etnologia e Psicologia comparata, **36** (1), 27-57.
- REGALIA E., 1907. *Fauna della Grotta di Pertosa*. In: CARUCCI P., *La grotta preistorica di Pertosa (Salerno)*. Ed. Morano, Napoli, 65-100.
- RELLINI U., 1916. *La stipe sacra delle acque di Pertosa*. Monumenti Antichi Lincei, **24**.
- RODA S., RODA S., KAUTSKY P., SKULA P., PICIOCCHI A., 1992. *S.O.S. per la Grotta di Pertosa in provincia di Salerno*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, **3**, 18-19.
- SANTANGELO N., SANTO A., GIULIVO I., 2005. *Il carsismo campano, una risorsa fragile da tutelare*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 49-65.
- SANTO A., 1988. *Alcune osservazioni sul carsismo ipogeo dei M. Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 71-88.
- SANTO A., 2008. *Il carsismo ipogeo dei Monti Alburni: stato delle conoscenze e nuove prospettive esplorative*. In: M. PARISE, S. INGUSCIO & A. MARANGELLA (Eds.), *Geomorfologia carsica*. Atti 45° Corso CNSS-SSI di III livello,

Grottaglie, pp. 75-92.

SOLDOVIERI M., 1972. *Una grotta e un paese, Pertosa*. Salerno.

TROTTA M., 1931. *Grotte della Campania*. Le Grotte d'Italia, a. IX, gennaio-marzo 1931, 3-30.

TROTTA M., 1951. *Notizie in merito alla Grotta dell'Angelo, prov. Salerno*. Atti V Congr. Naz. Speleologia, Salerno, 41-42.

TRUCCO F., 1991. *Revisione del materiale di Grotta Pertosa*. Atti Congr. Viareggio 1989, Rassegna di Archeologia, **10**, 471-479.

Cp 2 – Grotta di Castelcivita

AJI G., 1977. *Nuovo cunicolo a Castelcivita*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, settembre 1977, **31** (5), 58.

AMOROSO M., BOCCHINO B., DE STEFANO M., 1994. *Condotte forzate*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, luglio 1994, **3**, 38.

AMOROSO M., BOCCHINO B., DE STEFANO M., 1994. *Risalite nella zona del Salto dei Titani*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, luglio 1994, **3**, 38.

ANELLI F., BOEGAN E., DE ANGELIS M., 1930. *La Grotta di Castelcivita nel Salernitano*. Le Grotte d'Italia, 3-23.

ANONIMO, 1953. *Attività della sezione speleologica dell'Ist. Biologia Applicata - Napoli*. Rassegna Speleologica Italiana, a. V, marzo 1953, fasc. 1, 34-35.

APOLLONIO M., 1926. *La Grotta di Controne. Relazione dell'esplorazione del 4 novembre 1926*. Documento inedito, biblioteca Comm. Grotte "E. Boegan", Trieste, 5 pp.

ASSOCIAZIONE GROTTI TURISTICHE ITALIANE. *Le meraviglie del mondo sotterraneo*.

ASSOCIAZIONE TURISTICA PRO LOCO ALBURNI. *Guida turistica alle Grotte di Castelcivita e Pertosa*. Litogr. Dottrinari, Salerno.

BALASSONE G., LALA A., PETTI C., 1997. *Preliminary study on phosphates from the Grotte di Castelcivita (Salerno)*. Boll. Soc. Naturalisti Napoli, **103**.

BARTOLINI A., BOLLATI M., GAMBELLI G., 1992. *La storia di un'improbabile congiunzione*. Speleologia, a. XIII, marzo 1992, **26**, 28-31.

BATTAGLIA R., 1929. *La Grotta di Controne. Appunti sulla speleologia del Cilento e della Lucania*. Le Grotte d'Italia, s. 3, **3**, 148-158.

BELLUCCI F., 1983. *Campo estivo 1982*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, luglio 1983, **1**, 59-60.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTANGELO N., SANTO A., TESCIONE M., 1987. *Nuovi contributi all'esplorazione della grotta di Castelcivita (SA)*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, dicembre 1987, **3**, 24-30.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

BELLUCCI F., IACONO Y., MATTERA L., ZECCA V., 1994. *Nuove esplorazioni alle Grotte di Castelcivita*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, luglio 1994, **3**, 34-36.

BELLUOMINI G., DELITALA L., 1983. *Datazione di resti ossei e denti del Pleistocene superiore e dell'Olocene dell'area Mediterranea con il metodo della racemizzazione degli aminoacidi*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., **6**, 21-30.

BOCCHINO B., 1995. *Esplo - 94*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, febbraio 1995, **1**, 37-39.

BOCCHINO B., DEL PRETE S., 2003. *Il ramo alto sul lago sifone della Grotta di Castelcivita (Monti Alburni - SA)*. Speleologia, a. XXIV, giugno 2003, Notizie Italiane, **48**, 82-83.

BOCCHINO B., DEL VECCHIO U., DE NITTO L., LO MASTRO F., MARRAFFA M., MAURANO F., MINIERI G., PARISE M., RUOCCO M., 2014. *Increasing people's awareness about the importance of karst landscapes and aquifers: an experience from southern Italy*. In: N. KUKURIC, Z. STEVANOVIC, N. KRESIC (Eds.), Proceedings International Conference and Field Seminar "Karst without boundaries", 11-15 June 2014, Trebinje – Dubrovnik (Bosnia & Herzegovina – Croatia), 398-405.

BOEGAN E., 1930. *L'esplorazione della Grotta di Castelcivita*. Le Vie d'Italia, a. XXXVI, settembre 1930, **9**, 686-688.

BOEGAN E., 1930. *L'esplorazione della Grotta di Castelcivita o di Controne*. Atti XI Congr. Geogr. It., **2**, 1-4.

- BOEGAN E., ANELLI F., 1930. *La Grotta di Castelcivita nel Salernitano*. Le Grotte d'Italia, s. IV, **4**, 215-233.
- BOLLATI M., SANTO A., GIULIVO I., BARTOLINI A., 1993. *Meno centodieci alla Risorgenza del Mulino di Castelcivita*. Speleologia, a. XIV, marzo 1993, **28**, 20-22.
- BUONUOMO R., 1954. *La Grotta di Castelcivita*. Annuario 1953-54, Ist. Magistrale Regina Margherita, Salerno.
- CALANDRI G., RAMELLA L., 1989. *Le grandi cavità italiane*. Atti XV Congresso Nazionale di Speleologia, Castellana-Grotte, 10-13 settembre 1987, pp. 417-433.
- CAPOLONGO D., 1989. *Specie cavernicole di Campania: primo aggiornamento*. Atti XV Congresso Nazionale di Speleologia, Castellana-Grotte, 10-13 settembre 1987, pp. 811-840.
- CAPOLONGO D., 2005. *Le specie cavernicole della Campania*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 235-246.
- CARIOLA A., SCAMMACCA B., 1973. *Relazione di una immersione effettuata il 2 giugno 1972 nel sifone dei "Pozzi della morte" della Grotta di Castelcivita*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 106.
- CIONI O., GAMBASSINI P., TORRE D., 1980. *Grotta di Castelcivita: risultati delle ricerche negli anni 1975-77*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem., s. A, **86**, 275-296.
- COZZOLINO L., PIANESE N., 2008. *Gli anni dal 1970 al 1979*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 133-144.
- D'ARIENZO R., BOCCHINO B., 2013. *Sulla scia del vento nuovo*. Speleologia, a. XXXIV, dicembre 2013, **69**, 19-24.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- DE ANGELIS M., 1930. *Osservazione su alcune sabbie nella Grotta di Castelcivita*. Le Grotte d'Italia, **9**, 234-236.
- DE CINDIO A., 1981. *Schedario delle grotte campane. Azzurra – Castelcivita – Pertosa - Smeraldo*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, luglio-dicembre 1981, **3**, 17-21.
- DEL PRETE S., 1994. *Attività speleologica del campo estivo '93*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, luglio 1994, **3**, 31-34.
- DEL PRETE S., 1995. *Sulle condotte forzate della Grotta di Castelcivita*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, febbraio 1995, **1**, 30-37.
- DEL PRETE S., 2008. *Grotta di Castelcivita (CP 2)*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 224-233.
- DEL PRETE S., BOCCHINO B., 1995. *Il nuovo rilievo del cunicolo CAI II, grotta di Castelcivita (SA)*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, novembre 1995, **2**, 37-40.
- DEL PRETE S., LALA A., SANTO A., 1994. *Le condotte di Argentino*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, luglio 1994, **3**, 36-38.
- DEL PRETE S., D'ANGELO R., BOCCHINO B., 1997. *Notizie sull'alluvione verificatasi nella grotta di Castelcivita il 26 novembre 1996*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, aprile 1997, **1**, 44-47.
- DEL VECCHIO U., 1992. *Analisi frattale applicata alla speleologia*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1992, **1**, 23-25.
- DEL VECCHIO U., 2007. *Cinquant'anni di vita del Gruppo Speleologico CAI Napoli*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. IV, **2**, 155-163.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1980 al 1989*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 145-156.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1990 al 1999*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 157-164.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Il gruppo speleosubacqueo del GS CAI Napoli*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 185-190.
- DEL VECCHIO U., IOVINO F., 1994. *Risalita sul lago terminale*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, luglio 1994, **3**, 38-40.
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., 2013. *Monti Alburni*. Speleologia, a. XXXIV, giugno 2013, **68**, 31-33. [versione italiana]
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., 2013. *Alburni Mountains*. Speleologia, a. XXXIV, giugno 2013, **68**, 31-33. [versione inglese]

- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), *Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013*, **1**, 41-46.
- DI NOCERA S., RODRIQUEZ A., 1978. *La Grotta di Castelcivita*. Guida alle escursioni – Conv. Processi Paleocarsici e Neocarsici e loro importanza economica nell'Italia meridionale, Napoli, 1-3 aprile 1978, 42-49.
- DI NOCERA S., NARDELLA A., RODRIQUEZ A., 1973. *Geomorfologia della Grotta di Castelcivita (SA)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 89-100.
- DUTTO B., 1954. *Due importanti grotte del Mezzogiorno*. L'Universo, a. XXXIV, **5**, 765-768.
- FINOCCHIARO C., 1965. *Attività della Commissione Grotte "E. Boegan" nell'Italia centro-meridionale*. Atti VI Convegno di Speleologia dell'Italia centro-meridionale, Firenze, 14-15 novembre 1965, 9-14.
- FIORITO P., GUIDA M., MAURANO F., 1992. *Studio sull'inquinamento chimico e microbiologico di alcune aree carsiche campane*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, dicembre 1992, **3**, 8-9.
- FIORITO P., GUIDA M., MAURANO F., MESTH D., 1993. *Valutazione sull'inquinamento chimico e microbiologico di una area carsica "Monti Alburni"*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, settembre 1993, **2**, 14-15.
- GAMBASSINI P., 1976. *Grotta di Castelcivita*. Riv. Sc. Preist., **31** (1), 294-295.
- GAMBASSINI P., 1977. *Grotta di Castelcivita*. Riv. Sc. Preist., **32** (1-2), 316.
- GAMBASSINI P., 1978. *Grotta di Castelcivita*. Riv. Sc. Preist., **33** (2), 416-417.
- GAMBASSINI P., 1982. *Castelcivita*. Riv. Sc. Preist., **37** (1-2), 309.
- GAMBASSINI P., 1995. *Grotta di Castelcivita (Salerno)*. In: AA.VV., *Il Paleolitico dell'Italia centro-meridionale*. Guide Archeologiche, 1, XXIII Congresso UISPP, Forlì, 82-89.
- GAMBASSINI P., 1997. *Il paleolitico di Castelcivita: cultura e ambiente*. Materiae, Electa Napoli, 159 pp.
- GASPARO F., 1973. *Attività della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" nella regione carsica del Monte Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 83-87.
- GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.
- GIULIVO I., SANTO A., 2005. *Le esplorazioni della Grotta di Castelcivita*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 416-417.
- GIULIVO I., DEL PRETE S., PICIOCCHI A., RUSSO N., SANTO A., 2005. *Storia della speleologia in Campania*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 85-103.
- GRAFFI R., 1978. *Attività del G.S. C.A.I. Napoli nel biennio 1976-77*. Club Alpino Italiano, sezione di Napoli, Annuario Speleologico 1976-77, **4**, 71-75.
- GRUPPO SOMMOZZATORI, 1974. *Attività Gruppo Sommozzatori*. Club Alpino Italiano, sezione di Napoli, Annuario Speleologico 1972-73, 39-40.
- GRUPPO SPELEOLOGICO CAI NAPOLI, 1974. *Ricerche nelle grotte di Castelcivita e dell'Ausino*. Club Alpino Italiano, sezione di Napoli, Annuario Speleologico 1972-73, 78-79.
- GRUPPO SPELEOLOGICO CAI NAPOLI, 1992. *Programma di ricerca biospeleologica in cavità dei Monti Alburni*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, settembre 1992, **2**, 34.
- INGUSCIO S., ROSSI E., MAURANO F., PARISE M., 2010. *Biospeleologia ed evoluzione paleogeografica della Campania*. In: T. MITRANO (Ed.) Atti 2° Convegno Regionale di Speleologia "Campania Speleologica 2010", Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 137-147.
- IORIO P., 1984. *Grotte di Castelcivita*. Tip. Tofani, Alatri, 110 pp.
- LAURETI L., 1968. *Le cavità di attraversamento dell'Appennino Centro Meridionale*. Proceedings 4th Int. Congress of Speleology, Yugoslavia, 12-26 September 1965, **3**, 509-524.
- LAZZARI A., 1959. *Segnalazione di una stazione del Paleolitico superiore all'ingresso della Grotta di Castelcivita (Salerno)*. Boll. Soc. Natur. in Napoli, **25**, 349-352.
- LEUCI G., 1974. *Su alcuni resti di vertebrati rinvenuti nella Grotta di Castelcivita*. Club Alpino Italiano, sezione di Napoli, Annuario Speleologico 1972-73, 68.
- LO JACONO E., AJI G., 1978. *Il gruppo speleologico a Castelcivita*. Notiziario sez. CAI, Napoli, **1**, 6.

- MANGHISI V., 2003. *Storie e leggende carsiche dei Monti Alburni (Campania)*. Puglia Grotte, boll. Gruppo Puglia Grotte, Castellana-Grotte, 11-18.
- MARIANI F., 1995. *Le grotte d'Italia: brevi note su una visita alle Grotte di Castelcivita (SA) il 16.8.94*. Speleologia, a. XVI, ottobre 1995, Notizie Italiane, **33**, 81.
- MARINO A., 1981. *Escursione alla Grotta di Castelcivita*. Speleo Etna, Catania, **49**, 19-20.
- MAURANO F., FIORITO P., GUIDA M., METSI D., PICIOCCHI A., MELLUSO G., 2003. *Castelcivita Caves: chemical and microbiological pollution*. Atti International Symposium of Speleotherapy, Solotvino (Ukraine), 22-25 sept. 1993.
- MAURANO F., DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., SANTO A., PARISE M., 2013. *Alburni, l'esplorazione speleologica infinita*. Montagne 360°, Febbraio 2013, 40-43.
- MITRANO T., 2008. *Gli anni precedenti al 1957*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 115-122.
- OGGIONI C., 1973. *Relazione sul triplice incidente del 20/5/1973 nella Grotta di Castelcivita*. Centro attività subacquea Ancona.
- PALMA DI CESNOLA A., 1976. *Grotta di Castelcivita*. Riv. Sc. Preist., **31**, 294-295.
- PALMINTERI R., 1987. *Nota biologica sul sopralluogo del 9 dicembre 1962 alle grotte di Castelcivita*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, dicembre 1987, **3**, 31.
- PAONE M., 1971. *Attività nel 1971*. Club Alpino Italiano, sezione di Napoli, Annuario Speleologico, 5.
- PAONE M., 1974. *Attività 1972*. Club Alpino Italiano, sezione di Napoli, Annuario Speleologico 1972-73, 37-38.
- PARISE M., 2011. *Some considerations on show cave management issues in Southern Italy*. In: P.E. VAN BEYNEN (Ed.), *Karst management*. Springer, ISBN 978-94-007-1206-5, pp. 159-167.
- PELLEGRINI E., PIPERNO M., 2005. *Preistoria e protostoria della Campania*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 117-139.
- PERICOLI S., 1959. *Rinvenimento di manufatti litici nella Grotta di Castelcivita e di pitture rupestri nella Grotta di Frà Liberto*. Boll. Soc. Natur. in Napoli, **24**, 345-348.
- PICIOCCHI A., 1972. *Nuovo contributo alla conoscenza del Paleolitico nella Grotta di Castelcivita (Salerno)*. Boll. Soc. Natur. in Napoli, **81**, 369-374.
- PICIOCCHI A., 1974. *La facies Bertonia nella area dell'Alburno*. Club Alpino Italiano, sezione di Napoli, Annuario Speleologico 1972-73, 61-63.
- PICIOCCHI A., 1992. *Stazione di rilevamento microclimatico nella Grotta di Castelcivita (SA)*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, dicembre 1992, **3**, 15-16.
- PICIOCCHI A., TEDESCO R., 2008. *Gli anni dal 1957 al 1969*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 123-132.
- RODRIGUEZ A., 1974. *Sulla nuova teoria speleogenetica "per miscela di acque"*. Club Alpino Italiano, sezione di Napoli, Annuario Speleologico 1972-73, 29-31.
- RODRIGUEZ A., 1974. *Il recente allagamento della Grotta di Castelcivita*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, **74**, 41-43.
- RODRIGUEZ A., 1974. *Nuove vedute sulla genesi delle grotte dell'Ausino e di Castelcivita*. Boll. Soc. Natur. in Napoli, **83**, 91-99.
- RODRIGUEZ A., 1975. *Attività del gruppo*. Club Alpino Italiano, sezione di Napoli, Annuario Speleologico 1974-75, 109-112.
- RODRIGUEZ A., 1975. *Verifica sperimentale della genesi della grotta di Castelcivita e di quella dell'Ausino negli Alburni*. Actes 5° Cong. Suisse de Speleol., Interlaken, september 1974.
- RODRIGUEZ A., 1976. *Il complesso carsico Ausino-Castelcivita*. Speleologia Emiliana, **101**, 2.
- RUSSO D., 1995. *Della presenza di *Rhinolophus euryale Blasius*, 1853 nella Grotta di Castelcivita (SA)*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, novembre 1995, **2**, 35-36.
- RUSSO D., 1997. *Ritrovamento di un esemplare di *faina Martes foina Erxleben*, 1777 nella Grotta di Castelcivita, n° 2 Cp (Sa) (Mammalia, Carnivora)*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, aprile 1997, **1**, 41-43.
- RUSSO N., 1995. *Alburni*. Speleologia, a. XVI, marzo 1995, Notizie Italiane, **32**, 108-109.
- SANTANGELO N., SANTO A., GIULIVO I., 2005. *Il carsismo campano, una risorsa fragile da tutelare*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 49-

65.

- SANTO A., 1988. *Alcune osservazioni sul carsismo ipogeo dei M. Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 71-88.
- SANTO A., 1993. *Idrogeologia dell'area carsica di Castelcivita (M. Alburni – SA)*. Geologia Applicata e Idrogeologia, **28**, 663-673.
- SANTO A., 2008. *Il carsismo ipogeo dei Monti Alburni: stato delle conoscenze e nuove prospettive esplorative*. In: M. PARISE, S. INGUSCIO & A. MARANGELLA (Eds.), *Geomorfologia carsica*. Atti 45° Corso CNSS-SSI di III livello, Grottaglie, pp. 75-92.
- TROTTA M., 1931. *Grotte della Campania*. Le Grotte d'Italia, a. IX, gennaio-marzo 1931, 3-30.
- VERNIER E., 1982. *Chiotteri dei Monti Alburni*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, gennaio-giugno 1982, **1**, 125-128.

Cp 3 – Grotta del Convento di Polla

- BATTAGLIA R., 1929. *La Grotta di Controne. Appunti sulla speleologia del Cilento e della Lucania*. Le Grotte d'Italia, s. **3**, **3**, 148-158.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- TROTTA M., 1931. *Grotte della Campania*. Le Grotte d'Italia, a. IX, gennaio-marzo 1931, 3-30.

Cp 4 – Grotta di Polla

- BARKER G., 1974. *The prehistoric faunal sample from the Grotta di Polla (Salerno)*. Origini.
- BATTAGLIA R., 1929. *La Grotta di Controne. Appunti sulla speleologia del Cilento e della Lucania*. Le Grotte d'Italia, s. **3**, **3**, 148-158.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- CAPOLONGO D., 1989. *Specie cavernicole di Campania: primo aggiornamento*. Atti XV Congresso Nazionale di Speleologia, Castellana-Grotte, 10-13 settembre 1987, pp. 811-840.
- DAVIDE B., 1959. *La Grotta di Polla, scaricatore pleistocenico del lago del Vallo di Diano*. Studia Speleologica, **4**, 31-47.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1990 al 1999*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. **V**, **2**, 157-164.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Grotta di Polla (CP 4)*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. **V**, **2**, 234-237.
- DEL VECCHIO U., MITRANO T., 2008. *Gli anni dal 2000 al 2007*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. **V**, **2**, 165-178.
- GASTALDI P., 1974. *Polla*. In: G. BAILO MODESTI, B. D'AGOSTINO & P. GASTALDI (Eds.), *Seconda mostra della Preistoria e della Protostoria nel Salernitano*. Pietro Laveglia ed., Salerno, pp. 51-64.
- GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.
- GIULIVO I., DEL PRETE S., PICIOCCHI A., RUSSO N., SANTO A., 2005. *Storia della speleologia in Campania*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 85-103.
- IOVINO F., LALA A., 2004. *Le nuove esplorazioni alla grotta di Polla nel contesto del fenomeno carsico del settore nord-occidentale del Vallo di Diano (SA)*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. **I**, **1**, 81-86.
- MESSERI P., 1957. *Crani umani rinvenuti nella Grotta di Polla (SA)*. Nota dello Studia Speleologica 1957, Napoli, **4**, 57-60.

PARENTI R., 1957. *Ossa umane provenienti dalla Grotta di Polla (SA)*. Studia Speleologica, 3-7.

PELLEGRINI E., PIPERNO M., 2005. *Preistoria e protostoria della Campania*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 117-139.

SANTANGELO N., SANTO A., GIULIVO I., 2005. *Il carsismo campano, una risorsa fragile da tutelare*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 49-65.

TROTTA M., 1931. *Grotte della Campania*. Le Grotte d'Italia, a. IX, gennaio-marzo 1931, 3-30.

Cp 5 – Grotta del Secchio

ANONIMO, 1927. *La scoperta della Grotta del Secchio*. Il Mattino, 17-18 novembre 1927, Napoli.

BATTAGLIA R., 1929. *La Grotta di Controne. Appunti sulla speleologia del Cilento e della Lucania*. Le Grotte d'Italia, s. 3, 3, 148-158.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1980 al 1989. L'Appennino Meridionale*, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, 2, 145-156.

SANTO A., 1990. *Alburni campo speleo 1989*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1990, 1, 18-19.

TROTTA M., 1931. *Grotte della Campania*. Le Grotte d'Italia, a. IX, gennaio-marzo 1931, 3-30.

Cp 6 – Grotta di San Michele

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

FESTA L., 1975. *Arte e archeologia in grotte campane*. Club Alpino Italiano, sezione di Napoli, Annuario Speleologico 1974-75, 21-52.

KALBY L., PLACHESI A., KALBY M., 2005. *Gli insediamenti rupestri medievali*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 141-169.

MANGHISI V., 2003. *Storie e leggende carsiche dei Monti Alburni (Campania)*. Puglia Grotte, boll. Gruppo Puglia Grotte, Castellana-Grotte, 11-18.

TROTTA M., 1931. *Grotte della Campania*. Le Grotte d'Italia, a. IX, gennaio-marzo 1931, 3-30.

Cp 7 – Grotta di Sant'Elia

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

KALBY L., PLACHESI A., KALBY M., 2005. *Gli insediamenti rupestri medievali*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 141-169.

MANGHISI V., 2003. *Storie e leggende carsiche dei Monti Alburni (Campania)*. Puglia Grotte, boll. Gruppo Puglia Grotte, Castellana-Grotte, 11-18.

TROTTA M., 1931. *Grotte della Campania*. Le Grotte d'Italia, a. IX, gennaio-marzo 1931, 3-30.

Cp 8 – Grotta del Lauro

- BATTAGLIA R., 1929. *La Grotta di Controne. Appunti sulla speleologia del Cilento e della Lucania*. Le Grotte d'Italia, s. 3, 3, 148-158.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- BOCCHINO B., DEL VECCHIO U., DE NITTO L., LO MASTRO F., MARRAFFA M., MAURANO F., MINIERI G., PARISE M., RUOCCO M., 2014. *Increasing people's awareness about the importance of karst landscapes and aquifers: an experience from southern Italy*. In: N. Kukuric, Z. Stevanovic, N. Kresic (Eds.), *Proceedings International Conference and Field Seminar "Karst without boundaries"*, 11-15 June 2014, Trebinje – Dubrovnik (Bosnia & Herzegovina – Croatia), 398-405.
- DAMIANO N., DEL VECCHIO U., FRATTINI P., LALA A., MITRANO T., RUOCCO M., SOLDOVIERI M.G., 2004. *Ricerche speleologiche nell'area di Petina (SA) – Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. I, 1, 78-81.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- SANTO A., 1988. *Alcune osservazioni sul carsismo ipogeo dei M. Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 71-88.
- TROTTA M., 1931. *Grotte della Campania*. Le Grotte d'Italia, a. IX, gennaio-marzo 1931, 3-30.

Cp 9 – Grava superiore alla Grotta Minerva

- ABIGNENTE F., SIMONE G., FABRIZIO T., CIANCIO L., 1986. *Catasto grotte della Campania*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, febbraio 1986, 1, 18-20.
- ABIGNENTE F., SIMONE G., FABRIZIO T., DE STEFANO M., MARTINELLI M., TESCIONE M., BENEDESI M., ESPOSITO A., PELELLA L., LASSANDRO B., AMOROSO M., PICIOCCHI M., MANNILE M., RIOLO R., 1986. *Catasto grotte della Campania*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, giugno 1986, 2, 17-20.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- TROTTA M., 1931. *Grotte della Campania*. Le Grotte d'Italia, a. IX, gennaio-marzo 1931, 3-30.

Cp 10 – Grava inferiore alla Grotta Minerva

- ABIGNENTE F., SIMONE G., FABRIZIO T., CIANCIO L., 1986. *Catasto grotte della Campania*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, febbraio 1986, 1, 18-20.
- ABIGNENTE F., SIMONE G., FABRIZIO T., DE STEFANO M., MARTINELLI M., TESCIONE M., BENEDESI M., ESPOSITO A., PELELLA L., LASSANDRO B., AMOROSO M., PICIOCCHI M., MANNILE M., RIOLO R., 1986. *Catasto grotte della Campania*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, giugno 1986, 2, 17-20.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- TROTTA M., 1931. *Grotte della Campania*. Le Grotte d'Italia, a. IX, gennaio-marzo 1931, 3-30.

Cp 11 – Grava Costa del Pateto

- ABIGNENTE F., SIMONE G., FABRIZIO T., CIANCIO L., 1986. *Catasto grotte della Campania*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, febbraio 1986, 1, 18-20.
- ABIGNENTE F., SIMONE G., FABRIZIO T., DE STEFANO M., MARTINELLI M., TESCIONE M., BENEDESI M., ESPOSITO A., PELELLA L., LASSANDRO B., AMOROSO M., PICIOCCHI M., MANNILE M., RIOLO R., 1986. *Catasto grotte della Campania*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, giugno 1986, 2, 17-20.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore,

Avellino.

- CECERE P., 1973. *Geomorfologia delle cavità di Postiglione*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, novembre 1973, **6**.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- GRUPPO SPELEOLOGICO CAI NAPOLI, 1973. *Elenco pubblicazioni 1972 e 1973*. Club Alpino Italiano, sezione di Napoli, Annuario Speleologico 1972-73, 75-79.
- TROTTA M., 1931. *Grotte della Campania*. Le Grotte d'Italia, a. IX, gennaio-marzo 1931, 3-30.

Cp 12 – Grotte dell'Ausino

- BARBERA C., CONTE A., VIRGILI A., 1987. *Prime osservazioni sulle mammofaune della grotta dell'Ausino (SA)*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, dicembre 1987, **3**, 31-35.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- BOCCHINO B., 1995. *Esplo - 94*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, febbraio 1995, **1**, 37-39.
- CAROTENUTO V., 1971. *Prove di lavaggio con ultrasuoni di reperti preistorici*. Club Alpino Italiano, sezione di Napoli, Annuario Speleologico, 9.
- COZZOLINO L., PIANESE N., 2008. *Gli anni dal 1970 al 1979*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 133-144.
- D'ARIENZO R., BOCCHINO B., 2013. *Sulla scia del vento nuovo*. Speleologia, a. XXXIV, dicembre 2013, **69**, 19-24.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- DEL PRETE S., 1994. *Attività speleologica del campo estivo '93*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, luglio 1994, **3**, 31-34.
- DEL PRETE S., 2008. *Grotta dell'Ausino (CP 12)*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 244-247.
- DEL VECCHIO U., 2007. *Cinquant'anni di vita del Gruppo Speleologico CAI Napoli*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. IV, **2**, 155-163.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1990 al 1999*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 157-164.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Il gruppo speleosubacqueo del GS CAI Napoli*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 185-190.
- DI NOCERA S., PICIOCCHI A., RODRIQUEZ A., 1972. *La Grotta dell'Ausino. Genesi, morfologia e primo contributo di preistoria*. Boll. Soc. Natur. in Napoli, **81**, 83-116.
- FIORITO P., GUIDA M., MAURANO F., 1992. *Studio sull'inquinamento chimico e microbiologico di alcune aree carsiche campane*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, dicembre 1992, **3**, 8-9.
- FIORITO P., GUIDA M., MAURANO F., MESTH D., 1993. *Valutazione sull'inquinamento chimico e microbiologico di una area carsica "Monti Alburni"*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, settembre 1993, **2**, 14-15.
- GASPARO F., 1973. *Attività della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" nella regione carsica del Monte Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 83-87.
- GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.
- GIULIVO I., DEL PRETE S., PICIOCCHI A., RUSSO N., SANTO A., 2005. *Storia della speleologia in Campania*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 85-103.
- GRUPPO SOMMOZZATORI, 1974. *Attività Gruppo Sommozzatori*. Club Alpino Italiano, sezione di Napoli, Annuario Speleologico 1972-73, 39-40.
- GRUPPO SPELEOLOGICO CAI NAPOLI, 1974. *Ricerche nelle grotte di Castelcivita e dell'Ausino*. Club Alpino Italiano, sezione di Napoli, Annuario Speleologico 1972-73, 78-79.
- JANCARIK A., HORACEK I., 1988. *Fauna subfossile di piccoli mammiferi nella grotta dell'Ausino (M. Alburni) in Italia meridionale*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 185-186.

- MAURANO F., DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., SANTO A., PARISE M., 2013. *Alburni, l'esplorazione speleologica infinita*. Montagne 360°, Febbraio 2013, 40-43.
- MEUCCI A.M., 1971. *Note paleontologiche sulla Grotta dell'Ausino, Castelcivita (SA)*. Club Alpino Italiano, sezione di Napoli, Annuario Speleologico, 10-15.
- PAONE M., 1971. *Attività nel 1971*. Club Alpino Italiano, sezione di Napoli, Annuario Speleologico, 5.
- PAONE M., 1974. *Attività 1972*. Club Alpino Italiano, sezione di Napoli, Annuario Speleologico 1972-73, 37-38.
- PELLEGRINI E., PIPERNO M., 2005. *Preistoria e protostoria della Campania*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 117-139.
- PICIOCCHI A., 1971. *Note "gravettiane" sulla Grotta dell'Ausino, Castelcivita (SA)*. Club Alpino Italiano, sezione di Napoli, Annuario Speleologico, 6-8.
- PICIOCCHI A., 1972. *Il Gravettiano nella Grotta dell'Ausino. Nota preliminare*. Boll. Soc. Natur. in Napoli, **81**.
- PICIOCCHI A., 1972. *Nota preliminare sui reperti di materiale preistorico rinvenuto nella Grotta dell'Ausino (Salerno)*. Boll. Soc. Natur. in Napoli, **81**, 313-318.
- PICIOCCHI A., 1973. *Il Mesolitico della Grotta dell'Ausino*. Club Alpino Italiano, sezione di Napoli, Annuario Speleologico 1972-73, 49-55.
- PICIOCCHI A., 1973. *Stuette zoomorfe nello strato epigravettiano della Grotta dell'Ausino nella provincia di Salerno (Campania - Italia)*. Boll. Soc. Natur. in Napoli, **82**, 307-314.
- PICIOCCHI A., 1974. *I Mesolitici campani e la loro economia (primo contributo)*. Club Alpino Italiano, sezione di Napoli, Annuario Speleologico 1972-73, 43-55.
- PICIOCCHI A., 1974. *La facies Bertoniana nell'area dell'Alburno*. Club Alpino Italiano, sezione di Napoli, Annuario Speleologico 1972-73, 61-63.
- PICIOCCHI A., RODRIQUEZ A., 1977. *Ulteriori ritrovamenti di ceramiche eneolitiche della cultura di Piano Conte nella grotta dell'Ausino, Salerno*, Boll. Soc. Natur. in Napoli, **85**, 277-297.
- PICIOCCHI A., TEDESCO R., 2008. *Gli anni dal 1957 al 1969*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 123-132.
- RODRIQUEZ A., 1974. *Nuove vedute sulla genesi delle grotte dell'Ausino e di Castelcivita*. Boll. Soc. Natur. in Napoli, **83**, 91-99.
- RODRIQUEZ A., 1974. *Sulla nuova teoria speleogenetica "per miscela di acque"*. Club Alpino Italiano, sezione di Napoli, Annuario Speleologico 1972-73, 29-31.
- RODRIQUEZ A., 1975. *Verifica sperimentale della genesi della grotta di Castelcivita e di quella dell'Ausino negli Alburni*. Actes 5° Cong. Suisse de Speleol., Interlaken, september 1974.
- RODRIQUEZ A., 1976. *Il complesso carsico Ausino-Castelcivita*. Speleologia Emiliana, **101**, 2.
- RUSSO N., 1995. *Alburni*. Speleologia, a. XVI, marzo 1995, Notizie Italiane, **32**, 108-109.
- SANTANGELO N., SANTO A., GIULIVO I., 2005. *Il carsismo campano, una risorsa fragile da tutelare*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 49-65.
- SANTO A., 1988. *Alcune osservazioni sul carsismo ipogeo dei M. Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 71-88.
- SANTO A., 1993. *Idrogeologia dell'area carsica di Castelcivita (M. Alburni – SA)*. Geologia Applicata e Idrogeologia, **28**, 663-673.
- TROTTA M., 1931. *Grotte della Campania*. Le Grotte d'Italia, a. IX, gennaio-marzo 1931, 3-30.
- VONA BUONFIGLIO J., 1971. *I ditteri culicidi catturati nella Grotta dell'Ausino, Castelcivita (SA)*. Club Alpino Italiano, sezione di Napoli, Annuario Speleologico, 16-20.

Cp 29 – Grotta smersa di Ottati

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di

Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

TROTTA M., 1931. *Grotte della Campania*. Le Grotte d'Italia, a. IX, gennaio-marzo 1931, 3-30.

Cp 31 – Grotta dell'Auso di Ottati

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1980 al 1989*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 145-156.

DI DONATO A., 1998. *Alburni '97*. Speleologia Dauna, 39-41.

FINOCCHIARO C., 1962. *L'antico reticolo idrografico sull'Altipiano dell'Alburno*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **2**, 27-40.

FINOCCHIARO C., 1973. *Distribuzione delle cavità naturali nella zona centrale dell'Altopiano dell'Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 79-82.

FIORITO P., GUIDA M., MAURANO F., 1992. *Studio sull'inquinamento chimico e microbiologico di alcune aree carsiche campane*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, dicembre 1992, **3**, 8-9.

FIORITO P., GUIDA M., MAURANO F., MESTH D., 1993. *Valutazione sull'inquinamento chimico e microbiologico di una area carsica "Monti Alburni"*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, settembre 1993, **2**, 14-15.

GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.

INGUSCIO S., 1993. *Sul ritrovamento di un crostaceo troglobio nella Risorgenza dell'Auso*. Speleologia, a. XIV, ottobre 1993, **29**, 88.

INGUSCIO S., ROSSI E., MAURANO F., PARISE M., 2010. *Biospeleologia ed evoluzione paleogeografica della Campania*. In: T. MITRANO (Ed.) Atti 2° Convegno Regionale di Speleologia "Campania Speleologica 2010", Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 137-147.

LO MASTRO F., 1993. *L'Auso ritrovato*. Speleologia, a. XIV, ottobre 1993, **29**, 86-88.

MARTIMUCCI V., MAURANO F., 2010. *Dall'AIRES all'Alburni Exploration Team. Storia (breve e non esaustiva) di esplorazioni sul Massiccio degli Alburni*. In: T. MITRANO (Ed.) Atti 2° Convegno Regionale di Speleologia "Campania Speleologica 2010", Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 47-60.

MAURANO F., DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., SANTO A., PARISE M., 2013. *Alburni, l'esplorazione speleologica infinita*. Montagne 360°, Febbraio 2013, 40-43.

ONORATO R., 1993. *Resoconto sull'immersione alla Risorgenza dell'Auso*. Speleologia, a. XIV, ottobre 1993, **29**, 86-87.

SANTO A., 1988. *Un anno di attività sugli Alburni*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, luglio 1988, **2**, 15-16.

SANTO A., 2008. *Il carsismo ipogeo dei Monti Alburni: stato delle conoscenze e nuove prospettive esplorative*. In: M. PARISE, S. INGUSCIO & A. MARANGELLA (Eds.), *Geomorfologia carsica*. Atti 45° Corso CNSS-SSI di III livello, Grottaglie, pp. 75-92.

TROTTA M., 1931. *Grotte della Campania*. Le Grotte d'Italia, a. IX, gennaio-marzo 1931, 3-30.

Cp 37 – Grotta di Carlo Magno

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 39 – Grotta di Acquaviva

ABIGNENTE F., SIMONE G., FABRIZIO T., CIANCIO L., 1986. *Catasto grotte della Campania*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, febbraio 1986, **1**, 18-20.

ABIGNENTE F., SIMONE G., FABRIZIO T., DE STEFANO M., MARTINELLI M., TESCIONE M., BENEDESI M., ESPOSITO A., PELELLA L., LASSANDRO B., AMOROSO M., PICIOCCHI M., MANNILE M., RIOLO R., 1986. *Catasto grotte della Campania*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, giugno 1986, **2**, 17-20.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 47 – Grotta della Montagna di Castelcivita

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 49 – Frattura Campitelli

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

GIULIANI P., 1999. *Monti Alburni: tre anni di campi estivi*. Speleologia Dauna, 29-39.

Cp 84 – Grava di Don Carletto

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

VIANELLO M., 1965. *La terza Campagna Speleologica sull'Altopiano dell'Alburno della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" – Luglio-Agosto 1963*. Rassegna Speleologica Italiana, a. XVII, fasc. 1-4, 27-33.

Cp 85 – Pozzo doppio c/o Fontana Madonna del Monte

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

VIANELLO M., 1965. *La terza Campagna Speleologica sull'Altopiano dell'Alburno della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" – Luglio-Agosto 1963*. Rassegna Speleologica Italiana, a. XVII, fasc. 1-4, 27-33.

Cp 86 – Inghiottoio I dei Piani di Santa Maria

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 27-35.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013, **1**, 41-46.

GASPARO F., 1973. *Attività della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" nella regione carsica del Monte Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 83-87.

GASPARO F., 1972. *L'Inghiottoio dei Piani di S. Maria*. Rassegna Speleologica Italiana, **4** (2), 150-156.

- GASPARO F., 1973. *Spedizione 1973 sul Monte Alburno*. Rassegna Speleologica Italiana, a. XXV, fasc. 1-4, 204.
- GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.
- MARTIMUCCI V., MAURANO F., 2010. *Dall'AIRES all'Alburni Exploration Team. Storia (breve e non esaustiva) di esplorazioni sul Massiccio degli Alburni*. In: T. MITRANO (Ed.) Atti 2° Convegno Regionale di Speleologia "Campania Speleologica 2010", Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 47-60.
- MAURANO F., DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., SANTO A., PARISE M., 2013. *Alburni, l'esplorazione speleologica infinita*. Montagne 360°, Febbraio 2013, 40-43.
- PROIETTO G., 2001. *Effettuata la giunzione tra l'Inghiottitoio I e III dei Piani di Santa Maria (Monti Alburni, SA)*. Speleologia, a. XXII, Notizie Italiane, settembre 2001, **44**, 87-88.
- PROIETTO G., BUONGIORNO V., 2001. *Esplorazioni sui monti Alburni: la zona dei Piani di Santa Maria*. Puglia Grotte, boll. Gruppo Puglia Grotte, Castellana-Grotte, 5-16.
- SANTO A., 1988. *Alcune osservazioni sul carsismo ipogeo dei M. Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 71-88.
- VIANELLO M., 1965. *La terza Campagna Speleologica sull'Altopiano dell'Alburno della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" – Luglio-Agosto 1963*. Rassegna Speleologica Italiana, a. XVII, fasc. 1-4, 27-33.
- VIANELLO M., 1970. *La valle carsica di Santa Maria (Monte Alburno – Salerno)*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **10**, 21-27.

Cp 87 – Cavernetta dei Piani di Santa Maria

- ABIGNENTE F., 1988. *Catasto grotte della Campania*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, luglio 1988, **2**, 27-28.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- VIANELLO M., 1965. *La terza Campagna Speleologica sull'Altopiano dell'Alburno della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" – Luglio-Agosto 1963*. Rassegna Speleologica Italiana, a. XVII, fasc. 1-4, 27-33.
- VIANELLO M., 1970. *La valle carsica di Santa Maria (Monte Alburno – Salerno)*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **10**, 21-27.

Cp 88 – Inghiottitoio II dei Piani di Santa Maria

- ABIGNENTE F., 1988. *Catasto grotte della Campania*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, luglio 1988, **2**, 27-28.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- PROIETTO G., BUONGIORNO V., 2001. *Esplorazioni sui monti Alburni: la zona dei Piani di Santa Maria*. Puglia Grotte, boll. Gruppo Puglia Grotte, Castellana-Grotte, 5-16.
- SANTO A., 1988. *Alcune osservazioni sul carsismo ipogeo dei M. Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 71-88.
- VIANELLO M., 1970. *La valle carsica di Santa Maria (Monte Alburno – Salerno)*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **10**, 21-27.

Cp 89 – Pozzo dei Piani di Santa Maria

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

VIANELLO M., 1965. *La terza Campagna Speleologica sull'Altopiano dell'Alburno della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" – Luglio-Agosto 1963*. Rassegna Speleologica Italiana, a. XVII, fasc. 1-4, 27-33.

VIANELLO M., 1970. *La valle carsica di Santa Maria (Monte Alburno – Salerno)*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **10**, 21-27.

Cp 90 – Pozzo I di Madonna del Monte

ABIGNENTE F., 1990. *Catasto grotte della Campania. Attività svolta nell'anno 1988*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1990, **1**, 23-25.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

VIANELLO M., 1965. *La terza Campagna Speleologica sull'Altopiano dell'Alburno della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" – Luglio-Agosto 1963*. Rassegna Speleologica Italiana, a. XVII, fasc. 1-4, 27-33.

Cp 91 – Pozzo II di Madonna del Monte

ABIGNENTE F., 1990. *Catasto grotte della Campania. Attività svolta nell'anno 1988*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1990, **1**, 23-25.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

VIANELLO M., 1965. *La terza Campagna Speleologica sull'Altopiano dell'Alburno della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" – Luglio-Agosto 1963*. Rassegna Speleologica Italiana, a. XVII, fasc. 1-4, 27-33.

Cp 92 – Grava di Madonna del Monte

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni. L'Appennino Meridionale*, Annuario CAI sez. Napoli, 27-35.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1980 al 1989. L'Appennino Meridionale*, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 145-156.

DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), *Proceedings 16th International Congress of Speleology*, Brno, 21-28 July 2013, **1**, 41-46.

GASPARO F., 1973. *Attività della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" nella regione carsica del Monte Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 83-87.

GUIDI P., 1969. *La Grava di Madonna del Monte*. Speleologia Emiliana, ser. II, a. I, **7**, 65-69.

GUIDI P., 1973. *L'ottava campagna esplorativa della Commissione Grotte Boegan sul Monte Alburno (Salerno)*. Rassegna Speleologica Italiana, **25** (1-4), 126-135.

MAURANO F., DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., SANTO A., PARISE M., 2013. *Alburni, l'esplorazione speleologica infinita*. Montagne 360°, Febbraio 2013, 40-43.

VIANELLO M., 1962. *Alcune cavità dell'Alburno*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **2**, 51-66.

ZEZZA V., 1986. *Le nostre ultime attività*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, giugno 1986, **2**, 16.

Cp 93 – Grava di Melicupo

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 27-35.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013, **1**, 41-46.
- FINOCCHIARO C., 1973. *Distribuzione delle cavità naturali nella zona centrale dell'Altopiano dell'Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 79-82.
- GASPARO F., 1973. *Attività della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" nella regione carsica del Monte Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 83-87.
- MARTIMUCCI V., MAURANO F., 2010. *Dall'AIRES all'Alburni Exploration Team. Storia (breve e non esaustiva) di esplorazioni sul Massiccio degli Alburni*. In: T. MITRANO (Ed.) Atti 2° Convegno Regionale di Speleologia "Campania Speleologica 2010", Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 47-60.
- SANTO A., 1988. *Alcune osservazioni sul carsismo ipogeo dei M. Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 71-88.
- VIANELLO M., 1962. *Alcune cavità dell'Alburno*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **2**, 51-66.
- VIANELLO M., 1965. *La IV Campagna Speleologica della Commissione Grotte "E. Boegan" sull'Altopiano dell'Alburno (SA) 1964*. Rassegna Speleologica Italiana, a. XVII, fasc. 1-4, 90.
- VIANELLO M., 1965. *Il fenomeno carsico dell'Altopiano dell'Alburno e la sua evoluzione*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **5**, 111-139.

Cp 94 – Grava del Fumo

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 27-35.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- BOCCHINO B., 1995. *Esplo - 94*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, febbraio 1995, **1**, 37-39.
- CALANDRI G., RAMELLA L., 1989. *Le grandi cavità italiane*. Atti XV Congresso Nazionale di Speleologia, Castellana-Grotte, 10-13 settembre 1987, pp. 417-433.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- DEL VECCHIO U., 1992. *Analisi frattale applicata alla speleologia*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1992, **1**, 23-25.
- DEL VECCHIO U., 2007. *Cinquant'anni di vita del Gruppo Speleologico CAI Napoli*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. IV, **2**, 155-163.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1980 al 1989*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 145-156.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1990 al 1999*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 157-164.
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., 2013. *Monti Alburni*. Speleologia, a. XXXIV, giugno 2013, **68**, 31-33. [versione italiana]
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., 2013. *Alburni Mountains*. Speleologia, a. XXXIV, giugno 2013, **68**, 31-33. [versione inglese]
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds),

- Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013, **1**, 41-46.
- FINOCCHIARO C., 1965. *Attività della Commissione Grotte "E. Boegan" nell'Italia centro-meridionale*. Atti VI Convegno di Speleologia dell'Italia centro-meridionale, Firenze, 14-15 novembre 1965, 9-14.
- FINOCCHIARO C., 1973. *Distribuzione delle cavità naturali nella zona centrale dell'Altopiano dell'Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 79-82.
- FIORITO P., GUIDA M., MAURANO F., 1992. *Studio sull'inquinamento chimico e microbiologico di alcune aree carsiche campane*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, dicembre 1992, **3**, 8-9.
- FIORITO P., GUIDA M., MAURANO F., MESTH D., 1993. *Valutazione sull'inquinamento chimico e microbiologico di una area carsica "Monti Alburni"*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, settembre 1993, **2**, 14-15.
- GASPARO F., 1973. *Attività della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" nella regione carsica del Monte Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 83-87.
- GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.
- LAURETI L., 1968. *Le cavità di attraversamento dell'Appennino Centro Meridionale*. Proceedings 4th Int. Congress of Speleology, Yugoslavia, 12-26 September 1965, **3**, 509-524.
- LOVERA U., 1987. *Rilevando gli Alburni*. Grotte, CAI-UGET Torino, gennaio-aprile 1993, **93**, 10.
- MAURANO F., DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., SANTO A., PARISE M., 2013. *Alburni, l'esplorazione speleologica infinita*. Montagne 360°, Febbraio 2013, 40-43.
- SANTO A., 1988. *Alcune osservazioni sul carsismo ipogeo dei M. Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 71-88.
- SANTO A., 2008. *Il carsismo ipogeo dei Monti Alburni: stato delle conoscenze e nuove prospettive esplorative*. In: M. PARISE, S. INGUSCIO & A. MARANGELLA (Eds.), *Geomorfologia carsica*. Atti 45° Corso CNSS-SSI di III livello, Grottaglie, pp. 75-92.
- VIANELLO M., 1962. *L'esplorazione della Grava d'o Fumo*. Grotte, CAI UGET Torino, **17**, 20-23.
- VIANELLO M., 1962. *Alcune cavità dell'Alburno*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **2**, 51-66.
- VIANELLO M., 1965. *La IV Campagna Speleologica della Commissione Grotte "E. Boegan" sull'Altopiano dell'Alburno (SA) 1964*. Rassegna Speleologica Italiana, a. XVII, fasc. 1-4, 90.
- VIANELLO M., 1965. *La Grava del Fumo*. Atti VI Convegno di Speleologia dell'Italia centro-meridionale, Firenze, 14-15 novembre 1965, 37-44.
- VIANELLO M., 1965. *Il fenomeno carsico dell'Altopiano dell'Alburno e la sua evoluzione*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **5**, 111-139.
- VIANELLO M., 1966. *Nuovo contributo alla conoscenza della Grava del Fumo*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **6**, 149-160.
- ZEZZA V., 1986. *Le nostre ultime attività*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, giugno 1986, **2**, 16.

Cp 95 – Grotta delle Pecore

- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- VIANELLO M., 1965. *La terza Campagna Speleologica sull'Altopiano dell'Alburno della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" – Luglio-Agosto 1963*. Rassegna Speleologica Italiana, a. XVII, fasc. 1-4, 27-33.
- VIANELLO M., 1970. *La valle carsica di Santa Maria (Monte Alburno – Salerno)*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **10**, 21-27.

Cp 96 – Grava Bosega

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

SANTO A., 1990. *Alburni campo speleo 1989*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1990, **1**, 18-19.

VIANELLO M., 1965. *La terza Campagna Speleologica sull'Altopiano dell'Alburno della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" – Luglio-Agosto 1963*. Rassegna Speleologica Italiana, a. XVII, fasc. 1-4, 27-33.

Cp 97 – Riparo sotto San Pellegrino

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

VIANELLO M., 1965. *La terza Campagna Speleologica sull'Altopiano dell'Alburno della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" – Luglio-Agosto 1963*. Rassegna Speleologica Italiana, a. XVII, fasc. 1-4, 27-33.

Cp 98 – Grava I del Confine

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni. L'Appennino Meridionale*, Annuario CAI sez. Napoli, 27-35.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds.), *Proceedings 16th International Congress of Speleology*, Brno, 21-28 July 2013, **1**, 41-46.

GASPARO F., 1973. *Attività della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" nella regione carsica del Monte Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 83-87.

GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.

PIEMONTESE T., 1965. *La Grava del Confine e sua relazione col reticolo idrografico del Paleoauso*. Atti VI Convegno di Speleologia dell'Italia centro-meridionale, Firenze, 14-15 novembre 1965, 176-183.

VIANELLO M., 1965. *La IV Campagna Speleologica della Commissione Grotte "E. Boegan" sull'Altopiano dell'Alburno (SA) 1964*. Rassegna Speleologica Italiana, a. XVII, fasc. 1-4, 90.

VIANELLO M., 1965. *Il fenomeno carsico dell'Altopiano dell'Alburno e la sua evoluzione*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **5**, 111-139.

Cp 101 – Grava di Castiglione

ABIGNENTE F., 1988. *Catasto grotte della Campania*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, luglio 1988, **2**, 27-28.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

FINOCCHIARO C., 1973. *Distribuzione delle cavità naturali nella zona centrale dell'Altopiano dell'Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 79-82.

SBORDONI V., MARZOLLA G., PANSECCHI F., PEDONE F., 1967. *Su alcune ricerche speleologiche nel Matese e nel Cilento e note faunistiche*. Notiziario Circolo Speleologico Romano, a. XII, **13-14**, 3-16.

VIANELLO M., 1962. *Alcune cavità dell'Alburno*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **2**, 51-66.

VIANELLO M., 1965. *Il fenomeno carsico dell'Altopiano dell'Alburno e la sua evoluzione*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **5**, 111-139.

Cp 102 – Grava I del Parchitiello

- ABIGNENTE F., 1989. *Catasto grotte della Campania*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1989, **1**, 12-18.
- BELLUCCI F., 1986. *Nuovo rilievo della Grava I del Parchitiello*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, **3**, 21-22.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 27-35.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- DEL VECCHIO U., 1991. *Campo speleo 1990 - Alburni*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1991, **1**, 17-19.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1980 al 1989*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 145-156.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1990 al 1999*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 157-164.
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013, **1**, 41-46.
- FUSILLI G., 1986. *Novità dagli Alburni*. Speleologia, a. VII, febbraio 1986, Notizie Italiane, **14**, 50.
- GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.
- RICCIARDI R., DEL PRETE S., 1993. *Attività campo speleologico – Pasqua '93*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, settembre 1993, **2**, 29-30.
- SANTO A., 1988. *Alcune osservazioni sul carsismo ipogeo dei M. Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 71-88.
- VIANELLO M., 1962. *Alcune cavità dell'Alburno*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **2**, 51-66.
- VIANELLO M., 1965. *Il fenomeno carsico dell'Altipiano dell'Alburno e la sua evoluzione*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **5**, 111-139.

Cp 103 – Inghiottitoio del Parchitiello

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- DEL VECCHIO U., 1991. *Campo speleo 1990 - Alburni*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1991, **1**, 17-19.
- GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.
- LOVERA U., 1987. *Cric & Croc negli Alburni*. Grotte, CAI-UGET Torino, maggio-agosto 1993, **94**, 32-33.
- VIANELLO M., 1965. *Il fenomeno carsico dell'Altipiano dell'Alburno e la sua evoluzione*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **5**, 111-139.

Cp 104 – Grava II del Parchitiello

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 27-35.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

- DEL VECCHIO U., 1991. *Campo speleo 1990 - Alburni*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1991, **1**, 17-19.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1990 al 1999*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 157-164.
- FINOCCHIARO C., 1973. *Distribuzione delle cavità naturali nella zona centrale dell'Altopiano dell'Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 79-82.
- FUSILLI G., 1986. *Novità dagli Alburni*. Speleologia, a. VII, febbraio 1986, Notizie Italiane, **14**, 50.
- GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.
- SANTO A., 1988. *Alcune osservazioni sul carsismo ipogeo dei M. Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 71-88.
- VIANELLO M., 1965. *Il fenomeno carsico dell'Altipiano dell'Alburno e la sua evoluzione*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **5**, 111-139.

Cp 105 – Grava Tempa d'Aresta

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 27-35.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds.), *Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013*, **1**, 41-46.
- GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.
- VIANELLO M., 1965. *Il fenomeno carsico dell'Altipiano dell'Alburno e la sua evoluzione*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **5**, 111-139.

Cp 106 – Grava I di Campitelli

- ATTARDO G., 1983. *Campo estivo '82: ancora Alburni! Ipoantropo*, **1**, 21-23.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- BOCCHINO B., DEL VECCHIO U., DE NITTO L., LO MASTRO F., MARRAFFA M., MAURANO F., MINIERI G., PARISE M., RUOCCO M., 2014. *Increasing people's awareness about the importance of karst landscapes and aquifers: an experience from southern Italy*. In: N. KUKURIC, Z. STEVANOVIC, N. KRESIC (Eds.), *Proceedings International Conference and Field Seminar "Karst without boundaries"*, 11-15 June 2014, Trebinje – Dubrovnik (Bosnia & Herzegovina – Croatia), 398-405.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- DEL VECCHIO U., 1992. *Analisi frattale applicata alla speleologia*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1992, **1**, 23-25.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1990 al 1999*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 157-164.
- GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.
- SANTO A., 1988. *Alcune osservazioni sul carsismo ipogeo dei M. Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 71-88.
- VIANELLO M., 1965. *Il fenomeno carsico dell'Altipiano dell'Alburno e la sua evoluzione*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **5**, 111-139.

Cp 107 – Grava II di Campitelli

- ATTARDO G., 1983. *Campo estivo '82: ancora Alburni!* Ipoantropo, **1**, 21-23.
- BELLUCCI F., 1983. *Campo estivo 1982*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, luglio 1983, **1**, 59-60.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- BOCCHINO B., DEL VECCHIO U., DE NITTO L., LO MASTRO F., MARRAFFA M., MAURANO F., MINIERI G., PARISE M., RUOCCO M., 2014. *Increasing people's awareness about the importance of karst landscapes and aquifers: an experience from southern Italy*. In: N. KUKURIC, Z. STEVANOVIC, N. KRESIC (Eds.), Proceedings International Conference and Field Seminar "Karst without boundaries", 11-15 June 2014, Trebinje – Dubrovnik (Bosnia & Herzegovina – Croatia), 398-405.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- DEL VECCHIO U., 1992. *Analisi frattale applicata alla speleologia*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1992, **1**, 23-25.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1990 al 1999*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 157-164.
- GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.
- SANTO A., 1988. *Alcune osservazioni sul carsismo ipogeo dei M. Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 71-88.
- VIANELLO M., 1965. *Il fenomeno carsico dell'Altipiano dell'Alburno e la sua evoluzione*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **5**, 111-139.

Cp 108 – Grotta dell'Acqua

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- BOCCHINO B., DEL VECCHIO U., DE NITTO L., LO MASTRO F., MARRAFFA M., MAURANO F., MINIERI G., PARISE M., RUOCCO M., 2014. *Increasing people's awareness about the importance of karst landscapes and aquifers: an experience from southern Italy*. In: N. KUKURIC, Z. STEVANOVIC, N. KRESIC (Eds.), Proceedings International Conference and Field Seminar "Karst without boundaries", 11-15 June 2014, Trebinje – Dubrovnik (Bosnia & Herzegovina – Croatia), 398-405.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- DEL VECCHIO U., 1992. *Analisi frattale applicata alla speleologia*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1992, **1**, 23-25.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1980 al 1989*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 145-156.
- SANTO A., 1990. *Alburni campo speleo 1989*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1990, **1**, 18-19.
- VIANELLO M., 1965. *Il fenomeno carsico dell'Altipiano dell'Alburno e la sua evoluzione*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **5**, 111-139.

Cp 109 – Grotta dei Tre Occhi di Ottati

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- RUOCCO M., 2010. *Le grotte del Comune di Ottati (SA)*. In: T. MITRANO (Ed.) Atti 2° Convegno Regionale di Speleologia "Campania Speleologica 2010", Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 61-70.

VIANELLO M., 1965. *La terza Campagna Speleologica sull'Altopiano dell'Alburno della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" – Luglio-Agosto 1963*. Rassegna Speleologica Italiana, a. XVII, fasc. 1-4, 27-33.

Cp 181 – Grava del Macello

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 186 – Grotta di Frà Liberto

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1980 al 1989*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 145-156.

GIULIVO I., DEL PRETE S., PICIOCCHI A., RUSSO N., SANTO A., 2005. *Storia della speleologia in Campania*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 85-103.

KALBY L., PLACHESI A., KALBY M., 2005. *Gli insediamenti rupestri medievali*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 141-169.

MANGHISI V., 2003. *Storie e leggende carsiche dei Monti Alburni (Campania)*. Puglia Grotte, boll. Gruppo Puglia Grotte, Castellana-Grotte, 11-18.

PERICOLI S., 1959. *Rinvenimento di manufatti litici nella Grotta di Castelcivita e di pitture rupestri nella Grotta di Frà Liberto*. Boll. Soc. Natur. in Napoli, **24**, 345-348.

PICIOCCHI A., 1982. *Le pitture rupestri della grotta di Frà Liberto nei pressi di Controne (M. Alburni)*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, gennaio-giugno 1982, **1**, 95-103.

PICIOCCHI A., TEDESCO R., 2008. *Gli anni dal 1957 al 1969*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 123-132.

Cp 189 – Grotta Maffei

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 218 – Grotticella sopra Sant'Antonio in Polla

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 222 – Inghiottitoio II del Parchitiello

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), *Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013*, **1**, 41-46.

Cp 244 – Grava I dei Gatti

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 27-35.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- CALANDRI G., RAMELLA L., 1989. *Le grandi cavità italiane*. Atti XV Congresso Nazionale di Speleologia, Castellana-Grotte, 10-13 settembre 1987, pp. 417-433.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., 2013. *Monti Alburni*. Speleologia, a. XXXIV, giugno 2013, **68**, 31-33. [versione italiana]
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., 2013. *Alburni Mountains*. Speleologia, a. XXXIV, giugno 2013, **68**, 31-33. [versione inglese]
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013, **1**, 41-46.
- DI DONATO A., 1998. *Alburni '97*. Speleologia Dauna, 39-41.
- FINOCCHIARO C., 1973. *Distribuzione delle cavità naturali nella zona centrale dell'Altopiano dell'Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 79-82.
- GASPARO F., 1973. *Attività della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" nella regione carsica del Monte Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 83-87.
- GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.
- LAURETI L., 1968. *Le cavità di attraversamento dell'Appennino Centro Meridionale*. Proceedings 4th Int. Congress of Speleology, Yugoslavia, 12-26 September 1965, **3**, 509-524.
- PIEMONTESE T., 1965. *La Grava dei Gatti*. Rass. Speleol. It., **7** (2), 95-101.
- SANTO A., 2008. *Il carsismo ipogeo dei Monti Alburni: stato delle conoscenze e nuove prospettive esplorative*. In: M. PARISE, S. INGUSCIO & A. MARANGELLA (Eds.), *Geomorfologia carsica*. Atti 45° Corso CNSS-SSI di III livello, Grottaglie, pp. 75-92.
- VIANELLO M., 1962. *Alcune cavità dell'Alburno*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **2**, 51-66.
- VIANELLO M., 1965. *La terza Campagna Speleologica sull'Altopiano dell'Alburno della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" – Luglio-Agosto 1963*. Rassegna Speleologica Italiana, a. XVII, fasc. 1-4, 27-33.
- VIANELLO M., 1965. *La IV Campagna Speleologica della Commissione Grotte "E. Boegan" sull'Altopiano dell'Alburno (SA) 1964*. Rassegna Speleologica Italiana, a. XVII, fasc. 1-4, 90.
- VIANELLO M., 1965. *Il fenomeno carsico dell'Altopiano dell'Alburno e la sua evoluzione*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **5**, 111-139.

Cp 245 – Grava II dei Gatti

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 27-35.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- DI DONATO A., 1998. *Alburni '97*. Speleologia Dauna, 39-41.
- FINOCCHIARO C., 1973. *Distribuzione delle cavità naturali nella zona centrale dell'Altopiano dell'Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 79-82.
- GASPARO F., 1973. *Attività della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" nella regione carsica del Monte Alburno*

(Salerno). Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 83-87.

GIULIVO I., D'ANGELO R., 2005. *Il Corpo Nazionale Soccorso Alpino e Speleologico in Campania*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 104-107.

GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.

GUIDI P., 1973. *L'ottava campagna esplorativa della Commissione Grotte Boegan sul Monte Alburno (Salerno)*. Rassegna Speleologica Italiana, **25** (1-4), 126-135.

LASARACINA N., DIDONNA F., 1996. *Esplorazioni alla Grava dei Gatti II*. Speleologia, a. XVII, Notizie Italiane, dicembre 1996, **35**, 124-125.

LOVECE D., 2001. *Paura a "I Gatti 2"*. Puglia Grotte, boll. Gruppo Puglia Grotte, Castellana-Grotte, 93-94.

MARTIMUCCI V., MAURANO F., 2010. *Dall'AIRES all'Alburni Exploration Team. Storia (breve e non esaustiva) di esplorazioni sul Massiccio degli Alburni*. In: T. MITRANO (Ed.) Atti 2° Convegno Regionale di Speleologia "Campania Speleologica 2010", Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 47-60.

MAURANO F., DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., SANTO A., PARISE M., 2013. *Alburni, l'esplorazione speleologica infinita*. Montagne 360°, Febbraio 2013, 40-43.

POTENZA R., 2001. *Ultima uscita di corso ...in piena*. Puglia Grotte, boll. Gruppo Puglia Grotte, Castellana-Grotte, 89-92.

RAGONE G., BUONGIORNO V., 2001. *Ai Gatti stavamo facendo la fine dei topi!*. Puglia Grotte, boll. Gruppo Puglia Grotte, Castellana-Grotte, 87-89.

SANTO A., 2008. *Il carsismo ipogeo dei Monti Alburni: stato delle conoscenze e nuove prospettive esplorative*. In: M. PARISE, S. INGUSCIO & A. MARANGELLA (Eds.), *Geomorfologia carsica*. Atti 45° Corso CNSS-SSI di III livello, Grottaglie, pp. 75-92.

VIANELLO M., 1962. *Alcune cavità dell'Alburno*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **2**, 51-66.

VIANELLO M., 1965. *Il fenomeno carsico dell'Altipiano dell'Alburno e la sua evoluzione*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **5**, 111-139.

Cp 246 – Grava di Carpano

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

VIANELLO M., 1962. *Alcune cavità dell'Alburno*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **2**, 51-66.

VIANELLO M., 1965. *Il fenomeno carsico dell'Altipiano dell'Alburno e la sua evoluzione*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **5**, 111-139.

Cp 247 – Grava della Valle dei Monaci

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

VIANELLO M., 1962. *Alcune cavità dell'Alburno*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **2**, 51-66.

Cp 248 – Grava Sarrauto

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

VIANELLO M., 1962. *Alcune cavità dell'Alburno*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **2**, 51-66.

Cp 249 – Grava II di Sarrauto

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

VIANELLO M., 1962. *Alcune cavità dell'Alburno*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **2**, 51-66.

Cp 250 – Grotta di Frà Gentile

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni. L'Appennino Meridionale*, Annuario CAI sez. Napoli, 27-35.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

CAPOLONGO D., 1989. *Specie cavernicole di Campania: primo aggiornamento*. Atti XV Congresso Nazionale di Speleologia, Castellana-Grotte, 10-13 settembre 1987, pp. 811-840.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

DEL VECCHIO U., 1991. *Campo speleo 1990 - Alburni*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1991, **1**, 17-19.

DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1990 al 1999. L'Appennino Meridionale*, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 157-164.

DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), *Proceedings 16th International Congress of Speleology*, Brno, 21-28 July 2013, **1**, 41-46.

FINOCCHIARO C., 1973. *Distribuzione delle cavità naturali nella zona centrale dell'Altopiano dell'Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 79-82.

FUSILLI G., 1984. *Novità dagli Alburni*. Speleologia, gennaio 1984, *Notizie Italiane*, **10**, 46.

GASPARO F., 1972. *Descrizione di una cavità carsica del M. Alburno (Appennino Lucano): la grotta di Fra' Gentile*. Atti XI Congr. Naz. Speleol., Genova, novembre 1972, 251-259.

GASPARO F., 1973. *Attività della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" nella regione carsica del Monte Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 83-87.

GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.

LOVERA U., 1987. *Rilevando gli Alburni*. Grotte, CAI-UGET Torino, gennaio-aprile 1993, **93**, 10.

LOVERA U., 1987. *Cric & Croc negli Alburni*. Grotte, CAI-UGET Torino, maggio-agosto 1993, **94**, 32-33.

MANGHISI V., 2003. *Storie e leggende carsiche dei Monti Alburni (Campania)*. Puglia Grotte, boll. Gruppo Puglia Grotte, Castellana-Grotte, 11-18.

MAURANO F., DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., SANTO A., PARISE M., 2013. *Alburni, l'esplorazione speleologica infinita*. Montagne 360°, Febbraio 2013, 40-43.

SANTO A., 1988. *Alcune osservazioni sul carsismo ipogeo dei M. Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 71-88.

SANTO A., 2008. *Il carsismo ipogeo dei Monti Alburni: stato delle conoscenze e nuove prospettive esplorative*. In: M. PARISE, S. INGUSCIO & A. MARANGELLA (Eds.), *Geomorfologia carsica*. Atti 45° Corso CNSS-SSI di III livello, Grottaglie, pp. 75-92.

VERNIER E., 1982. *Chiroterteri dei Monti Alburni*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, gennaio-giugno 1982, **1**, 125-128.

VIANELLO M., 1962. *Alcune cavità dell'Alburno*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **2**, 51-66.

VIANELLO M., 1965. *La IV Campagna Speleologica della Commissione Grotte "E. Boegan" sull'Altopiano*

dell'Alburno (SA) 1964. Rassegna Speleologica Italiana, a. XVII, fasc. 1-4, 90.

VIANELLO M., 1965. *Il fenomeno carsico dell'Altipiano dell'Alburno e la sua evoluzione*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **5**, 111-139.

VIANELLO M., 1966. *Nuovo contributo alla conoscenza della Grava del Fumo*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **6**, 149-160.

Cp 251 – Grava dell'Ausoneto

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

FUSILLI G., 1984. *Novità dagli Alburni*. Speleologia, gennaio 1984, Notizie Italiane, **10**, 46.

VIANELLO M., 1962. *Alcune cavità dell'Alburno*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **2**, 51-66.

Cp 252 – Grava dell'Auletta

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

BUONGIORNO V., 2003. *Nuove esplorazioni alla Grava Auletta sui Monti Alburni (SA)*. Speleologia, a. XXIV, giugno 2003, Notizie Italiane, **48**, 81-82.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

DEL VECCHIO U., 2006. *Esplorare a ogni costo. L'Appennino Meridionale*, Annuario CAI sez. Napoli, a. III, **2**, 136-141.

DEL VECCHIO U., MITRANO T., 2008. *Gli anni dal 2000 al 2007. L'Appennino Meridionale*, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 165-178.

DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013, **1**, 41-46.

FUSILLI G., 1984. *Novità dagli Alburni*. Speleologia, gennaio 1984, Notizie Italiane, **10**, 46.

GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.

MAURANO F., DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., SANTO A., PARISE M., 2013. *Alburni, l'esplorazione speleologica infinita*. Montagne 360°, Febbraio 2013, 40-43.

RUSSO N., 1995. *Alburni*. Speleologia, a. XVI, marzo 1995, Notizie Italiane, **32**, 108-109.

RUSSO N., MAURANO F., PROIETTO G., BUONGIORNO V., 2003. *La Grava dell'Auletta (Monti Alburni, Campania). Aggiornamento esplorativo*. Puglia Grotte, boll. Gruppo Puglia Grotte, Castellana-Grotte, 5-10.

VIANELLO M., 1962. *Alcune cavità dell'Alburno*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **2**, 51-66.

Cp 253 – Grotta dei Vitelli

ABIGNENTE F., 1991. *Catasto grotte della Campania*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1991, **1**, 20-25.

A.I.R.E.S. (BELLUCCI F., FUSILLI C., GIULIANI P., GIULIVO I., MARRAFFA M., PALMISANO P., PASCALE E., PELELLA L., SANTO A.), 1989. *La splendida realtà dei Monti Alburni*. Speleologia, a. X, marzo 1989, **20**, 27-35.

ALBURNI EXPLORATION TEAM, 2010. *Alburni 2010*. Campania Speleologica News, settembre 2010, **21**, 4-6.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 27-35.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- DEL VECCHIO U., 1991. *Campo speleo 1990 - Alburni*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1991, **1**, 17-19.
- DEL VECCHIO U., 2007. *Cinquant'anni di vita del Gruppo Speleologico CAI Napoli*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. IV, **2**, 155-163.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1980 al 1989*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 145-156.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1990 al 1999*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 157-164.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Grava dei Vitelli (CP 253)*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 272-275.
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., 2013. *Monti Alburni*. Speleologia, a. XXXIV, giugno 2013, **68**, 31-33. [versione italiana]
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., 2013. *Alburni Mountains*. Speleologia, a. XXXIV, giugno 2013, **68**, 31-33. [versione inglese]
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013, **1**, 41-46.
- GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.
- MARRAFFA M., 1991. *Nuove scoperte*. Speleologia, a. XII, marzo 1991, Notizie Italiane, **24**, 71-72.
- MAURANO F., DEL VECCHIO U., PASTORE C., 2010. *Alburni Exploration Team in Campo*. Speleologia, a. XXXI, dicembre 2010, **63**, 36-41.
- MAURANO F., DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., SANTO A., PARISE M., 2013. *Alburni, l'esplorazione speleologica infinita*. Montagne 360°, Febbraio 2013, 40-43.
- MELORO C., 2010. *Un reperto fossile trovato nella Grava dei Vitelli*. Speleologia, a. XXXI, dicembre 2010, **63**, 41.
- RUSSO N., 1995. *Alburni*. Speleologia, a. XVI, marzo 1995, Notizie Italiane, **32**, 108-109.
- SANTO A., 1988. *Alcune osservazioni sul carsismo ipogeo dei M. Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 71-88.
- SANTO A., 1988. *Un anno di attività sugli Alburni*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, luglio 1988, **2**, 15-16.
- SANTO A., 1988. *M. Alburni nuove esplorazioni: la Grotta dei Vitelli (ramo di sinistra in risalita)*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, dicembre 1988, **3**, 16-19.
- SANTO A., 2008. *Il carsismo ipogeo dei Monti Alburni: stato delle conoscenze e nuove prospettive esplorative*. In: M. PARISE, S. INGUSCIO & A. MARANGELLA (Eds.), *Geomorfologia carsica*. Atti 45° Corso CNSS-SSI di III livello, Grottaglie, pp. 75-92.
- VIANELLO M., 1962. *Alcune cavità dell'Alburno*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **2**, 51-66.
- VIANELLO M., 1965. *Il fenomeno carsico dell'Altipiano dell'Alburno e la sua evoluzione*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **5**, 111-139.

Cp 254 – Grava Nobis

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 255 – Grava dei Gentili

- AGNOLETTI P., 1976. *La Grava dei Gentili nel Massiccio degli Alburni (Salerno): risultati della campagna estiva 1975*. Notiziario Circolo Speleologico Romano, giugno-dicembre 1975, **20** (12).

- AGNOLETTI P., MARZOLLA G., SBORDONI V., 1973. *La Grava dei Gentili nel Massiccio degli Alburni (Appennino Meridionale) e la sua fauna*. Notiziario Circolo Speleologico Romano, a. XVIII, **1-2**, 3-20.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 27-35.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- BERNABEI T., 1983. *Sugli incidenti al Vermicano e alla Grava dei Gentili*. Not. Circolo Spel. Romano, Boll. **100**, 60-62.
- CALANDRI G., RAMELLA L., 1989. *Le grandi cavità italiane*. Atti XV Congresso Nazionale di Speleologia, Castellana-Grotte, 10-13 settembre 1987, pp. 417-433.
- CAPOLONGO D., 1989. *Specie cavernicole di Campania: primo aggiornamento*. Atti XV Congresso Nazionale di Speleologia, Castellana-Grotte, 10-13 settembre 1987, pp. 811-840.
- CAPOLONGO D., 2005. *Le specie cavernicole della Campania*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 235-246.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- DEL VECCHIO U., 1992. *Analisi frattale applicata alla speleologia*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1992, **1**, 23-25.
- DEL VECCHIO U., 1998. *Ramo in risalita alla Grava dei Gentili (Cp 255)*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, 16-17.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1990 al 1999*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 157-164.
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., 2013. *Monti Alburni*. Speleologia, a. XXXIV, giugno 2013, **68**, 31-33. [versione italiana]
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., 2013. *Alburni Mountains*. Speleologia, a. XXXIV, giugno 2013, **68**, 31-33. [versione inglese]
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds.), *Proceedings 16th International Congress of Speleology*, Brno, 21-28 July 2013, **1**, 41-46.
- GIULIVO I., D'ANGELO R., 2005. *Il Corpo Nazionale Soccorso Alpino e Speleologico in Campania*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 104-107.
- GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.
- GIULIVO I., DEL PRETE S., PICIOCCHI A., RUSSO N., SANTO A., 2005. *Storia della speleologia in Campania*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 85-103.
- INGUSCIO S., ROSSI E., MAURANO F., PARISE M., 2010. *Biospeleologia ed evoluzione paleogeografica della Campania*. In: T. MITRANO (Ed.) *Atti 2° Convegno Regionale di Speleologia "Campania Speleologica 2010"*, Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 137-147.
- SANTO A., 1988. *Alcune osservazioni sul carsismo ipogeo dei M. Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 71-88.
- SANTO A., 2008. *Il carsismo ipogeo dei Monti Alburni: stato delle conoscenze e nuove prospettive esplorative*. In: M. PARISE, S. INGUSCIO & A. MARANGELLA (Eds.), *Geomorfologia carsica*. Atti 45° Corso CNSS-SSI di III livello, Grottaglie, pp. 75-92.
- SBORDONI V., MARZOLLA G., PANSECCHI F., PEDONE F., 1967. *Su alcune ricerche speleologiche nel Matese e nel Cilento e note faunistiche*. Notiziario Circolo Speleologico Romano, a. XII, **13-14**, 3-16.
- VIANELLO M., 1965. *La terza Campagna Speleologica sull'Altopiano dell'Alburno della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" – Luglio-Agosto 1963*. Rassegna Speleologica Italiana, a. XVII, fasc. 1-4, 27-33.
- VIANELLO M., 1965. *Il fenomeno carsico dell'Altipiano dell'Alburno e la sua evoluzione*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **5**, 111-139.

Cp 256 – Grava d'a Femmena

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

MANGHISI V., 2003. *Storie e leggende carsiche dei Monti Alburni (Campania)*. Puglia Grotte, boll. Gruppo Puglia Grotte, Castellana-Grotte, 11-18.

VIANELLO M., 1965. *La terza Campagna Speleologica sull'Altopiano dell'Alburno della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" – Luglio-Agosto 1963*. Rassegna Speleologica Italiana, a. XVII, fasc. 1-4, 27-33.

Cp 257 – Pozzo sopra Rupistelle

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

VIANELLO M., 1965. *La terza Campagna Speleologica sull'Altopiano dell'Alburno della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" – Luglio-Agosto 1963*. Rassegna Speleologica Italiana, a. XVII, fasc. 1-4, 27-33.

Cp 258 – Cavernetta sopra Vucule di Rupe

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

VIANELLO M., 1965. *La terza Campagna Speleologica sull'Altopiano dell'Alburno della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" – Luglio-Agosto 1963*. Rassegna Speleologica Italiana, a. XVII, fasc. 1-4, 27-33.

Cp 276 – Inghiottitoio III del Parchitiello

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 287 – Grotta di San Licandro

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 297 – Grotta della Moneta Antica

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 351 – Grotticella di Polla

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 356 – Grotta di San Rufo

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore,

Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

INGUSCIO S., ROSSI E., MAURANO F., PARISE M., 2010. *Biospeleologia ed evoluzione paleogeografica della Campania*. In: T. MITRANO (Ed.) Atti 2° Convegno Regionale di Speleologia "Campania Speleologica 2010", Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 137-147.

PICIOCCHI A., TEDESCO R., 2008. *Gli anni dal 1957 al 1969. L'Appennino Meridionale*, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, 2, 123-132.

SOLITO C., FANIGLIULO C., LIUZZI F., 1997. *Monti Alburni, nuove segnalazioni nell'area di Passo della Sentinella*. Speleologia, a. XVIII, Notizie Italiane, giugno 1997, 36, 122.

Cp 390 – Grotta di Sant'Arsenio

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 391 – Grotta del Mulino Spinelli

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

SANTO A., 2008. *Il carsismo ipogeo dei Monti Alburni: stato delle conoscenze e nuove prospettive esplorative*. In: M. PARISE, S. INGUSCIO & A. MARANGELLA (Eds.), *Geomorfologia carsica*. Atti 45° Corso CNSS-SSI di III livello, Grottaglie, pp. 75-92.

Cp 392 – Pozzetto I dei Campitelli

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

GIULIANI P., 1999. *Monti Alburni: tre anni di campi estivi*. Speleologia Dauna, 29-39.

Cp 403 – Grava Buco in Testa

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

GRUPPO SPELEOLOGICO DAUNO, 2002. *Grava Buco in Testa, nuova cavità esplorata nei Monti Alburni (SA)*. Speleologia, a. XXIII, dicembre 2002, Notizie Italiane, 47, 82-83.

Cp 405 – Grava sotto i Massi

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 424 – Pozzo Grotta Maffei

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 426 – Grotta della Signora

BATTAGLIA R., 1929. *La Grotta di Controne. Appunti sulla speleologia del Cilento e della Lucania*. Le Grotte d'Italia, s. 3, 3, 148-158.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 428 – Grotta di Corleto Monforte

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

SBORDONI V., MARZOLLA G., PANSECCHI F., PEDONE F., 1967. *Su alcune ricerche speleologiche nel Matese e nel Cilento e note faunistiche*. Notiziario Circolo Speleologico Romano, a. XII, 13-14, 3-16.

Cp 429 – Grava del Serrone

ATTARDO G., 1983. *Campo estivo '82: ancora Alburni!* Ipoantropo, 1, 21-23.

BELLUCCI F., 1983. *Campo estivo 1982*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, luglio 1983, 1, 59-60.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1980 al 1989*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, 2, 145-156.

DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1990 al 1999*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, 2, 157-164.

FINOCCHIARO C., 1965. *Attività della Commissione Grotte "E. Boegan" nell'Italia centro-meridionale*. Atti VI Convegno di Speleologia dell'Italia centro-meridionale, Firenze, 14-15 novembre 1965, 9-14.

GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.

SANTO A., 1988. *Alcune osservazioni sul carsismo ipogeo dei M. Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 71-88.

SBORDONI V., MARZOLLA G., PANSECCHI F., PEDONE F., 1967. *Su alcune ricerche speleologiche nel Matese e nel Cilento e note faunistiche*. Notiziario Circolo Speleologico Romano, a. XII, 13-14, 3-16.

Cp 430 – Galleria del Fango

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

GUIDI P., 1973. *L'ottava campagna esplorativa della Commissione Grotte Boegan sul Monte Alburno (Salerno)*. Rassegna Speleologica Italiana, 25 (1-4), 126-135.

VIANELLO M., 1970. *La valle carsica di Santa Maria (Monte Alburno – Salerno)*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", 10, 21-27.

Cp 431 – Pozzo dei Ceppi

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore,

Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

VIANELLO M., 1970. *La valle carsica di Santa Maria (Monte Alburno – Salerno)*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **10**, 21-27.

Cp 432 – Inghiottitoio della Fontana dei Cavalieri

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

FINOCCHIARO C., 1973. *Distribuzione delle cavità naturali nella zona centrale dell'Altopiano dell'Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 79-82.

Cp 433 – Grava della Fontana dei Cavalieri

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

FINOCCHIARO C., 1973. *Distribuzione delle cavità naturali nella zona centrale dell'Altopiano dell'Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 79-82.

Cp 434 – Inghiottitoio V della Fontana dei Cavalieri

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 435 – Pozzo del Lauro Fuso

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 436 – Grava dei Due Ingressi

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 437 – Grava dello Scivolo

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 438 – Grava dei Massi

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 439 – Grava del Tronco

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 440 – Grava dei Tre Ingressi

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 441 – Grava in località Grotta Maffei

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 442 – Grava I del Lauro Fuso

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

GIULIANI P., 1999. *Monti Alburni: tre anni di campi estivi*. Speleologia Dauna, 29-39.

Cp 443 – Grava II del Lauro Fuso

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 444 – Pozzo delle Fragole

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 447 – Grava Potenza

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

MITRANO T., 2006. *Grava Potenza, Cp 447 – Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. III, 2, 210-211.

Cp 448 – Grotta del Falco

A.I.R.E.S. (BELLUCCI F., FUSILLI C., GIULIANI P., GIULIVO I., MARRAFFA M., PALMISANO P., PASCALE E., PELELLA L., SANTO A.), 1989. *La splendida realtà dei Monti Alburni*. Speleologia, a. X, marzo 1989, 20, 27-35.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

BOCCHINO B., DEL VECCHIO U., DE NITTO L., LO MASTRO F., MARRAFFA M., MAURANO F., MINIERI G., PARISE M., RUOCCO M., 2014. *Increasing people's awareness about the importance of karst landscapes and aquifers: an experience from southern Italy*. In: N. KUKURIC, Z. STEVANOVIC, N. KRESIC (Eds.), Proceedings International Conference and Field Seminar "Karst without boundaries", 11-15 June 2014, Trebinje – Dubrovnik (Bosnia & Herzegovina – Croatia), 398-405.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

DEL VECCHIO U., 1992. *Analisi frattale applicata alla speleologia*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1992, 1, 23-25.

DEL VECCHIO U., 2006. *Esplorare a ogni costo*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. III, 2, 136-141.

DEL VECCHIO U., 2007. *Cinquant'anni di vita del Gruppo Speleologico CAI Napoli*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. IV, 2, 155-163.

DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1980 al 1989*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, 2, 145-156.

DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1990 al 1999*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, 2, 157-164.

DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1990 al 1999*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, 2, 157-164.

DEL VECCHIO U., 2008. *Grotta del Falco (CP 448)*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, 2, 268-271.

DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013, 1, 41-46.

DE NITTO L., BUONGIORNO V., 2014. *Immersione alla Grotta del Falco - Monti Alburni (SA)*. Speleologia, a. XXXV, giugno 2014, Notizie Italiane, 70, 10.

GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.

MARTIMUCCI V., MAURANO F., 2010. *Dall'AIRES all'Alburni Exploration Team. Storia (breve e non esaustiva) di esplorazioni sul Massiccio degli Alburni*. In: T. MITRANO (Ed.) Atti 2° Convegno Regionale di Speleologia "Campania Speleologica 2010", Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 47-60.

SANTO A., 1988. *Un anno di attività sugli Alburni*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, luglio 1988, 2, 15-16.

SANTO A., 1990. *Alburni campo speleo 1989*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1990, 1, 18-19.

Cp 449 – Grava su Costa Campitelli

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 450 – Caverna in località La Pila

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 451 – Inghiottitoio I in località La Pila

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 27-35.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013, **1**, 41-46.

FUSILLI G., 1984. *Novità dagli Alburni*. Speleologia, gennaio 1984, Notizie Italiane, **10**, 46.

GASPARO F., 1973. *Spedizione 1973 sul Monte Alburno*. Rassegna Speleologica Italiana, a. XXV, fasc. 1-4, 204.

GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.

Cp 452 – Inghiottitoio II in località La Pila

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 27-35.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013, **1**, 41-46.

FUSILLI C., GIULIANI P., 1989. *Alburni '88: resoconto di un campo estivo*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, ottobre 1989, **2**, 20-27.

GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.

Cp 453 – Pozzetto in località La Pila

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 454 – Cavernetta sotto il trono

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 455 – Pozzo I del Confine

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 456 – Antro del Faggio

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 457 – Pozzo II del Confine

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 458 – Cavernetta dei Tre Alberi

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 459 – Pozzo I del Bosco Meloso

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

VERNIER E., 1988. *Nuovi dati sui pipistrelli delle grotte dei Monti Alburni (Salerno, Campania)*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 181-183.

Cp 460 – Grava Vallina

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 461 – Pozzo III del Bosco Meloso

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 462 – Grava II del Serrone

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 463 – Grotta sotto la Fontana di Corcomone

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 464 – Grotta del Ghiaccio

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 465 – Cavernetta ad Est di Costa Palomba

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 466 – Pozzo sopra Santa Maria

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

VIANELLO M., 1970. *La valle carsica di Santa Maria (Monte Alburno – Salerno)*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **10**, 21-27.

Cp 467 – Grotta sopra l'Ausoneto

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

FUSILLI G., 1984. *Novità dagli Alburni*. Speleologia, gennaio 1984, *Notizie Italiane*, **10**, 46.

Cp 468 – Pozzetto della Sfesa

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 469 – Pozzo I dell'Ausineto

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 470 – Pozzo II dell'Ausineto

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 471 – Pozzo III dell'Ausineto

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 472 – Inghiottitoio III dei Piani di Santa Maria

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 27-35.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

CALANDRI G., RAMELLA L., 1989. *Le grandi cavità italiane*. Atti XV Congresso Nazionale di Speleologia, Castellana-Grotte, 10-13 settembre 1987, pp. 417-433.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

DEL VECCHIO U., 1992. *Analisi frattale applicata alla speleologia*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1992, 1, 23-25.

DEL VECCHIO U., 2007. *Cinquant'anni di vita del Gruppo Speleologico CAI Napoli*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. IV, 2, 155-163.

DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1980 al 1989*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, 2, 145-156.

DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013, 1, 41-46.

FINOCCHIARO C., 1973. *Distribuzione delle cavità naturali nella zona centrale dell'Altopiano dell'Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 79-82.

GASPARO F., 1970. *Note sull'Inghiottitoio III dei Piani di S. Maria*. Speleologia Emiliana, s. 2, anno 2, 7, 93-104.

GASPARO F., 1973. *Attività della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" nella regione carsica del Monte Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 83-87.

GASPARO F., 1976. *Inghiottitoio III dei Piani di S. Maria*. L'Appennino, anno 24, 3, 73-75.

GASPARO F., 1977. *Inghiottitoio III dei Piani di S. Maria: Cp 422*. Notiziario SSI, s. 2, settembre-dicembre 1977, 8, 131.

GASPARO F., 1977. *Nuove osservazioni sull'Inghiottitoio III dei Piani di S. Maria (Monte Alburno – Appennino Lucano)*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", 17, 29-34.

GIULIVO I., D'ANGELO R., 2005. *Il Corpo Nazionale Soccorso Alpino e Speleologico in Campania*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 104-107.

GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e*

speleologia della Campania. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.

- GUIDI P., 1973. *L'ottava campagna esplorativa della Commissione Grotte Boegan sul Monte Alburno (Salerno)*. Rassegna Speleologica Italiana, **25** (1-4), 126-135.
- MARTIMUCCI V., MAURANO F., 2010. *Dall'AIRES all'Alburni Exploration Team. Storia (breve e non esaustiva) di esplorazioni sul Massiccio degli Alburni*. In: T. MITRANO (Ed.) Atti 2° Convegno Regionale di Speleologia "Campania Speleologica 2010", Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 47-60.
- MAURANO F., 2009. *Campo esplorativo Alburni 2009*. Speleologia, a. XXX, dicembre 2009, Notizie Italiane, **61**, 69-70.
- MAURANO F., DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., SANTO A., PARISE M., 2013. *Alburni, l'esplorazione speleologica infinita*. Montagne 360°, Febbraio 2013, 40-43.
- PROIETTO G., 2001. *Effettuata la giunzione tra l'Inghiottitoio I e III dei Piani di Santa Maria (Monti Alburni, SA)*. Speleologia, a. XXII, Notizie Italiane, settembre 2001, **44**, 87-88.
- PROIETTO G., BUONGIORNO V., 2001. *Esplorazioni sui monti Alburni: la zona dei Piani di Santa Maria*. Puglia Grotte, boll. Gruppo Puglia Grotte, Castellana-Grotte, 5-16.
- SANTO A., 1988. *Alcune osservazioni sul carsismo ipogeo dei M. Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 71-88.
- SANTO A., 1988. *Un anno di attività sugli Alburni*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, luglio 1988, **2**, 15-16.
- TORELLI L., 1978. *Inghiottitoio III dei "Piani di S. Maria"*. Progressione, **1**, 16-19.
- TORELLI L., 2010. *Inghiottitoio III dei Piani di S. Maria. Una precisazione*. Speleologia, a. XXXI, giugno 2010, Notizie Italiane, **62**, 75.
- VIANELLO M., 1970. *La valle carsica di Santa Maria (Monte Alburno – Salerno)*. Atti e Memorie Commissione Grotte "Eugenio Boegan", **10**, 21-27.

Cp 473 – Pozzo I delle Gravaccine

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 474 – Pozzo II delle Gravaccine

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 475 – Pozzo III delle Gravaccine

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 27-35.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 476 – Inghiottitoio delle Gravaccine

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), *Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013*, **1**, 41-46.

MAURANO F., 2009. *Campo esplorativo Alburni 2009*. *Speleologia*, a. XXX, dicembre 2009, *Notizie Italiane*, **61**, 69-70.

Cp 477 – Fessura presso Madonna del Monte

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. *Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972*, 37-77.

Cp 478 – Inghiottoio II dei Varroncelli

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. *Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972*, 37-77.

FINOCCHIARO C., 1973. *Distribuzione delle cavità naturali nella zona centrale dell'Altopiano dell'Alburno (Salerno)*. *Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972*, 79-82.

Cp 479 – Pozzo della Valle del Purgatorio

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. *Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972*, 37-77.

Cp 480 – Inghiottoio I dei Varroncelli

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli*, 27-35.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. *Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972*, 37-77.

DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), *Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013*, **1**, 41-46.

GUIDI P., 1973. *L'ottava campagna esplorativa della Commissione Grotte Boegan sul Monte Alburno (Salerno)*. *Rassegna Speleologica Italiana*, **25** (1-4), 126-135.

Cp 481 – Grotta dei Varroncelli

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli*, 27-35.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. *Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972*, 37-77.

DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), *Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013*, **1**, 41-46.

GASPARO F., 1973. *Spedizione 1973 sul Monte Alburno*. Rassegna Speleologica Italiana, a. XXV, fasc. 1-4, 204.

GUIDI P., 1973. *L'ottava campagna esplorativa della Commissione Grotte Boegan sul Monte Alburno (Salerno)*. Rassegna Speleologica Italiana, **25** (1-4), 126-135.

Cp 482 – Pozzo I dei Varroncelli

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

GUIDI P., 1973. *L'ottava campagna esplorativa della Commissione Grotte Boegan sul Monte Alburno (Salerno)*. Rassegna Speleologica Italiana, **25** (1-4), 126-135.

Cp 483 – Pozzo II dei Varroncelli

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

GUIDI P., 1973. *L'ottava campagna esplorativa della Commissione Grotte Boegan sul Monte Alburno (Salerno)*. Rassegna Speleologica Italiana, **25** (1-4), 126-135.

Cp 484 – Pozzo III dei Varroncelli

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

GUIDI P., 1973. *L'ottava campagna esplorativa della Commissione Grotte Boegan sul Monte Alburno (Salerno)*. Rassegna Speleologica Italiana, **25** (1-4), 126-135.

Cp 485 – Pozzo IV dei Varroncelli

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

GUIDI P., 1973. *L'ottava campagna esplorativa della Commissione Grotte Boegan sul Monte Alburno (Salerno)*. Rassegna Speleologica Italiana, **25** (1-4), 126-135.

Cp 486 – Pozzo V dei Varroncelli

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

GUIDI P., 1973. *L'ottava campagna esplorativa della Commissione Grotte Boegan sul Monte Alburno (Salerno)*. Rassegna Speleologica Italiana, **25** (1-4), 126-135.

Cp 487 – Grava delle Ossa

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni*.

L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 27-35.

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1980 al 1989*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, 2, 145-156.
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013, 1, 41-46.
- GASPARO F., 1973. *Attività della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" nella regione carsica del Monte Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 83-87.
- GASPARO F., PRIVILEGGI M., 1972. *La "Grava delle Ossa" sul Monte Alburno (Appennino Lucano)*. Speleologia Emiliana, ser. II, a. IV, 7, 65-70.
- GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.
- GUIDI P., 1973. *L'ottava campagna esplorativa della Commissione Grotte Boegan sul Monte Alburno (Salerno)*. Rassegna Speleologica Italiana, 25 (1-4), 126-135.
- ZEZZA V., 1986. *Le nostre ultime attività*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, giugno 1986, 2, 16.

Cp 488 – Inghiottitoio sotto Serra Carpineto

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 27-35.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013, 1, 41-46.
- GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.
- GUIDI P., 1973. *L'ottava campagna esplorativa della Commissione Grotte Boegan sul Monte Alburno (Salerno)*. Rassegna Speleologica Italiana, 25 (1-4), 126-135.
- MARTIMUCCI V., MAURANO F., 2010. *Dall'AIRES all'Alburni Exploration Team. Storia (breve e non esaustiva) di esplorazioni sul Massiccio degli Alburni*. In: T. MITRANO (Ed.) Atti 2° Convegno Regionale di Speleologia "Campania Speleologica 2010", Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 47-60.

Cp 489 – Grava Barone

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- GUIDI P., 1973. *L'ottava campagna esplorativa della Commissione Grotte Boegan sul Monte Alburno (Salerno)*. Rassegna Speleologica Italiana, 25 (1-4), 126-135.

Cp 490 – Grava dell'Albero

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore,

Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

GUIDI P., 1973. *L'ottava campagna esplorativa della Commissione Grotte Boegan sul Monte Alburno (Salerno)*. Rassegna Speleologica Italiana, **25** (1-4), 126-135.

Cp 491 – Crive di Polla

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 492 – I grotticella a sud di Masseria Venosa

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 493 – Inghiottitoio II Barone

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

GUIDI P., 1973. *L'ottava campagna esplorativa della Commissione Grotte Boegan sul Monte Alburno (Salerno)*. Rassegna Speleologica Italiana, **25** (1-4), 126-135.

Cp 500 – Grava I dei Porci Selvatici

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 504 – Grava di Grotta Maffei

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

NICOTERA P., DE RISO R., 1969. *Idrogeologia del Vallo di Diano*. Memorie e Note dell'Istituto di Geologia Applicata, Napoli, **11**, 75 pp.

Cp 543 – Grotta sotto il Monte Pozzillo

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 544 – Grava II dei Porci Selvatici

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 545 – Grotta Pentinosa

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 546 – Grotta di Valle Sarcone

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 550 – Grotta delle Giarre

BATTAGLIA R., 1929. *La Grotta di Controne. Appunti sulla speleologia del Cilento e della Lucania*. Le Grotte d'Italia, s. 3, 3, 148-158.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 589 – Grotta dello Squalo Morto

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

RUOCCO M., 2010. *Le grotte del Comune di Ottati (SA)*. In: T. MITRANO (Ed.) Atti 2° Convegno Regionale di Speleologia "Campania Speleologica 2010", Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 61-70.

Cp 597 – Pozzetto II dei Campitelli

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

GIULIANI P., 1999. *Monti Alburni: tre anni di campi estivi*. Speleologia Dauna, 29-39.

Cp 602 – Grava del Lago

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

SBORDONI V., MARZOLLA G., PANSECCHI F., PEDONE F., 1967. *Su alcune ricerche speleologiche nel Matese e nel Cilento e note faunistiche*. Notiziario Circolo Speleologico Romano, a. XII, 13-14, 3-16.

Cp 603 – Grotta Milano

ABIGNENTE F., 1991. *Catasto grotte della Campania*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1991, 1, 20-25.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

BOCCHINO B., DEL VECCHIO U., DE NITTO L., LO MASTRO F., MARRAFFA M., MAURANO F., MINIERI G., PARISE M., RUOCCO M., 2014. *Increasing people's awareness about the importance of karst landscapes and aquifers: an experience from southern Italy*. In: N. Kukuric, Z. Stevanovic, N. Kresic (Eds.), Proceedings International Conference and Field Seminar "Karst without boundaries", 11-15 June 2014, Trebinje – Dubrovnik (Bosnia & Herzegovina – Croatia), 398-405.

DAMIANO N., 2008. *Grotta Milano (CP 603)*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, 2, 276-279.

DAMIANO N., DEL VECCHIO U., RUOCCO M., 2007. *Ritrovamenti paleontologici alla Grotta Milano, Petina (SA)*. Atti I Conv. Reg. Spel. "Campania Speleologica", Oliveto Citra, 1-3 giugno 2007, 67-74.

DAMIANO N., DEL VECCHIO U., FRATTINI P., LALA A., MITRANO T., RUOCCO M., SOLDVIERI M.G., 2004. *Ricerche speleologiche nell'area di Petina (SA) – Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. I, 1, 78-81.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

DEL VECCHIO U., 2007. *Cinquant'anni di vita del Gruppo Speleologico CAI Napoli*. L'Appennino Meridionale,

- Annuario CAI sez. Napoli, a. IV, **2**, 155-163.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1980 al 1989*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 145-156.
- DEL VECCHIO U., MITRANO T., 2008. *Gli anni dal 2000 al 2007*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 165-178.
- DEL VECCHIO U., LALA A., SOLDOVIERI M.G., 2006. *Il recupero dell'orso di Petina*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. III, **1**, 80-85.
- FOLLIERO S., IERVOLINO P., 1989. *Grotta Milano – Petina (SA)*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, ottobre 1989, **2**, 19-20.
- GIULIANI P., 1999. *Monti Alburni: tre anni di campi estivi*. Speleologia Dauna, 29-39.
- GRUPPO SPELEOLOGICO CAI NAPOLI., 2006. *Un orso a Petina*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. III, **2**, 227.
- MARTIMUCCI V., MAURANO F., 2010. *Dall'AIRES all'Alburni Exploration Team. Storia (breve e non esaustiva) di esplorazioni sul Massiccio degli Alburni*. In: T. MITRANO (Ed.) Atti 2° Convegno Regionale di Speleologia "Campania Speleologica 2010", Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 47-60.
- MAURANO F., DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., SANTO A., PARISE M., 2013. *Alburni, l'esplorazione speleologica infinita*. Montagne 360°, Febbraio 2013, 40-43.
- MELORO C., 2007. *La fauna quaternaria di Grotta Milano (Petina, Salerno)*. Atti I Conv. Reg. Spel. "Campania Speleologica", Oliveto Citra, 1-3 giugno 2007, 75-83.
- MELORO C., RAIA P., BARBERA C., 2006. *Grotta Milano, una trappola per carnivori sui Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. III, **1**, 71-79.
- SBORDONI V., MARZOLLA G., PANSECCHI F., PEDONE F., 1967. *Su alcune ricerche speleologiche nel Matese e nel Cilento e note faunistiche*. Notiziario Circolo Speleologico Romano, a. XII, **13-14**, 3-16.

Cp 608 – Grotta del Castagneto

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 634 – Grava II del Carpino

- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- SBORDONI V., MARZOLLA G., PANSECCHI F., PEDONE F., 1967. *Su alcune ricerche speleologiche nel Matese e nel Cilento e note faunistiche*. Notiziario Circolo Speleologico Romano, a. XII, **13-14**, 3-16.

Cp 653 – Inghiottoio III dei Varroncelli

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 654 – Pozzo doppio dei Varroncelli

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 655 – Fessura I dei Piani di Santa Maria

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore,

Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 656 – Fessura II dei Piani di Santa Maria

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 657 – Meandro sotto la cima dell'Alburno

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 658 – Cunicolo a NE del Casone Aresta

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 659 – Caverna I a ENE della Fontana La Pila

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 660 – Cunicolo I a ENE della Fontana La Pila

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 661 – Caverna II a ENE della Fontana La Pila

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 662 – Grotta I a sud del Monte Alburno

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 663 – Grotta II a sud del Monte Alburno

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 664 – Grotta III a sud del Monte Alburno

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 665 – Grava dei Conici

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 666 – Pozzetto a SE della Fontana La Pila

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 667 – Inghiottitoio I ad ovest del Figliolo

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 668 – Cunicolo ad ovest del Figliolo

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 669 – Caverna ad ovest del Figliolo

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 670 – Inghiottitoio II ad ovest del Figliolo

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di

Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

FINOCCHIARO C., 1973. *Distribuzione delle cavità naturali nella zona centrale dell'Altopiano dell'Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 79-82.

FUSILLI C., GIULIANI P., 1989. *Alburni '88: resoconto di un campo estivo*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, ottobre 1989, **2**, 20-27.

GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.

LO MASTRO F., 1996. *Meglio tardi che mai....* Speleologia, a. XVII, dicembre 1996, **35**, 53-56.

Cp 671 – Grava II del Confine

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 27-35.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013, **1**, 41-46.

FINOCCHIARO C., 1973. *Distribuzione delle cavità naturali nella zona centrale dell'Altopiano dell'Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 79-82.

GASPARO F., 1973. *Attività della Commissione Grotte "Eugenio Boegan" nella regione carsica del Monte Alburno (Salerno)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 83-87.

GASPARO F., 1974. *Osservazioni sulla "Grava II del Confine" (M. Alburno – Appennino Lucano)*. Rassegna Speleologica Italiana, **12**, 343-349.

GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.

Cp 672 – Grava d'Inverno

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 27-35.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., 2013. *Monti Alburni*. Speleologia, a. XXXIV, giugno 2013, **68**, 31-33. [versione italiana]

DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., 2013. *Alburni Mountains*. Speleologia, a. XXXIV, giugno 2013, **68**, 31-33. [versione inglese]

DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013, **1**, 41-46.

FIORITO P., 1992. *Campo speleo pasquale 1992*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, settembre 1992, **2**, 35.

FUSILLI G., 1984. *Novità dagli Alburni*. Speleologia, gennaio 1984, Notizie Italiane, **10**, 46.

GASPARO F., 1973. *La Grava d'Inverno, una nuova cavità carsica del M. Alburno (Appennino Lucano)*. Speleologia Emiliana, s. 2, **5** (7), 43-48.

GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.

MARTIMUCCI V., MAURANO F., 2010. *Dall'AIRES all'Alburni Exploration Team. Storia (breve e non esaustiva) di esplorazioni sul Massiccio degli Alburni*. In: T. MITRANO (Ed.) Atti 2° Convegno Regionale di Speleologia "Campania Speleologica 2010", Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 47-60.

MAURANO F., BOCCHINO B., PROIETTO G., 2009. *Calde estati ad Inverno*. Speleologia, a. XXX, giugno 2009, **60**, 30-35.

SANTO A., 1988. *Alcune osservazioni sul carsismo ipogeo dei M. Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 71-88.

Cp 673 – Grava del Vento

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 674 – Grotta a SE di Serra Carpineto

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 675 – Cavernetta a SE di Serra Carpineto

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 676 – Grava del Topo

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 677 – Pozzo del Muschio

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 680 – Grotta della Civita

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 684 – Grotta di Piciuccio

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 685 – Grotta dei Bovi

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 686 – Grotta di Campo d'Amore

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 687 – Grotta di Masseria Caputo

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 688 – Grava del Greco

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

GIULIANI P., 1999. *Monti Alburni: tre anni di campi estivi*. Speleologia Dauna, 29-39.

Cp 689 – Grotta I dei Marioli

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 690 – Grotta Palombello

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 691 – Grotta di Sant'Elia di Controne

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

MANGHISI V., 2003. *Storie e leggende carsiche dei Monti Alburni (Campania)*. Puglia Grotte, boll. Gruppo Puglia Grotte, Castellana-Grotte, 11-18.

Cp 692 – Grotta di Santa Croce di Ottati

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

PALMINTERI R., 1988. *Grotta Santa Croce di Ottati*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1988, 1, 17-19.

PICIOCCHI A., TEDESCO R., 2008. *Gli anni dal 1957 al 1969. L'Appennino Meridionale*, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, 2, 123-132.

RODRIGUEZ A., 1975. *Attività del gruppo*. Club Alpino Italiano, sezione di Napoli, Annuario Speleologico 1974-75, 109-112.

Cp 693 – Grotta Gavio

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 694 – Pozzo di Peppe ‘u Curnutaro

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 695 – Grotticella II a sud di Masseria Venosa

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 696 – Grava I di Santa Maria

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 697 – Grava II di Santa Maria

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 698 – Grotta II dei Marioli

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 699 – Grava del Rifugio Forestale

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 700 – Grava Serra Monaco

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

FUSILLI C., 1990. *Grava di Serra Monaco (M. Alburni - SA)*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1990, **1**, 20-22.

FUSILLI G., 1991. *Grava di Serra Monaco*. Speleologia, a. XII, marzo 1991, Notizie Italiane, **24**, 72.

GIULIANI P., 1999. *Monti Alburni: tre anni di campi estivi*. Speleologia Dauna, 29-39.

SANTO A., 1990. *Alburni campo speleo 1989*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1990, **1**, 18-19.

Cp 701 – Grava di Valle Mele

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

FELICI A., PASQUINI G., 1973. *La Grava di Valle Mele nell'Altopiano degli Alburni*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 101-105.

SANTO A., 1988. *Alcune osservazioni sul carsismo ipogeo dei M. Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 71-88.

Cp 702 – Grava Marottola

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 703 – Pozzetto Marottola

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 704 – Grava di Don Vincenzo

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 705 – Grava Cerrine

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 706 – Grava Vuccolo dell'Arena

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.

Cp 707 – Grava Secchitiello

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- GIULIANI P., 1999. *Monti Alburni: tre anni di campi estivi*. Speleologia Dauna, 29-39.

Cp 708 – Inghiottitoio di Mastro Peppe

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- BOCCHINO B., DEL VECCHIO U., DE NITTO L., LO MASTRO F., MARRAFFA M., MAURANO F., MINIERI G., PARISE M., RUOCCO M., 2014. *Increasing people's awareness about the importance of karst landscapes and aquifers: an experience from southern Italy*. In: N. Kukuric, Z. Stevanovic, N. Kresic (Eds.), Proceedings International Conference and Field Seminar "Karst without boundaries", 11-15 June 2014, Trebinje – Dubrovnik (Bosnia & Herzegovina – Croatia), 398-405.
- DAMIANO N., DEL VECCHIO U., FRATTINI P., LALA A., MITRANO T., RUOCCO M., SOLDVIERI M.G., 2004. *Ricerche speleologiche nell'area di Petina (SA) – Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. I, **1**, 78-81.
- DAVIDE B., 1973. *Primo contributo al catasto delle Grotte della Campania - Alburno*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, 37-77.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1980 al 1989*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 145-156.

Cp 709 – Pozzo Raffaele Lombardi

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 27-35.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- BOCCHINO B., DEL VECCHIO U., DE NITTO L., LO MASTRO F., MARRAFFA M., MAURANO F., MINIERI G., PARISE M., RUOCCO M., 2014. *Increasing people's awareness about the importance of karst landscapes and aquifers: an experience from southern Italy*. In: N. Kukuric, Z. Stevanovic, N. Kresic (Eds.), Proceedings International Conference and Field Seminar "Karst without boundaries", 11-15 June 2014, Trebinje – Dubrovnik (Bosnia & Herzegovina – Croatia), 398-405.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1980 al 1989*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 145-156.
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013, **1**, 41-46.
- SANTO A., 1988. *Alcune osservazioni sul carsismo ipogeo dei M. Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 71-88.
- TERRANOVA P., 1981. *Grava "Raffaele Lombardi" sugli Alburni*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, **2**, 9-12.

Cp 712 – Grava di Giacomo

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 764 – Camino presso le sorgenti di Sacco

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 836 – Grotta della Volpe

- ABIGNENTE F., 1991. *Catasto grotte della Campania*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1991, **1**, 20-25.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 865 – Risorgenza del Molino di Castelcivita

- ANONIMO, 1973. *Mortale incidente speleosub a Castelcivita*. Rassegna Speleologica Italiana, a. XXV, gennaio-dicembre 1973, fasc. 1-4, 203-204.
- ANONIMO, 2002. *Spedizione di Aquatica Team alla Sorgente del Mulino, Castelcivita (SA)*. Speleologia, a. XXIII, giugno 2002, Notizie Italiane, **46**, 79.
- BARTOLINI A., BOLLATI M., GAMBELLI G., 1992. *La storia di un'improbabile congiunzione*. Speleologia, a. XIII, marzo 1992, **26**, 28-31.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- BOLLATI M., SANTO A., GIULIVO I., BARTOLINI A., 1993. *Meno centodieci alla Risorgenza del Mulino di Castelcivita*. Speleologia, a. XIV, marzo 1993, **28**, 20-22.
- CASATI L., 2005. *Le recenti immersioni alla Risorgenza del Mulino*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 420-421.
- COZZOLINO L., PIANESE N., 2008. *Gli anni dal 1970 al 1979. L'Appennino Meridionale*, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 133-144.
- D'ARIENZO R., BOCCHINO B., 2013. *Sulla scia del vento nuovo*. Speleologia, a. XXXIV, dicembre 2013, **69**, 19-24.
- DEL VECCHIO U., 2007. *Cinquant'anni di vita del Gruppo Speleologico CAI Napoli*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. IV, **2**, 155-163.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Il gruppo speleosubacqueo del GS CAI Napoli*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 185-190.
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), *Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013*, **1**, 41-46.
- FIORITO P., GUIDA M., MAURANO F., 1992. *Studio sull'inquinamento chimico e microbiologico di alcune aree carsiche campane*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, dicembre 1992, **3**, 8-9.
- FIORITO P., GUIDA M., MAURANO F., MESTH D., 1993. *Valutazione sull'inquinamento chimico e microbiologico di una area carsica "Monti Alburni"*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, settembre 1993, **2**, 14-15.
- GIULIVO I., D'ANGELO R., 2005. *Il Corpo Nazionale Soccorso Alpino e Speleologico in Campania*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 104-107.
- GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.
- OGGIONI C., 1973. *Relazione sul triplice incidente del 20/5/1973 nella Grotta di Castelcivita*. Centro attività subacquea Ancona.
- SANTANGELO N., SANTO A., GIULIVO I., 2005. *Il carsismo campano, una risorsa fragile da tutelare*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 49-65.
- SANTO A., 1993. *Idrogeologia dell'area carsica di Castelcivita (M. Alburni – SA)*. Geologia Applicata e Idrogeologia, **28**, 663-673.

Cp 871 – Grotta II di Melillo

- ABIGNENTE F., SIMONE G., FABRIZIO T., DE STEFANO M., MARTINELLI M., TESCIONE M., BENEDESI M., ESPOSITO A., PELELLA L., LASSANDRO B., AMOROSO M., PICIOCCHI M., MANNILE M., RIOLO R., 1986. *Catasto grotte della Campania*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, giugno 1986, **2**, 17-20.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

CECERE P., 1973. *Geomorfologia delle cavità di Postiglione*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, novembre 1973, 6.

GRUPPO SPELEOLOGICO CAI NAPOLI, 1973. *Elenco pubblicazioni 1972 e 1973*. Club Alpino Italiano, sezione di Napoli, Annuario Speleologico 1972-73, 75-79.

Cp 872 – Grotta Cardo

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

CECERE P., 1973. *Geomorfologia delle cavità di Postiglione*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, novembre 1973, 6.

Cp 873 – Grotta dei Cervi

ABIGNENTE F., SIMONE G., FABRIZIO T., DE STEFANO M., MARTINELLI M., TESCIONE M., BENEDUSI M., ESPOSITO A., PELELLA L., LASSANDRO B., AMOROSO M., PICIOCCHI M., MANNILE M., RIOLO R., 1986. *Catasto grotte della Campania*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, giugno 1986, 2, 17-20.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

CECERE P., 1973. *Geomorfologia delle cavità di Postiglione*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, novembre 1973, 6.

Cp 880 – Voragine di Acquara

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

SANTO A., 1988. *Alcune osservazioni sul carsismo ipogeo dei M. Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 71-88.

Cp 881 – Grotta le Macchie

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 882 – Voragine Mano Mozza

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 888 – Pozzetto di Serra dei Lepri

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

GIULIANI P., 1999. *Monti Alburni: tre anni di campi estivi*. Speleologia Dauna, 29-39.

Cp 890 – Pozzetto a SSW dei Vitelli

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

GIULIANI P., 1999. *Monti Alburni: tre anni di campi estivi*. Speleologia Dauna, 29-39.

Cp 901 – Grotta Minerva

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore,

Avellino.

Cp 902 – Grava Stretta

- ABIGNENTE F., 1991. *Catasto grotte della Campania*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1991, **1**, 20-25.
- A.I.R.E.S. (BELLUCCI F., FUSILLI C., GIULIANI P., GIULIVO I., MARRAFFA M., PALMISANO P., PASCALE E., PELELLA L., SANTO A.), 1989. *La splendida realtà dei Monti Alburni*. Speleologia, a. X, marzo 1989, **20**, 27-35.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 27-35.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1980 al 1989*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 145-156.
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), *Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013*, **1**, 41-46.
- PELELLA L., 1988. *La Grava Stretta*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, dicembre 1988, **3**, 19-20.
- SANTO A., 1988. *Un anno di attività sugli Alburni*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, luglio 1988, **2**, 15-16.

Cp 920 – Inghiottitoio dei Porci Selvatici

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- LO MASTRO F., 1996. *Meglio tardi che mai....* Speleologia, a. XVII, dicembre 1996, **35**, 53-56.
- MITRANO T., TEDESCO R., 2008. *Inghiottitoio dei Porci Selvatici, Cp 920*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **1**, 90-92.

Cp 1004 – Grotta del Piano di Allaga

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- SOLITO C., FANIGLIULO C., LIUZZI F., 1997. *Monti Alburni, nuove segnalazioni nell'area di Passo della Sentinella*. Speleologia, a. XVIII, Notizie Italiane, giugno 1997, **36**, 122.

Cp 1005 – Grava del Minollo

- ABIGNENTE F., 1991. *Catasto grotte della Campania*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1991, **1**, 20-25.
- ATTARDO G., 1983. *Campo estivo '82: ancora Alburni!* Ipoantropo, **1**, 21-23.
- BELLUCCI F., 1983. *Campo estivo 1982*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, luglio 1983, **1**, 59-60.
- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.
- CALANDRI G., RAMELLA L., 1989. *Le grandi cavità italiane*. Atti XV Congresso Nazionale di Speleologia, Castellana-Grotte, 10-13 settembre 1987, pp. 417-433.
- DI DONATO A., 1998. *Alburni '97*. Speleologia Dauna, 39-41.
- ESPLORAZIONI SPELEOLOGICHE NAPOLETANE, 1982. *Relazione geologica "Grava del Minollo"*. Ipoantropo, **0**, 19-20.
- GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.
- GRUPPO SPELEOLOGICO PALEONTOLOGICO "GAETANO CHIERICI", 1981. *La Grava del Minollo. Un'altra grava negli Alburni*. Speleologia, dicembre 1981, **6**, 13-15.
- MARTIMUCCI V., MAURANO F., 2010. *Dall'AIRES all'Alburni Exploration Team. Storia (breve e non esaustiva) di*

esplorazioni sul Massiccio degli Alburni. In: T. MITRANO (Ed.) Atti 2° Convegno Regionale di Speleologia "Campania Speleologica 2010", Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 47-60.

SANTO A., 1988. *Alcune osservazioni sul carsismo ipogeo dei M. Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 71-88.

Cp 1007 – Dolina Casone

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 1008 – Grava del Casone Vecchio

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1990 al 1999*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, 2, 157-164.

DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013, 1, 41-46.

GIULIANI P., 1999. *Monti Alburni: tre anni di campi estivi*. Speleologia Dauna, 29-39.

GIULIVO I., D'ANGELO R., 2005. *Il Corpo Nazionale Soccorso Alpino e Speleologico in Campania*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 104-107.

MARTIMUCCI V., MAURANO F., 2010. *Dall'AIRES all'Alburni Exploration Team. Storia (breve e non esaustiva) di esplorazioni sul Massiccio degli Alburni*. In: T. MITRANO (Ed.) Atti 2° Convegno Regionale di Speleologia "Campania Speleologica 2010", Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 47-60.

MAURANO F., DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., SANTO A., PARISE M., 2013. *Alburni, l'esplorazione speleologica infinita*. Montagne 360°, Febbraio 2013, 40-43.

Cp 1009 – Grava di Don Peppino

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 1010 – Grotta del Campo di Farina

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 1011 – Grava di Giovannino

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 1037 – Grava I del Vuccolo della Carità

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 1066 – Inghiottitoio Ciccio Piccolo

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

LO MASTRO F., 1994. *Inghiottitoio Ciccio Piccolo e Grotta Karinzia*. Speleologia, a. XV, ottobre 1994, **31**, 78-80.

Cp 1077 – Meandro della Pietra di Gianmaria

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

CAPOLONGO D., 1989. *Specie cavernicole di Campania: primo aggiornamento*. Atti XV Congresso Nazionale di Speleologia, Castellana-Grotte, 10-13 settembre 1987, pp. 811-840.

Cp 1078 – Grava II del Vuccolo della Carità

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 1087 – Grava I della Quagliara

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

SOLITO C., FANIGLIULO C., LIUZZI F., 1997. *Monti Alburni, nuove segnalazioni nell'area di Passo della Sentinella*. Speleologia, a. XVIII, Notizie Italiane, giugno 1997, **36**, 122.

Cp 1088 – Grava II della Quagliara

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

SOLITO C., FANIGLIULO C., LIUZZI F., 1997. *Monti Alburni, nuove segnalazioni nell'area di Passo della Sentinella*. Speleologia, a. XVIII, Notizie Italiane, giugno 1997, **36**, 122.

Cp 1089 – Grava III della Quagliara

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

SOLITO C., FANIGLIULO C., LIUZZI F., 1997. *Monti Alburni, nuove segnalazioni nell'area di Passo della Sentinella*. Speleologia, a. XVIII, Notizie Italiane, giugno 1997, **36**, 122.

Cp 1123 – Grava di Maria

ABIGNENTE F., 1991. *Catasto grotte della Campania*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1991, **1**, 20-25.

A.I.R.E.S. (BELLUCCI F., FUSILLI C., GIULIANI P., GIULIVO I., MARRAFFA M., PALMISANO P., PASCALE E., PELELLA L., SANTO A.), 1989. *La splendida realtà dei Monti Alburni*. Speleologia, a. X, marzo 1989, **20**, 27-35.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DEL VECCHIO U., 1991. *Campo speleo 1990 - Alburni*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1991, **1**, 17-19.

DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1980 al 1989*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 145-156.

DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1990 al 1999*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 157-164.

GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.

SANTO A., 1988. *Alcune osservazioni sul carsismo ipogeo dei M. Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 71-88.

SANTO A., 1988. *Un anno di attività sugli Alburni*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, luglio 1988, **2**, 15-16.

Cp 1124 – Pozzo Mo Ta Tà

A.I.R.E.S. (BELLUCCI F., FUSILLI C., GIULIANI P., GIULIVO I., MARRAFFA M., PALMISANO P., PASCALE E., PELELLA L., SANTO A.), 1989. *La splendida realtà dei Monti Alburni*. Speleologia, a. X, marzo 1989, **20**, 27-35.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1980 al 1989*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 145-156.

SANTO A., 1988. *Un anno di attività sugli Alburni*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, luglio 1988, **2**, 15-16.

Cp 1125 – Meandro delle Radici

A.I.R.E.S. (BELLUCCI F., FUSILLI C., GIULIANI P., GIULIVO I., MARRAFFA M., PALMISANO P., PASCALE E., PELELLA L., SANTO A.), 1989. *La splendida realtà dei Monti Alburni*. Speleologia, a. X, marzo 1989, **20**, 27-35.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1980 al 1989*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 145-156.

SANTO A., 1988. *Un anno di attività sugli Alburni*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, luglio 1988, **2**, 15-16.

Cp 1135 – Pozzo Tubo

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 1136 – Fessura del Sotano

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 1137 – Pozzo degli Sconsolati

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 1138 – Buca della Speranza

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 1140 – Grava Morta

ABIGNENTE F., 1991. *Catasto grotte della Campania*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1991, **1**, 20-25.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, 27-35.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 1145 – Inghiottitoio di Cavaggione

A.I.R.E.S. (BELLUCCI F., FUSILLI C., GIULIANI P., GIULIVO I., MARRAFFA M., PALMISANO P., PASCALE E., PELELLA L., SANTO A.), 1989. *La splendida realtà dei Monti Alburni*. Speleologia, a. X, marzo 1989, **20**, 27-35.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1991. *Il carsismo profondo del settore centrale dei Monti Alburni. L'Appennino Meridionale*, Annuario CAI sez. Napoli, 27-35.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), *Proceedings 16th International Congress of Speleology*, Brno, 21-28 July 2013, **1**, 41-46.

GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: N. RUSSO, S. DEL PRETE, I. GIULIVO & A. SANTO (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino ed., Avellino, pp. 397-459.

Cp 1146 – Grava dei Cinghiali

A.I.R.E.S. (BELLUCCI F., FUSILLI C., GIULIANI P., GIULIVO I., MARRAFFA M., PALMISANO P., PASCALE E., PELELLA L., SANTO A.), 1989. *La splendida realtà dei Monti Alburni*. *Speleologia*, a. X, marzo 1989, **20**, 27-35.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 1147 – Frattura III a WSW del Figliolo

FUSILLI C., GIULIANI P., 1989. *Alburni '88: resoconto di un campo estivo*. *Notiziario Sezionale CAI Napoli*, ottobre 1989, **2**, 20-27.

Cp 1148 – Inghiottitoio III a SW del Figliolo

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

FUSILLI C., GIULIANI P., 1989. *Alburni '88: resoconto di un campo estivo*. *Notiziario Sezionale CAI Napoli*, ottobre 1989, **2**, 20-27.

Cp 1149 – Grotta in località Acquafredda

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

FUSILLI C., GIULIANI P., 1989. *Alburni '88: resoconto di un campo estivo*. *Notiziario Sezionale CAI Napoli*, ottobre 1989, **2**, 20-27.

Cp 1150 – Pozzetto ad E di Cima Serraventola

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

FUSILLI C., GIULIANI P., 1989. *Alburni '88: resoconto di un campo estivo*. *Notiziario Sezionale CAI Napoli*, ottobre 1989, **2**, 20-27.

Cp 1170 – Grava della Dolina dei Tassi

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 1208 – Grava I del Faggio Scritto

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 1209 – Grava II del Faggio Scritto

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 1230 – Risorgenza Festola

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

SANTO A., 1990. *Alburni campo speleo 1989*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1990, **1**, 18-19.

SANTO A., 2008. *Il carsismo ipogeo dei Monti Alburni: stato delle conoscenze e nuove prospettive esplorative*. In: M. PARISE, S. INGUSCIO & A. MARANGELLA (Eds.), *Geomorfologia carsica*. Atti 45° Corso CNSS-SSI di III livello, Grottaglie, pp. 75-92.

Cp 1231 – Risorgenza di Valetorno

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

SOLITO C., FANIGLIULO C., LIUZZI F., 1997. *Monti Alburni, nuove segnalazioni nell'area di Passo della Sentinella*. *Speleologia*, a. XVIII, *Notizie Italiane*, giugno 1997, **36**, 122.

Cp 1233 – Abisso Falsetti

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

MARRAFFA M., 1991. *Nuove scoperte*. *Speleologia*, a. XII, marzo 1991, *Notizie Italiane*, **24**, 71-72.

Cp 1237 – Grotta Adele

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1990 al 1999*. *L'Appennino Meridionale*, *Annuario CAI sez. Napoli*, a. V, **2**, 157-164.

FIORITO P., 1993. *Esplorazione della "Grotta Adele"*. *Notiziario Sezionale CAI Napoli*, settembre 1993, **2**, 31.

Cp 1238 – Grotta del Partenone

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1990 al 1999*. *L'Appennino Meridionale*, *Annuario CAI sez. Napoli*, a. V, **2**, 157-164.

FIORITO P., 1993. *Descrizione Grotta del Partenone*. *Notiziario Sezionale CAI Napoli*, settembre 1993, **2**, 30-31.

Cp 1239 – Grotta dei Sassi

DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1990 al 1999*. *L'Appennino Meridionale*, *Annuario CAI sez. Napoli*, a. V, **2**, 157-164.

Cp 1240 – Grava Coppa dell'Olio

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

BOCCHINO B., RIVIECCIO R., 1994. *Una nuova grotta alburnina: la Coppa dell'Olio C.P. 1240*. *Notiziario Sezionale*

CAI Napoli, luglio 1994, **3**, 48-51.

DEL VECCHIO U., 2008. *Gli anni dal 1990 al 1999. L'Appennino Meridionale*, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 157-164.

RUSSO N., 1995. *Alburni*. Speleologia, a. XVI, marzo 1995, *Notizie Italiane*, **32**, 108-109.

Cp 1241 – Grava del Tummulo

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 1242 – Buco dei Lanzi

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 1243 – Caverna del Castagno

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 1249 – Frattura Grotta Maffei

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 1250 – Grotta ad E di Serra Nuda

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

SOLITO C., FANIGLIULO C., LIUZZI F., 1997. *Monti Alburni, nuove segnalazioni nell'area di Passo della Sentinella*. Speleologia, a. XVIII, *Notizie Italiane*, giugno 1997, **36**, 122.

Cp 1251 – Inghiottitoio di Piano Valetorno

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

SOLITO C., FANIGLIULO C., LIUZZI F., 1997. *Monti Alburni, nuove segnalazioni nell'area di Passo della Sentinella*. Speleologia, a. XVIII, *Notizie Italiane*, giugno 1997, **36**, 122.

Cp 1252 – Buco sulla strada

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

SOLITO C., FANIGLIULO C., LIUZZI F., 1997. *Monti Alburni, nuove segnalazioni nell'area di Passo della Sentinella*. Speleologia, a. XVIII, *Notizie Italiane*, giugno 1997, **36**, 122.

Cp 1253 – Grotta del Pendio

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

SOLITO C., FANIGLIULO C., LIUZZI F., 1997. *Monti Alburni, nuove segnalazioni nell'area di Passo della Sentinella*. Speleologia, a. XVIII, *Notizie Italiane*, giugno 1997, **36**, 122.

Cp 1254 – Cavernetta del Rifugio della Forestale

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

Cp 1257 – Grava del Poeta

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni. Ricerche speleologiche*. De Angelis editore, Avellino.

BOCCHINO B., DEL VECCHIO U., DE NITTO L., LO MASTRO F., MARRAFFA M., MAURANO F., MINIERI G., PARISE M., RUOCCO M., 2014. *Increasing people's awareness about the importance of karst landscapes and aquifers: an experience from southern Italy*. In: N. Kukuric, Z. Stevanovic, N. Kresic (Eds.), *Proceedings International Conference and Field Seminar "Karst without boundaries"*, 11-15 June 2014, Trebinje – Dubrovnik (Bosnia & Herzegovina – Croatia), 398-405.

DAMIANO N., DEL VECCHIO U., FRATTINI P., LALA A., MITRANO T., RUOCCO M., SOLDVIERI M.G., 2004. *Ricerche speleologiche nell'area di Petina (SA) – Monti Alburni*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. I, **1**, 78-81.

DEL VECCHIO U., MITRANO T., 2008. *Gli anni dal 2000 al 2007*. L'Appennino Meridionale, Annuario CAI sez. Napoli, a. V, **2**, 165-178.

Cp 1306 – Grava del Campo

ALBURNI EXPLORATION TEAM, 2010. *Alburni 2010*. Campania Speleologica News, settembre 2010, **21**, 4-6.

DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., 2013. *Monti Alburni*. Speleologia, a. XXXIV, giugno 2013, **68**, 31-33. [versione italiana]

DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., 2013. *Alburni Mountains*. Speleologia, a. XXXIV, giugno 2013, **68**, 31-33. [versione inglese]

DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), *Proceedings 16th International Congress of Speleology*, Brno, 21-28 July 2013, **1**, 41-46.

MAURANO F., 2009. *Campo esplorativo Alburni 2009*. Speleologia, a. XXX, dicembre 2009, *Notizie Italiane*, **61**, 69-70.

MAURANO F., DEL VECCHIO U., PASTORE C., 2010. *Alburni Exploration Team in Campo*. Speleologia, a. XXXI, dicembre 2010, **63**, 36-41.

MAURANO F., DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., SANTO A., PARISE M., 2013. *Alburni, l'esplorazione speleologica infinita*. Montagne 360°, Febbraio 2013, 40-43.

Cp 1307 – Grotta di San Donato

RUOCCO M., 2010. *Le grotte del Comune di Ottati (SA)*. In: T. MITRANO (Ed.) *Atti 2° Convegno Regionale di Speleologia "Campania Speleologica 2010"*, Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 61-70.

Cp 1308 – Grotta II di San Donato

RUOCCO M., 2010. *Le grotte del Comune di Ottati (SA)*. In: T. MITRANO (Ed.) *Atti 2° Convegno Regionale di Speleologia "Campania Speleologica 2010"*, Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 61-70.

Cp 1311 – Grotta della Chiesa di San Donato

RUOCCO M., 2010. *Le grotte del Comune di Ottati (SA)*. In: T. MITRANO (Ed.) *Atti 2° Convegno Regionale di Speleologia "Campania Speleologica 2010"*, Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 61-70.

Cp 1312 – Grotta Alta di San Donato

RUOCCO M., 2010. *Le grotte del Comune di Ottati (SA)*. In: T. MITRANO (Ed.) *Atti 2° Convegno Regionale di*

Speleologia "*Campania Speleologica 2010*", Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 61-70.

Cp 1313 – Grotta delle Vesce

RUOCCO M., 2010. *Le grotte del Comune di Ottati (SA)*. In: T. MITRANO (Ed.) Atti 2° Convegno Regionale di Speleologia "*Campania Speleologica 2010*", Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 61-70.

Cp 1314 – Grotta Tana Volpe

RUOCCO M., 2010. *Le grotte del Comune di Ottati (SA)*. In: T. MITRANO (Ed.) Atti 2° Convegno Regionale di Speleologia "*Campania Speleologica 2010*", Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 61-70.

Cp – Grotta del Vento

DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., 2013. *Monti Alburni*. Speleologia, a. XXXIV, giugno 2013, **68**, 31-33. [versione italiana]

DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., 2013. *Alburni Mountains*. Speleologia, a. XXXIV, giugno 2013, **68**, 31-33. [versione inglese]

DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., SANTO A., 2013. *The Alburni Massif, the most important karst area of southern Italy: history of cave explorations and recent developments*. In: M. FILIPPI, P. BOSAK (Eds), Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno, 21-28 July 2013, **1**, 41-46.

MAURANO F., DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., SANTO A., PARISE M., 2013. *Alburni, l'esplorazione speleologica infinita*. Montagne 360°, Febbraio 2013, 40-43.

CONTRIBUTO ALLA STORIA DELLA SPELEOLOGIA: PIETRO PARENZAN (1902-1992)

PINO GUIDI¹

¹*Commissione Grotte "E. Boegan", via di Donota 2, 34121 Trieste; giannapinomugo@gmail.com*

Riassunto

Viene presentata la bibliografia di interesse speleologico di PIETRO PARENZAN, vulcanico ed eclettico studioso, soprattutto – ma non solo – biologo, vissuto nel XX secolo. Ad un breve inquadramento biografico fanno seguito una carrellata dei punti salienti della sua vita e l'elenco, organizzato cronologicamente, dei suoi scritti attinenti la speleologia.

Parole chiave: biografia, bibliografia, storia, Parenzan

Abstract

A CONTRIBUTION TO THE HISTORY OF SPELEOLOGY: PIETRO PARENZAN (1902-1992) - This article outlines a speleological bibliography of PIETRO PARENZAN, a volcanic and eclectic scholar and above all – but not only – a biologist, who lived in the twentieth century. A biographical overview is followed by a description of the highlights of his life, and by a chronological list of his articles related to speleology.

Key words: biography, bibliography, history, Parenzan

Introduzione

La speleologia è una disciplina che ha ormai annovera da tanti anni tra i suoi rami anche la storia. Storia fatta di esplorazioni, scoperte, realizzazioni, contributi alla conoscenza del mondo che ci circonda (e che ci sta sotto i piedi). Ma soprattutto storia di uomini, degli uomini che sono stati protagonisti di queste esplorazioni, scoperte, realizzazioni; uomini che è giusto ricordare perché se la speleologia italiana oggi ha raggiunto quel grado di eccellenza che ci viene riconosciuto il merito è soprattutto loro.

Uno degli uomini che hanno lasciato una marcata traccia del loro operato è PIETRO PARENZAN.

Note biografiche

Nato a Pola nel 1902, cominciò nel 1915 ad esplorare - assieme ad alcuni amici - le caverne dei dintorni di Fiume (ove era sfollato a causa della guerra); non era la sola passione del giovane PARENZAN, che era attratto da mille altri interessi culturali e scientifici (soprattutto la biologia), ma questa fu talmente viva che gli segnò la vita.

Vita avventurosa (descritta in parte nel 1957 nel suo libro "Tenebre luminose", uno dei primi di divulgazione speleo in Italia, e poi nel 1986 nell'autobiografia "Vita agitata"), dopo aver girato il mondo (spedizioni scientifiche e viaggi di studio in mezza Europa, Africa, Asia) alla fine degli anni '20 mette le radici a Napoli ove nel secondo dopoguerra fonda il Centro Speleologico Meridionale e promuove la costituzione di numerosi gruppi speleologici in tutto il sud. Gli anni '50 e '60 lo vedono protagonista in tutte le iniziative speleologiche che interessano l'Italia meridionale, che rilancia speleologicamente anche attraverso due riviste (dapprima "Studia Spelaeologica", e quindi "La Speleologia").

Conclude la sua carriera di studioso - soprattutto biologo -, fondatore di musei, gruppi, associazioni, riviste, a Taranto, ove chiude pure la sua vita terrena.

* * *

PIETRO PARENZAN è stato un eminente studioso ed uno speleologo indubbiamente fuori dalle righe, a cui la speleologia italiana, ed in particolare quella del Centro-Sud Italia, deve innegabilmente molto. La sua opera di ricerca (attestata dalle numerose pubblicazioni), ma soprattutto di diffusione della speleologia in un territorio in cui questa era appena agli inizi, ne fa un promotore e fondatore, ruoli forse ancora non completamente compresi dal mondo speleologico italiano. Per saperne di più su questa figura carismatica si rimanda ai suoi due libri autobiografici e al sottostante elenco che raccoglie alcuni degli scritti dei suoi biografi ed estimatori. Qui ci

limitiamo ad esporre, telegraficamente, alcune tappe della sua vita.

- 1902: 10 gennaio, nasce a Pola (allora porto militare dell'impero austroungarico)
- 1915: esplora le prime grotte presso Fiume e quindi in Val Rosandra (presso Trieste)
- 1917: visita le Grotte di S. Canziano e la Grotta di Trebiciano
- 1923: spedizione mareografica nel Mar Rosso
- 1927: campagna di ricerche in Albania
- 1930: si laurea in scienze naturali presso l'Università di Padova

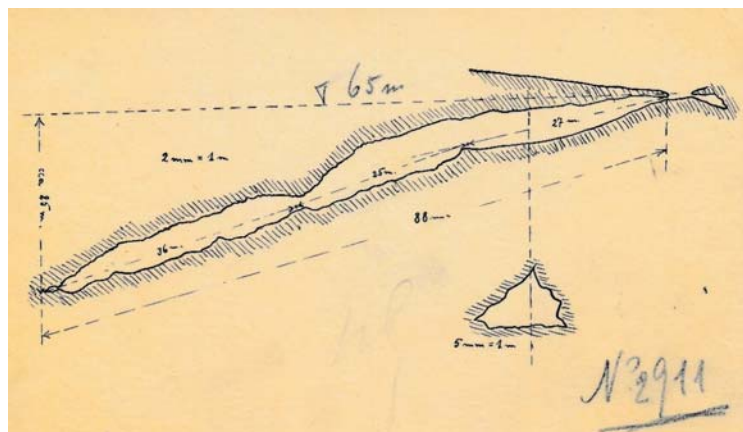


Figura 1. Grotta di Promontore (2911 VG), il primo rilievo di P. PARENZAN di cui si abbia notizia, gennaio 1930.

Figure 1. The Promontore Cave (2911 VG), the first known speleological survey by P. PARENZAN, January 1930.

- 1930: il 6 gennaio rileva la Caverna di Promontore in Istria, 2911 VG
- 1931: appare su *Le Grotte d'Italia* il suo primo scritto di speleologia
- 1934, consegue la libera docenza in Biologia Marina e viene assunto quale assistente presso la Stazione Zoologica di Napoli
- 1934 al 1942: ricerche in Etiopia e in Somalia
- 1942: ufficiale del R. Esercito, dopo la disfatta vien catturato su delazione e internato in un campo di prigionia in Kenia; torna in Italia nel 1946
- 1946: rientra a Napoli ove fonda il Centro Speleologico Meridionale, emanazione dell'Istituto di Biologia Applicata di Napoli
- 1951: istituisce l'Associazione Giovanile Naturalista e dà vita al giornale "Vita Nuova"



Figura 2. P. PARENZAN.

Figure 2. P. PARENZAN.

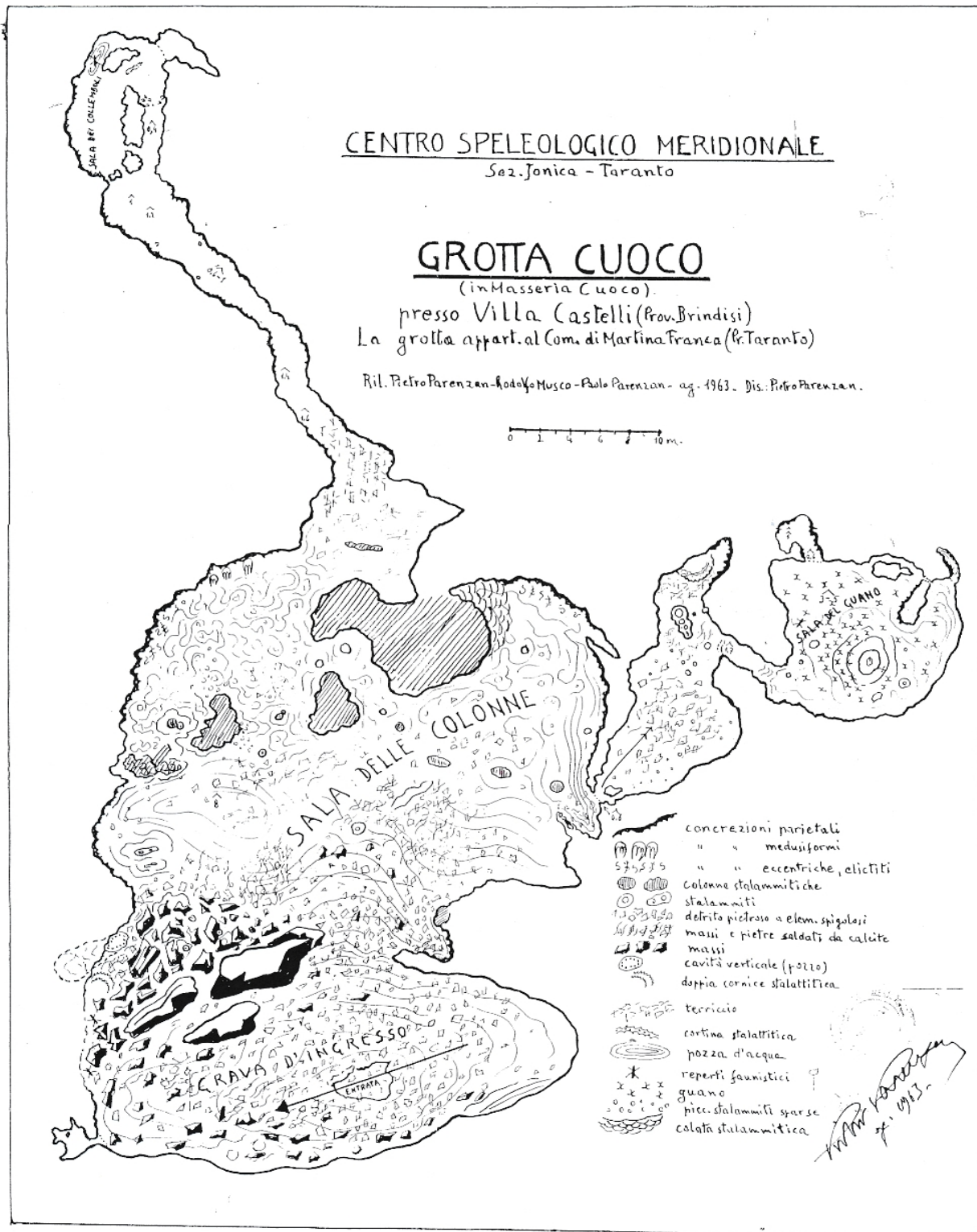


Figura 2. Gr. Cuoco, rilievo e disegno di P. PARENZAN, agosto 1963.

Figure 2. Cuoco Cavem survey and drawing by P. PARENZAN, August 1963.

- 1951: fa la conoscenza dell'ing. AUTUORI, presidente della sezione del CAI di Cava dei Tirreni, ed inizia ad interessarsi della Grava di Vesolo, che sarà oggetto di spedizioni nel 1952 e nel 1953
- 1952: inizia le esplorazione al Bussento Sotterraneo
- 1954: inizia i lavori per la creazione, nel sottosuolo di Napoli, della Stazione di Biologia Sperimentale Sotterranea; sarà completata nel 1956
- 1955: si trasferisce all'Istituto Talassografico di Taranto; qui fonda il Museo e il periodico "Thalassia Jonica"

- 1956: fonda la rivista "*Studia Speleologica*"
- 1957: iniziano le ricerche abissali nello Jonio, che si protrarranno sino al 1966
- 1961: fonda la rivista "*La Speleologia*"
- 1965: individua il sito ove fondare la Stazione di Biologia Marina di Porto Cesareo, realizzata nel 1967 e da lui donata nel 1977 all'Università di Lecce; con la Stazione di Biologia fonda pure la rivista "*Thalassia Salentina*"
- 1973: fonda a Taranto il Museo del Sottosuolo
- 1981: dona al Comune di Taranto parte del suo patrimonio scientifico riguardante la speleologia, fondando il Centro Ricerche che si collega col Museo del Sottosuolo
- 1992: il 26 novembre muore a Taranto.

Nella sua vita pubblica 360 scritti scientifici, 31 libri e oltre 400 articoli di carattere divulgativo.

Ulteriori notizie su PIETRO PARENZAN si possono trovare in:

Scoperta nelle Puglie dello speleologo Parenzan, Il Piccolo, Trieste 29 ott. 1968

BELMONTE G., 2002. *Presentazione*. In *Animalia Speluncarum Italiae et omnis alii subterranei habitat terrae marisque*, di PIETRO PARENZAN, Congedo ed., Galatina, 7-8.

BELMONTE G., 2007. *40th anniversary of Thalassia Salentina (1966-2006)*. *Thalassia Salentina*, **30**, 3-4.

BOERO F., 1992. *Ricordo di Pietro Parenzan*. S.I.B.M., **22**, 13.

BUSSANI M., 1993. *Pietro Parenzan*. *Hydrores*, a. X, **11**, Trieste, 60-61.

CAMASSO M., 1997. *Il Museo del Sottosuolo: venti anni di attività*. In: *Il Carsismo dell'Area Mediteranea*. 1° Incontro di Studi, Castro Marina, 1-2 settembre 1997, suppl. al n. 23 di *Thalassia Salentina*, 211-217.

GUIDI P., 1993. *Pietro Parenzan*. *Speleologia*, **29**, 59.

GUIDI P., 1993. *Pietro Parenzan, una vita agitata ma intensa*. *Progressione*, **28**, 72.

MASTRONUZZI G., 1993. *In ricordo di un amico: il Prof. Pietro Parenzan*. *Itinerari Speleologici*, ser. II, **7**, 148-153.

MIGLIETTA A.M., 2004. *Centenario della nascita di Pietro Parenzan*. *Thalassia Salentina*, **27**, 3-11.

MIGLIETTA A.M., BELMONTE G., 1995. *Pietro Parenzan (1902-1992)*. *Bibliografia*. *Thalassia Salentina*, **21**, 3-23.

PARENZAN P., 1957. *Tenebre luminose*. SEI ed., Torino, 408 pp.

PARENZAN P., 1986. *Una vita agitata*. Congedo ed., Galatina, 166 pp.

RUGGIERO L., 1994. *Ricordo del Prof. Pietro Parenzan e del Prof. Giorgio Lorenzoni*. *Thalassia Salentina*, **20**, 3-5.

RUGGIERO L., 2013. *Pietro Parenzan, la natura presa per i capelli*. *Thalassia Salentina*, **35**, 75-78.

Bibliografia speleologica

Raccogliere la bibliografia di uno studioso eclettico e iperdinamico quale era il PARENZAN è cosa estremamente difficoltosa, considerati i suoi multiformi interessi e la sua grande attività di pubblicista e collaboratore di svariate riviste, non solo scientifiche e culturali. Quella presentata qui di seguito è stata realizzata facendo ricorso a varie fonti (soprattutto la bibliografia di MIGLIETTA & BELMONTE, 1995, e le Biblioteche della SSI e della Commissione Grotte 'E. Boegan'), accorpendo bibliografie e stralci di cataloghi riportanti dati non omogenei e sovente incompleti, e che è stato possibile soltanto in parte verificare sui testi originali. Per questo motivo alcuni dei riferimenti potranno risultare lacunosi o contenenti elementi non corretti.

1928 - *Sulla presenza di ossicini di sepie nel lago di Vrana*. *Boll. di Pesca, Piscicoltura e Idrobiologia*, **IV** (3), Roma, 258-263.

1931 - *Notizie fisiche e biologiche sulla foiba di Lisignamoro*. *Le Grotte d'Italia*, **2**, 1-8.

1938 - *Pesci delle acque sotterranee della Somalia*. *Boll. Pesca, Piscicoltura Idrobiol.*, **XIV** (6), Roma, 3-16.

1951 - *Stato attuale delle conoscenze sulla speleobiologia dell'Italia Meridionale*. *Atti del 5° Congr. Naz. di Spel.*, Salerno, 89-98.

- *Ricerche biologiche nel sistema di grotte a galleria "alle Fontanelle" (Penisola Sorrentina)*, *Bollettino Soc. Nat.*, **LX**, Napoli, 67-69.

- 1952** - *Biologia dell'inghiottitoio salernitano "Grava di Vesolo"*. Bollettino Soc. Nat., Napoli, **61** (17), 1-5.
- 1953** - *Prima ricognizione esplorativa alla Grava di Vesolo*. Bollettino Soc. Nat., Napoli, 245-254.
- *Esplorazione biologica della Grotta del Bussento (Comune di Caselle in Pittari, Salerno)*. Rassegna Speleologica Italiana, **5** (2), 59-62.
 - *Esplorazione biologica della grotta di S. Michele (Olevano sul Tusciano)*. Rassegna Spel. Italiana, Como, **5** (2), 63-66.
 - *Fauna del sottosuolo di Napoli (Primo contributo)*. Bollettino Soc. Nat., Napoli, **63**, 89-93.
 - *Prima ricognizione esplorativa alla Grava di Vesolo*. L'Universo, a. XXXIII (2), 1-19.
 - *Stato attuale delle conoscenze sulla speleobiologia dell'Italia meridionale*. Atti 1° Congr. Int. di Spel., Parigi 1953, **3**, 135-150.
- 1954** - *Scoperta dell'uomo preistorico in una grotta di Marina di Camerota (Salerno)*. L'Universo a. XXXIV (4), 1-4.
- *Ricerche biologiche nell'Italia meridionale della Sez. Speleologica dell'Ist. Biol. Applicata di Napoli*. Bollettino Soc. Nat., Napoli, **63**, 73-78.
 - *Scoperta di resti scheletrici dell'uomo preistorico....* Bollettino Soc. Nat., Napoli.
 - *Sezione Speleologica dell'Istituto di ricerche Biologiche di Napoli*. Rass. Spel. Italiana, Como, **6** (1).
 - *Sezione Speleologica dell'Istituto di ricerche Biologiche di Napoli*. Rass. Spel. Italiana, Como, **6** (3), 134.
 - *Grotta Porta di Monte Piano (Capo d'Orso – Penisola Sorrentina)*. Rass. Spel. Italiana, Como, **6** (4), 200-201.
- 1955** - *Speleobiologia delle Murge*. Atti 27° Conv. Union. Zool. It., Boll. Un. Zool. It., **22** (2), 293-307.
- *Attività della Sezione Speleologica dell'Istituto di ricerche Biologiche di Napoli*. Rass. Spel. Italiana, Como, **7** (1-2), 80-81.
 - *Stazione Biologica Sperimentale Sotterranea*. Rass. Spel. Italiana, Como, **7** (1-2).
 - *Equivalenza di cavità naturali ed artificiali in speleobiologia*. Atti VII Congr. Naz. di Speleologia, Sardegna, ott. 1955, 63-66.
 - *Attività della Sezione Speleologica Napoletana dell'Istituto Biologia applicata nell'anno 1955*. Atti VII Congr. Naz. di Speleologia, Sardegna, ott. 1955, 67-68.
- 1956** – *Presentazione*. Studia Spelaeol., **1**, 3.
- *Centro Speleologico Meridionale*. Studia Spelaeol., **1**, 5-6.
 - *Istituzione della Stazione Biologica Sperimentale*. Studia Spelaeol., **1**, 7-11 (pure su Atti del IX Congr. Naz. di Spel.).
 - *L'assalto al Bussento sotterraneo*. Studia Spelaeol., **1**, 33-39.
 - *La partecipazione della Speleologia Meridionale all'8° Congresso Nazionale di Como (30 sett. – 6 ott. 1956)*. Studia Spelaeol., **1**, 45-46.
 - *Attività della sezione speleologica dell'I.B.A. di Napoli*. Rass. Spel. It., Como, **8** (1).
 - *Le grotte di Marina di Camerota (Salerno)*. Rass. Spel. It., Como, **8** (3-4), 223-229.
 - *Attività della sezione speleologica dell'I.B.A. di Napoli (Esplorazione Grotta Nove Casedde)*. Rass. Spel. It., Como, **8** (3-4), 252.
 - *Sezione Speleologica Irpina dell'I.B.A.* Rass. Spel. It., Como, **8** (3-4).
 - *Sezione Speleologica Ionica dell'I.B.A.* Rass. Spel. It., Como, **8** (3-4).
 - *Sezione Speleologica Pollese dell'I.B.A.* Rass. Spel. It., Como, **8** (3-4).
 - *Codice speleo-deontologico. I 20 punti dello speleologo*. Studia Spelaeol., **1**, 47-49.
 - *La "Grotta Nove Casedde" in provincia di Taranto*. Bollettino Soc. Nat. Napoli, **65**, 3-10.
 - *Attività 1955-1956 del Centro Speleologico Meridionale*. Atti 8° Congr. Naz. di Spel., Como, 76-77.
- 1957** - *Tenebre luminose*. SEI ed., Torino, 408 pp. (II edizione 1958).
- *Vede la luce il secondo fascicolo....* Studia Spelaeol., **3**, 2.
 - *Storia delle esplorazioni dell'inghiottitoio del fiume Bussento, in provincia di Salerno*. Studia Spelaeol., **3**, 33-81.
 - *Primo abbozzo di speleobiologia vulcanica*. Studia Spelaeol., **3**, 91-96.

- *Speleologia meridionale*. *Studia Spelaeol.*, **3**, 115.
- *Bibliografia (Segnalazioni e recensioni)*. *Studia Spelaeol.*, **3**, 118.
- *Notizie varie*, *Studia Spelaeol.*, **3**, 119-120.
- *Itinerari meravigliosi nel regno delle tenebre*. *Rassegna del Mezzogiorno*, apr. 1957.
- 1958** *La "Grava di Zazzano" nel Gargano*. *Atti 2° Congr. Int. di Spel.*, Bari – Lecce – Salerno, ott. 1958, **2**, 333-337.
- *Preambolo*. *Studia Spelaeol.*, **3**, I.
- *3*. *Studia Spelaeol.*, **3**, III.
- *Il mistero della Zinzulusa svelato. Storia e Biologia dell'interessante grotta di Castro Marina in terra d'Otranto (Puglie)*. *Studia Spelaeol.*, **3**, 1-24.
- (con DAVIDE B.) *Esplorazioni speleologiche nel Gargano. La Grotta di Montenero (S. Marco in Lamis)*. *Studia Spelaeol.*, **3**, 73-88.
- *Per i critici*. *Studia Spelaeol.*, **3**, 110.
- *Attività Centro Speleologico Meridionale*. *Studia Spelaeol.*, **3**, 111-118.
- 1959** - *Attività del Centro di Speleologia Meridionale*. *Boll. Inf. del C.S.M.*, 1-12.
- *Importante*. *Studia Spelaeol.*, **4**, XII.
- *Attività del C. S. M. nel 1959*. *Studia Spelaeol.*, **4**, I.
- *La Grotta di S. Angelo nella frazione di Statte – Comune di Taranto*. *Studia Spelaeol.*, **4**, 17-29.
- (con DAVIDE B.) *Su una campagna di ricerche speleologiche in Contrada di Pruno (Laurino, Salerno)*. *Studia Spelaeol.*, **4**, 65-79.
- *Esplorazione della Grotta di Scala*. *Studia Spelaeol.*, **4**, 81-93.
- *La Grotta di Calvi (loc. Grotta di S. Angelo) nel Comune di Lizzano (prov. di Taranto)*. *Studia Spelaeol.*, **4**, 101-104.
- *I progressi della speleologia sottomarina. Istituzione della Sezione Jonica Speleosubacquea del C.S.M.* *Studia Spelaeol.*, **4**, 105-107.
- *Gli insediamenti preistorici in Abruzzo*. *Studia Spelaeol.*, **4**, 111-112.
- *Il proteo e il suo interesse biologico*. *Studia Spelaeol.*, **4**, 112-113.
- *La rabbia da pipistrelli*. *Studia Spelaeol.*, **4**, 113-115.
- *La Grotta Zinzulusa presso Castro, Prov. di Lecce*. *Studia Spelaeol.*, **4**, 115.
- *Il fenomeno argilloso chiamato "pelle di leopardo" nella stazione biologica sotterranea di Napoli*. *Studia Spelaeol.*, **4**, 118-119.
- *Speleologia pugliese*. *La Zagaglia (Lecce)*, **2**, 60-67.
- 1960** - *Speleobiologia marina e criteri da seguire nelle ricerche, alla luce dei risultati delle prime indagini*. *Thalassia Jonica*, **3**, 107-146.
- *Speleobiologia submarina meridionale*. *Rass. Spel. It.*, Como, **12** (1), 18-19.
- *Sulle formazioni argillo-limose dette vermicolari*. *Atti del "Symp. Int. di Spel. sui Riempimenti naturali di grotte"*, Varenna 1960, Como 1961, **2**, 120-125.
- *Carsismo tarantino e speleologia sottomarina*. *Rass. e Boll. Statist. Taranto*, **29** (1-6), 3-8.
- 1961** - *La Speleologia*. "La Speleologia", ed. Semerano, Roma, **1** (1), 1.
- *Grotta di S. Barbara*. "La Speleologia", ed. Semerano, Roma, **1** (1).
- *La Grotta del Lete (Caserta)*. "La Speleologia", ed. Semerano, Roma, **1** (1), 5-8.
- *Speleologia sottomarina*. "La Speleologia", ed. Semerano, Roma, **1** (1), 20-22.
- *Esplorazione della "Grava di Vesolo"*. "La Speleologia", ed. Semerano, Roma, **1** (1), 24.
- *La "Grava di Zazzano" nel Gargano (Notiziario)*. "La Speleologia", ed. Semerano, Roma, **1** (1), 24.
- *Notiziario. Novità nella Stazione Biologica Sotterranea di Napoli*. "La Speleologia", ed. Semerano, Roma, **1** (1).
- 1962** - *Attività del Centro Speleologico Meridionale*. *Rass. Spel. It.*, Como, **14** (2), 127-128.

1963 – *Premessa*. Boll. Inf. del Centro Spel. Meridionale, **1**, 1.

- *Il Gargano e le sue grotte*. Conv. Spel., Maglie.

- *Relazione preliminare sulla Grotta di Montevicoli nel territorio di Ceglie Messapico (Prov. di Brindisi, Puglia)*. Boll. Inf. del Centro Spel. Meridionale, **1**, 2-12.

- *La Grotta Cuoco presso Villa Castelli (Puglia)*. Boll. Inf. del Centro Spel. Meridionale, **1**, 12-19.

- *Attività del Centro Speleologico Meridionale nel decorso anno accademico 1962-1963*. Atti IX Congr. Naz. di Spel., Trieste 1963, **1**, 31-32.

- *Le formazioni vermicolari della Grotta di S. Angelo di Statte*. Atti IX Congr. Naz. di Spel., Trieste 1963, **2**, 101-104.

- *Esplorazione sistematica della Gravina di Palagianello (Taranto)*. Atti IX Congr. Naz. di Spel., Trieste sett.-ott. 1963, 225-230.

- *Situazione attuale della speleologia pugliese*. Atti IX Congr. Naz. di Spel., Trieste 1963, **2**, 333-343.

- *Rapporti tra il Centro Speleologico Meridionale e le Istituzioni speleologiche statunitensi*. Atti IX, Congr. Naz. di Spel., Trieste 1963, **2**, 355-356.

- *Primo reperto musteriano nel tarantino* (relazione inedita).

- *L'uomo neandertaloide del Paleolitico Medio è vissuto anche nel Tarantino*. Voce del Popolo, LXXX, **20**, Taranto.

1964 - *La grotta preistorica di Monte Fellone*. Boll. Inf. del Centro Spel. Meridionale.

- *La Grotta di S. Michele nel comune di Ceglie Messapico*. Boll. Inf. del Centro Spel. Meridionale, **4**.

- *Particolarità di alcune cavità del sottosuolo del territorio di Taranto*. Rass. e Boll. di Statistica Comune di Taranto, **33** (1-12), 3-9.

- *La Grotta del Paddone, nel comune di Martina Franca*. Boll. Inf. del Centro Spel. Meridionale.

- *La grotta-cripta di S. Eustachio nella Gravina di confine fra le province di Taranto e Matera*. Boll. Inf. del Centro Spel. Meridionale, **3**.

- *Guida per le ricerche biospeleologiche* Boll. Inf. del Centro Spel. Meridionale.

- *Esplorazione del sottosuolo di Napoli*. Boll. Inf. del Centro Spel. Meridionale.

1965 - *Attività del Centro Speleologico Meridionale nel 1964*. Atti del VI Conv. di Spel. Italia Centro-Meridionale, Firenze, nov. 1965, 23-28.

- *Iconografia speleologica internazionale. Simboli per la cartografia speleologica*. Boll. di Inf. del Centro Spel. Meridionale.

- *La Grotta di Pilano nel Comune di Martina Franca (Prov. di Taranto, Puglia)*. Boll. di Inf. del Centro Spel. Meridionale, **8**, 7-15.

- *Esplorazione del sottosuolo di Napoli*. Boll. di Inf. del Centro Spel. Meridionale, **9**.

- *Esplorazione degli ipogei dei Girolamini, città di Napoli*. Boll. di Inf. del Centro Spel. Meridionale, **9**.

1967 - *Attività del Centro Speleologico Meridionale nel 1966*. Rass. Spel It., Como, **19** (3), 215-217.

- *Fenomeni di carsismo costiero in studio*. Thalassia Salentina, **2**, 169-170.

1969 - *Universalità biospeleologica*. Act. IV Congr. Int. Spél., Ljubljana, 4-5, 177-179.

- *Fondamenti per una biospeleologia marina nel quadro generale della oceanografia*. Act. IV Congr. Int. Spél., Ljubljana, 4-5, 181-188.

1970 - *L'esplorazione delle caverne*. Le Scienze, **7** (3), 129-143.

- *Relazione su alcuni sopralluoghi alle grotte di Monte d'Oro, in territorio di Ceglie Messapico*. Rel. inedita, al Sindaco avv. C. CAGLIANDRO.

1972 - *L'Anello di S. Cataldo nel Mar Grande di Taranto*. Thalassia Salentina.

1974 - *L'importanza speleologica del Gargano*. Conv. Regionale della Regione Puglia.

1975 - *Il territorio di Martina Franca e le sue grotte*. Atti Riunione "Agriturist", Martina Franca.

1978 - *Aspetti naturalistici, salvaguardia dell'ambiente naturale e risorse economiche del Salento marittimo*. Ist. Geogr. Fac. Magistero, Univ. di Lecce, 1977, Ediz. Scientifiche Italiane, Napoli.

- *Fenomeni di carsismo costiero in Puglia e speleologia marina particolarmente biologica*. Univ. degli Studi di Lecce,

Staz. di Biol. Marina, Thalassia Salentina.

- *Il patrimonio speleologico pugliese e la sua salvaguardia*. Pubbl. Consulta Comunale Attività Culturali, Martina Franca, ott. 1978, 1-24.
- *La Puglia Marittima. La costa e il mare. Aspetti naturalistici, umani, biologici, economici. Con riferimenti alla navigabilità, alla pesca, al turismo. Carta ecologica del mare*. Univ. degli Studi di Lecce.
- 1979** - *Speleologia Pugliese*. Ediz. del Comune di Taranto, Laterza, Bari, 212 pp.
- 1980** - *Postojna – Castellana, reminiscenze spirituali. Binomio della speleologia europea*. Nase Jame, Ljubljana, **22**, 67-69.
- *Rapporto generale e situazione 1980*. Boll. Inf. del Centro Spel. Meridionale, **11**, 1-21.
- 1981** - *Storia e sviluppo della speleologia pugliese*. Atti 1° Conv. Reg. di Spel., Castellana Grotte, giu. 1981, 55-66.
- 1983** - *La Puglia Marittima*. Congedo ed., Galatina (Lecce).
- 1984** - *Nuova istituzione speleologica pugliese*. Speleologia, **10**, 45-46.
- 1985** - *Premessa*. In: *Carsia Apula*. Taranto, Centro Ricerche e Museo del Sottosuolo, Mandese ed., 5-7.
- *Gli sviluppi della speleologia nel territorio tarantino*. In: *Carsia Apula*. Taranto, Centro Ricerche e Museo del Sottosuolo, Mandese ed., 113-127.
- 1986** - *Vita ipogea nel regno delle tenebre eterne*. Taranto Scienze, **2**, 18-22.
- *Vita agitata*. Congedo ed., Galatina (LE), 166 pp.
- 1987** - *Le Gravine e l'uomo*. Giovani Realtà, **21/22**, 93-103.
- *Importanza ecologica delle Gravine pugliesi*. Thalassia Salentina, **18**, 55-62.
- 1989** - *Petruscio. La Gravina di Mottola. Natura e civiltà rupestre*. Congedo ed., Galatina (LE), 278 pp.
- *La Gravina dei Pensieri (Grottaglie)*. Comune di Taranto ed., tip. Brizio, Taranto, 181 pp.
- 1990** - (con FUIANO R.) *Cultura speleologica. Patrimonio speleologico del territorio consortile*. Lacaia ed., Manduria, 236 pp.
- 1992** - *La Gravina di Ginosa. Dalla preistoria ad oggi. Aspetti naturalistici*. Congedo ed., Galatina (LE), 192 pp.
- 1996** - *La Gravina di Riggio. Grottaglie*. Schena ed., Fasano.
- 2002** - *Animalia Speluncarum Italiae et omnis alii subterranei habitat terrae marisque*. Congedo ed., Galatina (LE), 222 pp.

C SURVEY E I PORTALI CATASTALI: NUOVI STRUMENTI PER L'INTERFACCIAMENTO E PER LA RAPPRESENTAZIONE TRIDIMENSIONALE DEI DATI ONLINE

FEDERICO CENDRON¹

¹ *Corpo Volontario Soccorso Civile (CVSC), Via Selva di Pescarola 26, 40131, Bologna; cepelabs@cepelabs.it*

Riassunto

cSurvey consente oggi di interagire con i moderni strumenti di archiviazione dati utilizzati per la gestione e la pubblicazione delle informazioni catastali via web, e di svolgere analisi degli strumenti forniti con la soluzione open-source per il rilievo ipogeo e delle soluzioni tecniche adottate. Il presente lavoro descrive queste attività tramite l'esempio del nuovo portale del catasto speleologico dell'Emilia-Romagna, di recente introduzione, studiato appositamente a supporto di tale interfaccia e predisposto, inoltre, con un nuovo strumento, tuttora in fase di sviluppo, per la visualizzazione tridimensionale dei dati basati sulle più recenti tecnologie WebGL.

Parole chiave: cSurvey, catasto Emilia-Romagna, WebGL

Abstract

***C SURVEY AND CADASTRAL PORTALS: NEW TOOLS FOR INTERFACING AND 3D REPRESENTATION OF ONLINE DATA** - cSurvey today allows to interact with the modern tools for data management and publication of cadastral information on the web, and to perform analysis of tools and technical solutions provided with the open-source solution for cave survey. All of this is described in the present work through the example of the new portal of the Emilia-Romagna caves register, recently introduced, designed specifically to support this interface, and also equipped with a new function, currently under development, for three-dimensional visualization of data based on the latest WebGL technologies.*

Key words: cSurvey, Emilia-Romagna caves register, WebGL

Il progetto cSurvey

Il progetto cSurvey nasce nel 2009 (CENDRON F., 2012) con l'obiettivo di creare un software per la gestione completa di un rilievo, passando dai dati di campagna ed arrivando fino al disegno di pianta e sezione, creando così un contenitore per l'archiviazione di quante più informazioni possibili (HÄUSELMAN P., 2007).

Il software utilizza un altro componente ben noto in ambito speleologico, Therion (MUDRÁK S., BUDAJ M., 2014), come "elaboratore esterno" per tutta la parte di calcolo della poligonale. Therion infatti può essere considerato a tutti gli effetti qualcosa di molto simile ad un vero e proprio linguaggio pensato per descrivere una grotta unito ad un potente processore capace, in input, di leggere ed interpretare questo linguaggio e di produrre, in output, sia dati in formati direttamente visibili, quali immagini o PDF, sia dati pensati per interscambio con altri software.

cSurvey fornisce un'interfaccia completamente trasparente per deferire a Therion tutte le operazioni di computo della poligonale, dal semplice calcolo fino alla ripartizione degli errori sugli anelli e alla gestione dei *fix* geografici.

Tutta la parte grafica è invece implementata internamente ed il programma è dotato di un proprio sistema di *editing* pensato per operare come un software di disegno vettoriale. E' dotato di un vasto insieme di funzioni che consentono di operare direttamente con i simboli speleologici standard ma permettono anche di accedere alle primitive grafiche sottostanti, punti, curve, penne e riempimenti.

Ogni oggetto grafico può essere collegato alla sottostante poligonale tramite un sistema semplice, ma efficace, in modo da rendere completamente automatiche le modifiche al disegno in caso di cambiamento dei dati di campagna (ad esempio nel caso di chiusura di anelli).

Non mancano le funzioni per la creazione di un modello tridimensionale dei dati. Attualmente le funzioni di visualizzazione sono affidate a Loch, un'applicazione facente parte del pacchetto Therion, ed è possibile

associare al modello della poligonale anche un modello approssimato del volume della cavità ricostruito in base al disegno nonché il modello della superficie.

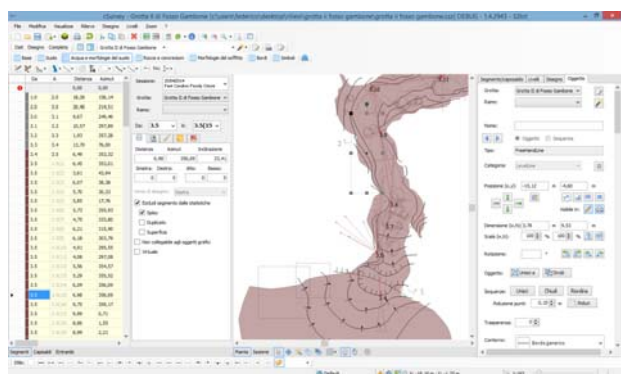


Figura 1. L'interfaccia di cSurvey.

Figure 1. cSurvey graphical user interface.

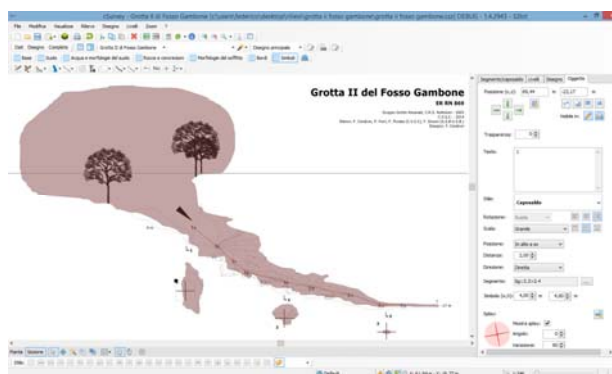


Figura 2. Il disegno della sezione longitudinale e delle sezioni trasversali.

Figure 2. Drawing tools for longitudinal and cross sections.

cSurvey oltre a permettere di gestire il disegno di pianta e sezione longitudinale (nonché delle sezioni trasversali) consente anche di esportare quanto elaborato sia in vari formati grafici *raster* che in formato vettoriale SVG. La poligonale può anche essere esportata in formato geo-referenziato KML (CENDRON F., 2013).

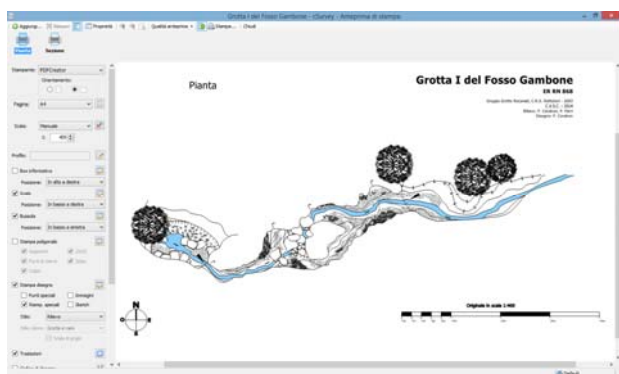


Figura 3. L'anteprima di stampa.

Figure 3. Print preview.

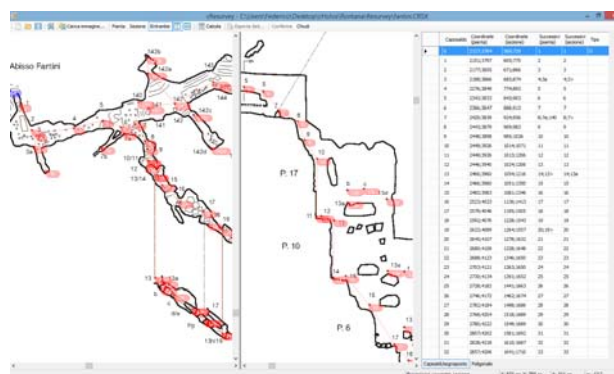


Figura 4. Il 'Resurvey': un'interfaccia per generare i dati della poligonale da rilievi disegnati.

Figure 4. 'Resurvey': an interface for generating data of a survey line from existing surveys.

E' in fase di sviluppo un visualizzatore alternativo all'attuale che permetterà di operare in modo interattivo sui dati in modo da poter calcolare distanze tra capisaldi e verso la superficie e con maggiori funzionalità personalizzabili.

Il gestionale speleologico dell'Emilia-Romagna

Da ottobre 2014 il sistema di gestione del catasto speleologico dell'Emilia-Romagna è cambiato radicalmente passando dalla precedente gestione 'centralizzata' ad una gestione distribuita e 'condivisa' dove tutti i responsabili dei Gruppi operano per aggiungere, completare e correggere i dati utilizzando un unico strumento: il nuovo portale web.

Il nuovo sistema è stato realizzato, ponendosi, oltre all'obiettivo attuale di gestire i dati catastali, anche l'ambizioso obiettivo futuro di diventare un concentratore di tutte le informazioni di natura multi-disciplinare che possono essere collegate alle schede delle singole cavità.

Il portale è stato progettato e costruito ad-hoc usando come riferimento il portale catastogrotte.net progettato da ALESSANDRO VERNASSA, curatore catastale della Delegazione Speleologica Ligure, nonché progettista e amministratore del sito openspeleo.org. A causa di alcune insuperabili difficoltà sia tecniche che di adeguamento dei dati non è stato possibile utilizzare direttamente la soluzione sviluppata da VERNASSA nel

contesto dell'Emilia Romagna, ma si è optato per costruire un sistema ex-novo.

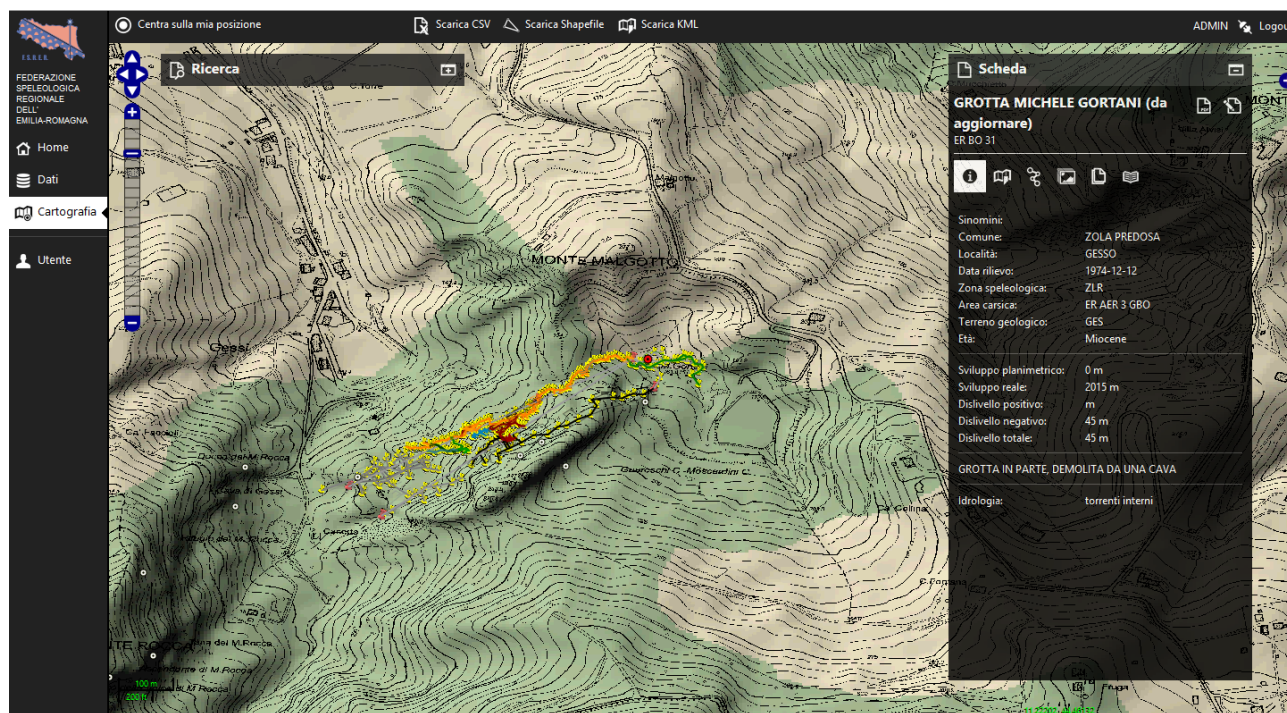


Figura 5. Posizionamento delle cavità e visualizzazione di alcune poligonali sulla base cartografica regionale.

Figure 5. Cave positioning and centerline view over cartographic layer.

Tramite l'interfaccia web è possibile effettuare ricerche e consultazioni, nonché variazioni e aggiunte alla base dati catastale. Una grande novità, almeno nel nostro contesto, è stata l'implementazione delle funzioni, ormai largamente diffuse, grazie a librerie open source quali Openlayers (<http://openlayers.org>) e Proj4js (<http://proj4js.org>), per la visualizzazione dei posizionamenti e, quando presenti, delle poligonali delle varie cavità sulla cartografia regionale consultabile tramite i servizi WMS resi disponibili dai servizi cartografico e geologico della Regione.

Il nuovo portale ha anche reso molto più agevole e pratico il completamento delle singole schede con foto e altre informazioni, tutte già gestite, anche se manualmente, nel sistema odierno, oltre a creare le basi per l'inserimento di nuovi dati.

Dal punto di vista tecnologico il portale è stato realizzato perché potesse essere accessibile da ogni browser e da ogni piattaforma hardware e software, comprese quelle mobili, anche se, almeno per ora, non sono stati previsti layouts specifici per sistemi mobili e/o per schermi a bassa risoluzione.

Ogni responsabile catastale può, oggi, archiviare, in completa autonomia, sia i dati speleometrici sia informazioni come descrizione, scheda testuale, foto, posizionamento e rilievi oltre ad altri documenti e, in futuro, anche i riferimenti bibliografici e biospeleologici.

Il sistema fornisce anche alcune semplici ma efficienti modalità di esportazione dei dati che possono essere scaricati sia in formato tabulare CSV sia come Shapefile.

Al curatore rimane l'onere di effettuare la validazione dei dati inseriti affinché questi possano essere considerati inviabili alla Regione per l'inserimento nella base dati cartografica pubblica, come previsto dalla Legge Regionale, che conferisce alla Federazione Speleologica dell'Emilia Romagna la raccolta e la manutenzione di queste informazioni.

A tale scopo e grazie al nuovo sistema di gestione è in corso di attivazione un servizio che permetterà di effettuare l'aggiornamento dei dati in modo completamente automatizzato.

L'integrazione con cSurvey

Grazie alle nuove funzionalità fornite dal portale gestionale è diventato possibile inserire, all'interno di cSurvey, un set di funzioni pensate per accedere, scaricare, modificare e archiviare i dati catastali associati al rilievo in fase di realizzazione. Quest'opzione permette di archiviare all'interno del file di cSurvey quelle informazioni

eterogenee legate al sistema catastale in uso nella regione a cui la cavità oggetto di studio appartiene in modo che possano essere consultate offline. Il software mette a disposizione un sistema di visualizzazione e modifica dei dati svincolato da eventuali interfacce web esistenti.

Tramite configurazione è possibile definire le modalità e i parametri di accesso a più portali catastali a patto che questi supportino una specifica interfaccia software appositamente studiata. Si tratta di un sistema piuttosto semplificato che consente di scaricare sia i dati di una scheda catastale sia la struttura: campi che la compongono, tipo di dati, eventuali elenchi e regole di validazione, informazioni che cSurvey utilizzerà per ricostruire una propria visualizzazione di tali informazioni uniforme con l'ambiente operativo del programma.

Ogni singolo dato può essere aggiornato sia manualmente sia trascinando il valore corrispondente prelevato dall'apposito pannello laterale che riassume un set piuttosto completo (e personalizzabile liberamente tramite un apposito file di configurazione) di informazioni ricavate dal rilievo corrente.

Attualmente non è possibile creare delle vere e proprie relazioni tra i dati ma in futuro verrà valutata la possibilità di rendere eventuali collegamenti tra il dato catastale e il dato corrispondente in cSurvey come permanenti in modo da automatizzare l'eventuale aggiornamento.

Un sistema integrato nell'interfaccia di scambio dati consente, in fase di aggiornamento, di conoscere se i dati online sono stati modificati avvisando opportunamente l'utente e consentendo di gestire gli eventuali problemi di sincronizzazione.

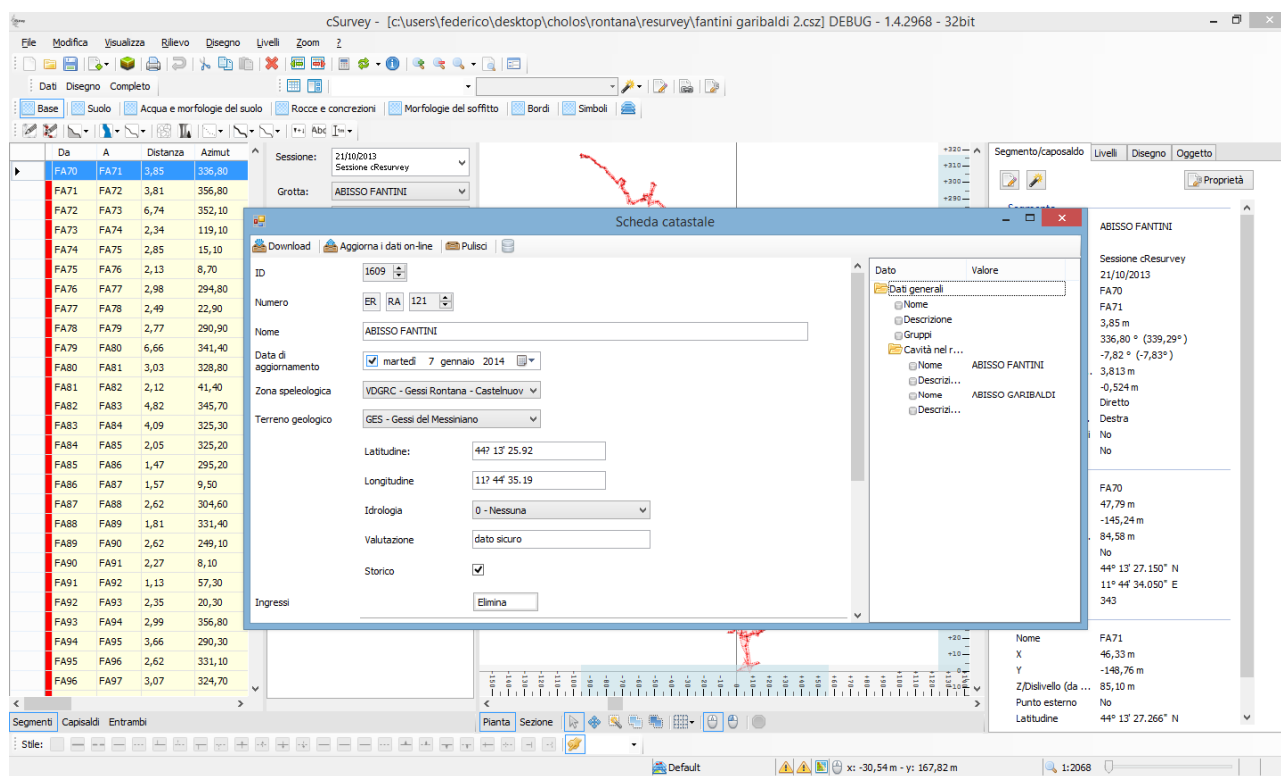


Figura 6. L'interfaccia per la visualizzazione e la modifica dei dati catastali.

Figure 6. The caves register's user interface for data view and edit.

Un ulteriore vantaggio è rappresentato dalla possibilità di inviare, quando desiderato e dove e se richiesto dalla struttura dai dati, anche il prodotto finale del lavoro all'interno di cSurvey: il rilievo della pianta, della sezione, l'eventuale poligonale come traccia GPS e, per ultimo, anche un apposito pacchetto dati che permette di integrare la cavità in un modello tridimensionale della superficie.

Il modello 3D basato su WebGL

La tecnologia WebGL consente la realizzazione di sofisticati modelli tridimensionali fruibili tramite i più comuni browser web senza la necessità di particolari plug-in o componenti aggiuntivi. Questa caratteristica, unita alla progressiva disponibilità delle funzioni sulle principali piattaforme operative (Windows, MacOS e Linux) e nei principali browser, rende WebGL lo strumento ideale per la realizzazione di un sistema di visualizzazione tridimensionale delle informazioni spaziali legate alla speleologia.

I vari servizi già disponibili oggi, pensati per la fruizione di dati geografici, compreso quello realizzato dalla nostra regione richiedono in primis dei componenti aggiuntivi che ne limitano la fruizione e, almeno nei casi visionati fino ad oggi, non consentono la visualizzazione di oggetti che si trovano al di sotto della superficie.

La disponibilità di un *framework opensource* come Three.js (<http://threejs.org>) e il sempre più diffuso supporto alle tecnologie web HTML5 (e ai *canvas*) ci ha permesso di realizzare un sistema di visualizzazione che superasse queste limitazioni.

Ad oggi il visualizzatore fruibile attraverso il portale catastale permette di integrare in unico modello tridimensionale la superficie 'vestibile' attraverso i servizi WMS con qualsiasi immagine geo-referenziata (CTR, ortofoto, ma anche carta geologica e quant'altro reso disponibile tramite Web Map Service), le curve di livello e ogni genere di punto posizionato geograficamente.

In questo modello vengono visualizzate le poligonali che possono, per ora con un sistema ancora in fase di perfezionamento, essere anche corredate dei dati LRUD per renderne più efficientemente la tridimensionalità e l'andamento spaziale.

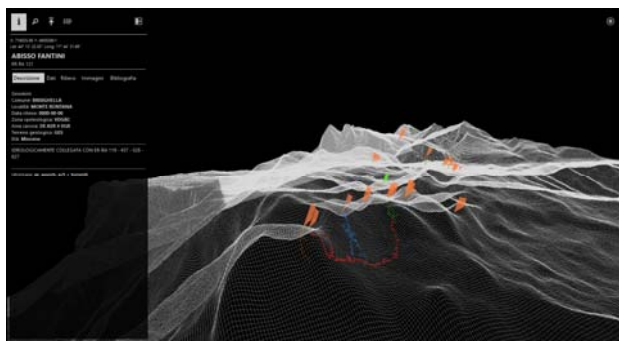


Figura 7. Il visualizzatore 3D con il terreno in wireframe e le poligonali delle cavità visibili nel sottosuolo.

Figure 7. 3D viewer with cave's centerlines visible through wireframe surface.

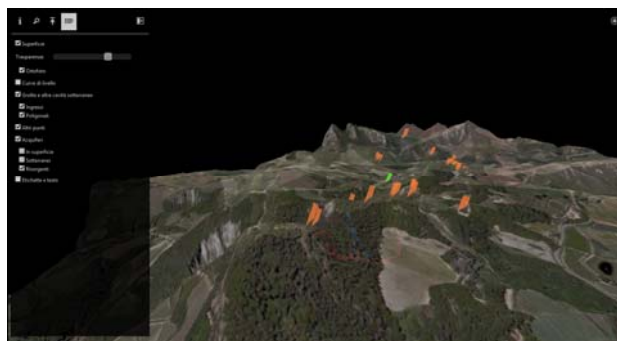


Figura 8. Il visualizzatore 3D con le opzioni di base e la superficie vestita con ortofoto.

Figure 8. 3D viewer with basic options and surface textured with orthophotos.

Il sistema è predisposto per visualizzare anche altre informazioni e per essere completamente interattivo a livello di consultazione. Ogni oggetto è quindi selezionabile ed è possibile visualizzare le informazioni associate che, nel caso di una cavità, sono costituite dalla scheda catastale mentre negli altri casi dipendono dall'oggetto stesso.

Si tratta di un sistema sperimentale, ancora in fase di sviluppo, ma è evidente che le potenzialità offerte da questo sistema, sia a livello divulgativo che a livello di analisi condivisa dei dati, sono notevoli anche grazie alla possibilità di fruizione dai sempre più diffusi dispositivi mobili quali *smartphone* e *tablet*.

Conclusioni

I sistemi informatici di oggi consentono la costruzione di strumenti e automatismi che possono concorrere a rendere operazioni complesse, come il mantenimento della base dati catastale o la costruzione di modelli tridimensionali, alla portata di tutti senza, fattore non meno importante, la necessità di disporre di software costosi sfruttando tecnologie e standard aperti. Le tecnologie web e il browser stessi sono ormai dotati di un set di funzionalità tale da poter gareggiare con i più sofisticati *framework* applicativi.

Quanto qui esposto si prefigge lo scopo di essere un spunto, un possibile punto di partenza per indicare le potenzialità offerte da questi strumenti ed alcune possibili direzioni di sviluppo.

Ringraziamenti

Un ringraziamento speciale va sicuramente agli speleologici nonché cartografi della Regione che hanno contribuito e contribuiscono tuttora allo sviluppo di questi nuovi strumenti: GIOVANNI BELVEDERI, MARIA LUISA GARBERI, STEFANO OLIVUCCI e a WILLIAM FORMELLA che ha sapientemente curato e cura tutt'ora la gestione della base dati catastale.

Bibliografia

CENDRON F., 2012. *Il Progetto "cSurvey"*. Speleologia Emiliana, anno XXIII, V serie, 3, 36-44

CENDRON F., 2013. *Manuale d'uso*. <http://www.csurvey.it/download/csurvey.pdf>

HÄUSELMANN P., 2007. *La topografia durevole*. Speleologia, anno XXVIII, **57**, 58-63

MUDRÁK S., BUDAJ M., 2014. *The Therion Book*, <http://therion.speleo.sk/downloads/thbook.pdf>

Three.js: JavaScript 3D library, <http://threejs.org>, 2014

OpenLayers: A high-performance, feature-packed library for all your mapping needs, <http://openlayers.org>, 2014

Proj4js: JavaScript library to transform coordinates from one coordinate system to another, including datum transformations, <http://proj4js.org>, 2014

LOCALIZZAZIONE IN GROTTA E RILIEVO 3D IN TEMPO REALE: NUOVE FRONTIERE

AUGUSTO ROSSI¹, SIMONA MENEGON¹

¹ *Culture Sotterranee, Via delle Ortensie 18, Terni; redazione@culturesotterranee.it*

Riassunto

Gli strumenti per la mappatura delle grotte hanno avuto negli ultimi anni una notevole evoluzione, passando in poco tempo da completamente analogici (fettuccia metrica, bussola, clinometro, taccuino, carta millimetrata e matita) a tecnologie più avanzate (distanziometri laser, bussole e clinometri elettronici, DistoX e software grafici) che hanno permesso una notevole riduzione sia degli errori che dei tempi necessari ed effettuale i rilievi e per la restituzione grafica della mappa. Una vera rivoluzione nel concetto di mappatura della grotta, però, ancora non si può dire che sia avvenuta; infatti, strumenti che rilevano i volumi della grotta e contemporaneamente tracciano il percorso dello speleologo, in tempo reale, ancora non sono stati sviluppati.

Una promettente tecnologia, proveniente dal mondo della robotica e dei videogiochi interattivi, si sta affacciando alle porte. Una tecnologia che tramite l'elaborazione delle immagini riprese con un sensore infrarosso, unitamente all'uso di sensori inerziali montati su dispositivi non più grandi di un telefono, è in grado di eseguire contemporaneamente la navigazione e mappatura in ambienti chiusi, senza l'ausilio del GPS. Si è quindi deciso di sperimentare le tecnologie esistenti nell'ambiente grotta, per valutare le loro possibilità allo stato attuale e le potenzialità per uno sviluppo futuro. Grazie alla collaborazione dei ricercatori del Dipartimento di Ingegneria Informatica, Automatica e Gestionale dell'Università La Sapienza di Roma e del Laboratorio di intelligenza artificiale dell'Università di Zurigo sono stati provati due dispositivi di mappatura 3D. Il primo utilizza la tecnologia racchiusa nella Kinect, nome commerciale del dispositivo, con un software elaborato ad hoc per la ricostruzione 3D dell'ambiente circostante, mentre il secondo è il prototipo di Google Tango, un dispositivo prodotto da Google che sarà messo in commercio tra breve e che ha a bordo tre diverse tecnologie che permettono il tracciamento e la mappatura 3D. Tali tecnologie sono frutto dello studio scientifico in un ramo della ricerca robotica chiamata V-SLAM. Entrambi hanno mostrato pregi e difetti, ma molti dei limiti mostrati possono essere superabili con modifiche ed aggiustamenti adatti ad un uso speleologico. Si prevede quindi di continuare le collaborazioni, condurre altri test e progettare specifiche che ne migliorino la performance in ambiente speleologico.

Parole chiave: rilievo 3D, localizzazione, V-SLAM, sensori inerziali MEMS

Abstract

POSITIONING IN CAVES, AND REAL-TIME 3D SURVEY: NEW FRONTIERS - *The tools for mapping caves have had in recent years a remarkable evolution, transforming in a short time from analog tools (tape meters reel, compass, clinometer, notebook, graph paper and pencil) to advanced technologies (laser rangefinders, compasses and inclinometers electronic, DistoX and graphic software) that allowed a considerable reduction of the errors and the time required to correct the graphical map. A true revolution in the concept of cave mapping, however, has still not occurred, since instruments that detect the volumes of the cave, at the same time tracing the path of the caver in real time, have not yet been reached.*

A promising technology, from the world of robotics and interactive video games, is now emerging. This technology, performing through the processing of images frame with an infrared sensor, along with the use of inertial sensors mounted on devices no bigger than a smartphone, is able to trace both navigation and mapping in closed environments, without the aid of GPS. An experiment with this emerging technology in cave was thus carried out, in order to assess its chances at the current state and the potential for future development. Thanks to collaboration with the Department of Computer Engineering, Control and Management at the University "La Sapienza" of Rome and the Laboratory of Artificial Intelligence, University of Zurich we tried two new devices to 3D mapping. The first uses the technology contained in the Kinect, with software developed specifically for 3D reconstruction of the surrounding environment, while the second is a prototype of Google Tango, the device produced by Google that will be put on the market within 2015. The smartphone integrates on-board three different technologies, used at same time to track path and 3D mapping. The technology inside Tango is derived from the scientific study of a discipline called V-SLAM. Both have shown strengths and weaknesses, but many of the limitations can be overcome with changes and adjustments suitable for use caving. We therefore expect to

continue our cooperation and conduct other tests and design specifications that will improve the performances in speleological environment.

Key words: 3D cave survey, localization, V-SLAM, inertial sensor MEMS.

Introduzione

L'idea di poter descrivere in modo automatico l'ambiente circostante nelle sue tre dimensioni mentre si progredisce è una delle sfide raccolte dalla moderna topografia. Estendere la medesima idea in ambiente ipogeo rappresenta una sfida di dimensioni ancora maggiori per diversi aspetti, sia di natura ambientale che di ordine tecnologico. Benché gli strumenti per la mappatura delle grotte abbiano avuto negli ultimi anni una notevole evoluzione, passando in poco tempo da strumenti completamente analogici (fettuccia, bussola e inclinometro) a strumenti digitali (distanziometro laser, accelerometro e magnetometro), riducendo tempi ed errori nella restituzione del rilievo, la tecnica attuale mantiene ancora tutto il suo limite intrinseco, cioè la capacità di generare solo una sequenza di segmenti contigui nello spazio che costituiscono l'ossatura del rilievo lasciando allo speleologo, tramite operazioni manuali, l'arricchimento dei dettagli topografici spesso disegnati "ad occhio".

Una promettente tecnologia, proveniente dal mondo della robotica e dei videogiochi interattivi, potrebbe creare una significativa svolta al problema della descrizione dei volumi dell'ambiente e contemporaneamente tracciare il percorso fatto dallo speleologo. Si tratta di una tecnologia che tramite l'elaborazione delle immagini riprese con una telecamera, unitamente all'uso di sensori inerziali montati su dispositivi non più grandi di un telefono, è in grado di eseguire la navigazione e mappatura in ambienti chiusi, senza l'ausilio del GPS. A condensare queste tecnologie all'interno di un dispositivo ha pensato il colosso americano Google, che con il suo Tango Project ha creato un dispositivo portatile, che verrà commercializzato a breve, il quale usa un insieme di tecnologie tra cui una chiamata V-SLAM (*Visual – Simultaneous Localization And Mapping*) per permettere l'acquisizione dell'ambiente circostante in 3D e contemporaneamente tracciarne lo spostamento nello spazio. Anche università e laboratori di ricerca stanno lavorando in questo campo, soprattutto per l'utilizzo nel settore della robotica, sviluppando strumenti e software per il 3D mapping in tempo reale.

Questi strumenti però non sono stati concepiti per operare in ambienti severi e scarsamente illuminati come quelli ipogei. Per valutare la loro risposta in tali ambienti, e quindi considerare la possibilità di un eventuale sviluppo per questo tipo di utilizzo, sono stati condotti tests direttamente in cavità, in collaborazione con GIORGIO GRISETTI, professore del Dipartimento di Ingegneria Informatica, Automatica e Gestionale (Università La Sapienza di Roma) e DAVIDE SCARAMUZZA, professore di robotica al laboratorio di intelligenza artificiale (Università di Zurigo), uno dei quattrocento ricercatori scelti da Google per sperimentare il dispositivo Google Tango prima della commercializzazione.

Inquadramento geografico

La grotta scelta per condurre i primi esperimenti è stata Grotta degli Arnolfi, nella zona di Cesi, presso Terni. Si tratta di una grotta di piccole dimensioni, facile da raggiungere e senza nessuna difficoltà tecnica. La scelta è ricaduta su questa proprio per permettere ai ricercatori delle Università, non preparati a questo tipo di ambiente, di muoversi tranquillamente ed in sicurezza, prendendo contemporaneamente confidenza con l'ambiente grotta. In futuro sono previsti tests in ambienti più tecnici e severi.

Metodi

Il sistema proposto dal Dipartimento di Ingegneria Informatica, Automatica e Gestionale dell'Università "La Sapienza" di Roma si basa su un prodotto commerciale, il Microsoft Kinect, una periferica per aumentare l'interazione delle console giochi, utilizzato dalla Xbox per i giochi che necessitano di riconoscimento del movimento del corpo umano in 3D. Il dispositivo è composto da una telecamera RGB, un emittitore di luce strutturata ad infrarossi e una telecamera sensibile all'infrarosso il tutto è montato su una struttura chiusa facilmente manovrabile. Il principio su cui si basa è il seguente: l'emettitore proietta un *array* di punti su una superficie e la telecamera ad infrarosso ne rileva la riflessione, e quindi attraverso le deformazioni dell'*array* ricostruisce il profilo 3D della superficie, associandolo poi all'immagine in visuale ripresa dalla telecamera 3D. Il team de La Sapienza sta sviluppando un software che, utilizzando i dati delle sequenze di immagini provenienti dalla telecamera ad infrarosso, prese in movimento, riesce, con un'elaborazione successiva, a ricostruire l'ambiente 3D ed il percorso seguito durante la ricostruzione.

Con il Laboratorio di intelligenza artificiale dell'Università di Zurigo è stato invece provato il Google Tango, che a breve sarà commercializzato, sviluppato da Google ed ora affidato per i test ad un gruppo selezionato di ricercatori in tutto il mondo. Il Google Tango è un dispositivo multi-tecnologico, che funziona su tre tecnologie diverse, i cui dati confluiscono a determinare la mappatura e la localizzazione 3D. Come il Kinect utilizza un emettitore laser ed una telecamera ad infrarossi per determinare il profilo delle superfici, in più però utilizza le immagini acquisite tramite la telecamera RGB utilizzando tecniche di odometria visuale per implementare pienamente la V-SLAM, che permette di ricostruire il percorso effettuato analizzando le immagini prese in sequenza dalla telecamera. A bordo del Google Tango ci sono anche tre sensori MEMS, accelerometro, giroscopio e magnetometro che contribuiscono a migliorare la precisione delle misure prese. Tutta l'elaborazione avviene in tempo reale.

Nessuno di questi sistemi era stato mai provato in ambiente ipogeo, in cui non ci sono strutture dai contorni definiti e riconoscibili e dove l'illuminazione è scarsa e soprattutto variabile, in quanto tipicamente la luce è indossata dallo speleologo e segue i movimenti dello stesso.

Risultati

Dati

I sistemi sono stati testati in due diverse sessioni con i seguenti risultati:

Sistema Microsoft Kinect

Il sistema ha mostrato di non risentire della scarsità e variabilità della luce, in quanto il principio di funzionamento si basa sull'infrarosso. Il raggio di azione non supera i sei metri, il che non stupisce se si considera che si tratta di un dispositivo per console giochi. Riprendere le immagini in movimento è semplice e veloce, e non richiede accorgimenti particolari, in quanto il punto di riferimento per elaborare ogni singola immagine è l'immagine precedente. È necessario avere un PC sempre collegato alla Kinect. La restituzione avviene in immagini in scala di grigi con una discreta risoluzione. L'odometria, anche se in grado di essere misurata, non è stata ancora implementata via software. L'elaborazione è successiva e richiede una discreta potenza di calcolo. La figura 1 mostra un esempio di acquisizione in 3D di una parete della grotta Arnolfi a Cesi di Terni Italia, acquisita con 2 minuti di scansione (distanza minima 2 metri, massima 5 metri), le zone gialle eccedono i 5 metri di distanza .

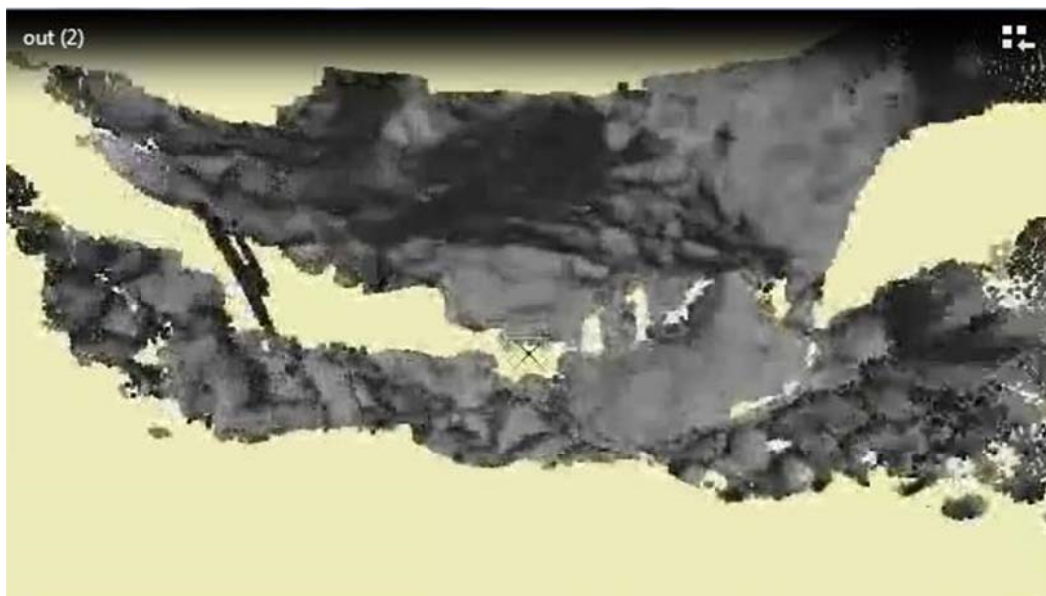


Figura 1. Foto della ricostruzione 3D di una parete Grotta degli Arnolfi con Microsoft Kinect.

Figure 1. Screenshot of the 3D map of a wall of Grotta degli Arnolfi with Microsoft Kinect.

Google Tango

Il Google Tango è uno *smartphone* compatto e maneggevole progettato dalla Google che grazie al corredo di sensori che possiede è in grado di mappare in 3D l'ambiente circostante in tempo reale. Esso ha un raggio di azione limitato ai 3-5 metri, in quanto pensato prevalentemente per applicazioni mobili. E' stato testato (Fig. 3)

eseguendo dei brevi anelli, e scansioni orizzontali e verticali della grotta. I risultati sono incoraggianti, il dispositivo genera subito il tracciato mentre ci si sposta fornendo l'indicazione in metri del percorso effettuato.

Va detto che l'odometria in grotta soffre di un leggero *drift* dovuto alle variazioni dell'illuminazione dell'ambiente che alterano gli algoritmi di V-SLAM che sono adibiti al riconoscimento delle strutture circostanti, necessarie allo strumento per capire dove si sta muovendo. L'elaborazione avviene in tempo reale, con immediata restituzione del tracciato sullo schermo del dispositivo, con rappresentazione dell'ambiente circostante in scala di colori (Fig. 4). Nel Google Tango sono presenti anche dei sensori inerziali e magnetometri che permettono di aumentare la precisione nella determinazione del percorso.

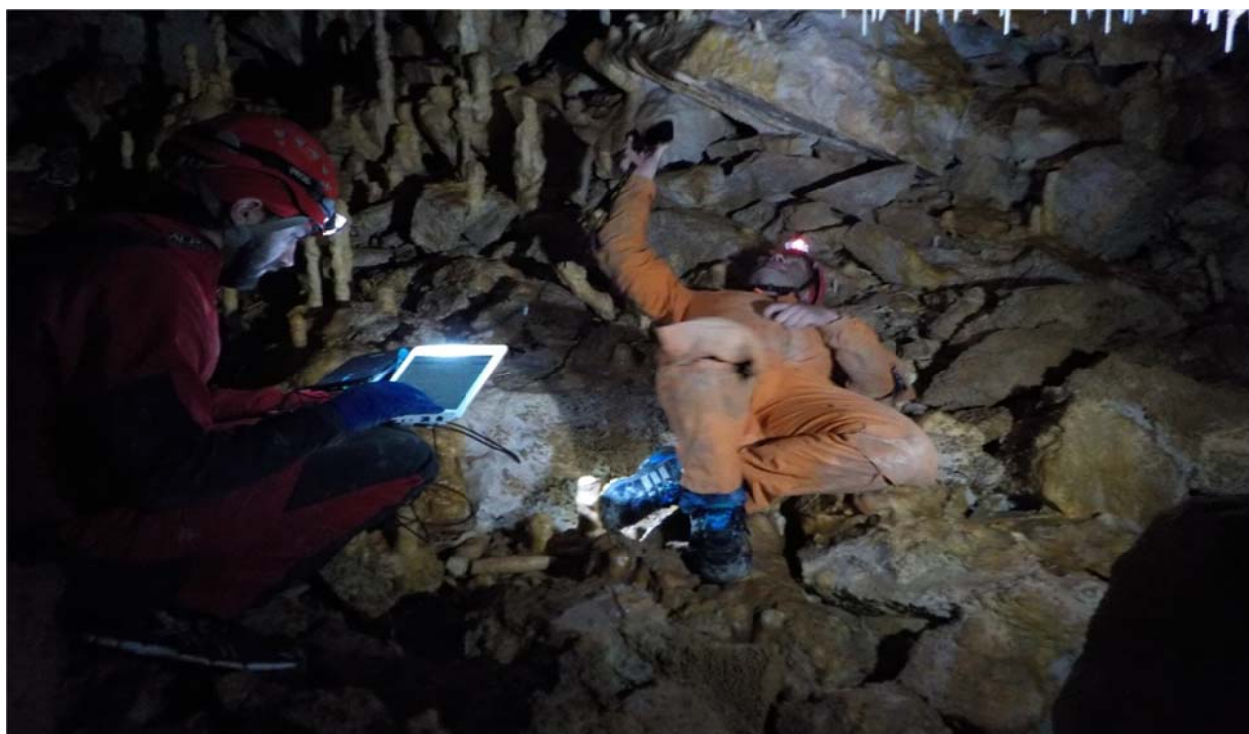


Figura 2. Scansione di Grotta degli Arnolfi con Microsoft Kinect tenuta in mano dallo speleologo sdraiato.

Figure 2. Scan of Grotta degli Arnolfi with hand-held Microsoft Kinect.



Figura 3. Scansione di Grotta degli Arnolfi con Google Tango.

Figure 3. Scan of Grotta degli Arnolfi by using Google Tango.

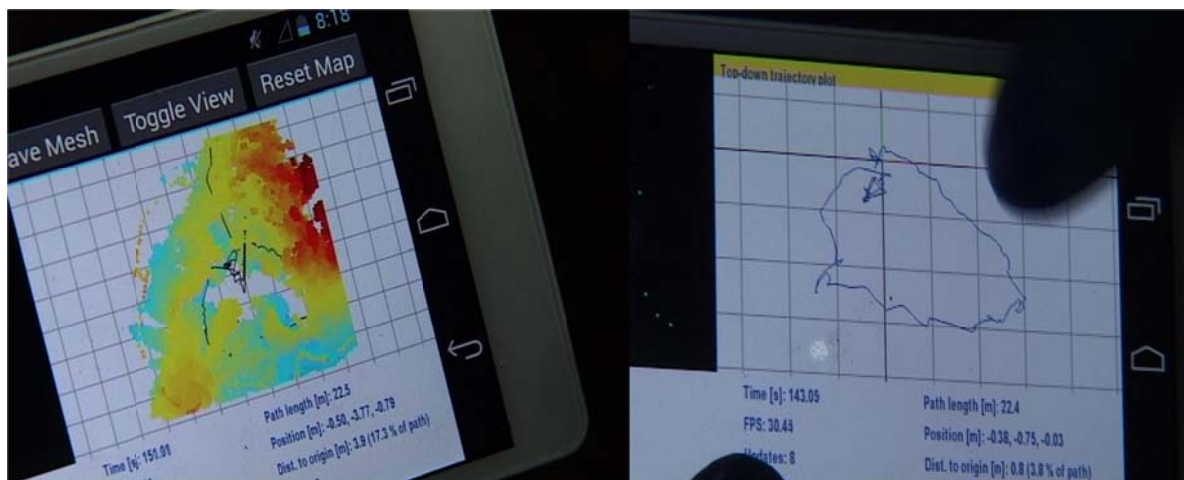


Figura 4. Ricostruzione 3D (sx) e del percorso effettuato ad anello (dx) di Grotta degli Arnolfi con Google Tango.

Figure 4. Screenshot of 3D map (sx) and of the loop path (dx) at Grotta degli Arnolfi, as generated by Google Tango.

Discussione e Conclusione

Queste prime prove sono state condotte in ambienti non impegnativi, in quanto lo scopo era valutare se i dispositivi esistenti avessero la potenzialità per essere usati in grotta. Tutti i sistemi hanno mostrato pro e contro, questi ultimi dovuti principalmente al fatto che sia Kinect che Google Tango sono apparati nati per un mercato *consumer* e per videogiochi interattivi con realtà aumentata, e quindi l'eventuale utilizzo a scopi speleologici dovrà per forza prevedere la migrazione delle tecnologie che essi utilizzano su hardware più robusti.

La tecnologia con emettitore ad infrarossi e relativa telecamera della Kinect è parsa per ora essere quella più promettente in fatto di accuratezza nel rilievo, non avendo problemi con gli ambienti male illuminati.

Il Google Tango invece ha il vantaggio di utilizzare contemporaneamente più tecnologie di percezione dell'ambiente circostante che concorrono ad aumentare la precisione del risultato.

Proprio dall'esperienza di Google noi crediamo che l'uso contemporaneo di tecnologie inerziali e visuali sia probabilmente la strada da percorrere in futuro in quanto solo così è possibile compensare gli errori prodotti dalle singole tecnologie. Nei prossimi mesi verranno condotti altri tests, per provare le tecnologie in condizioni ambientali più severe, e progettare adattamenti e modifiche necessarie all'utilizzo nell'ambiente grotta.

La mappatura 3D ed il tracciamento del percorso in tempo reale in ambiente indoor (senza quindi l'ausilio del GPS) è uno dei campi di ricerca più all'avanguardia che ha avuto negli ultimi anni uno sviluppo incredibile (si pensi solo alla tecnologia dei droni). L'ambiente della grotta è l'ambiente più estremo dove queste tecnologie possono funzionare, in quanto privi di illuminazione e con condizioni climatiche estreme; in altre parole, se funziona in grotta funziona ovunque.

La speleologia non può ignorare questi progressi ma piuttosto deve cercare di indirizzare la ricerca anche per le proprie esigenze. È vero che attualmente ci sono molti limiti all'utilizzabilità di questi sistemi ma è pacifico che essi siano ormai una realtà. Considerando gli enormi progressi che sono stati fatti in pochi anni non è possibile limitare il pensiero su quello che ci può riservare il futuro.

Glossario

Drift	Progressivo scostamento dei dati calcolati dal sistema e quelli reali.
GPS	<i>Global Positioning System</i> : E' un sistema di posizionamento globale che fa uso di satelliti geostazionari per determinare la posizione esatta di un ricevitore GPS.
Loop	Anello. Metodo usato per verificare la correttezza di un rilievo topografico.
Luce strutturata	Proiezione di uno schema noto (spesso righe orizzontali o verticali) su una scena. Il modo in cui lo schema proiettato si deforma colpendo un oggetto permette di calcolare la profondità degli oggetti colpiti ed ottenere altre informazioni sulla superficie.
MEMS	Micro Electro-Mechanical Systems: sistemi meccanici scolpiti su semiconduttori al silicio.
Odometria	L'odometria è la tecnica per stimare il percorso e la posizione di un oggetto nello spazio 3D e si basa su informazioni provenienti da sensori che misurano lo spazio percorso

V-SLAM	E' una tecnica usata da sistemi digitali per ricostruire contemporaneamente l'ambiente circostante in 3D e tenere traccia del percorso effettuato
Kinect	Kinect è una periferica per la Microsoft XBOX ed è dotato di telecamera RGB, con sensore di profondità a raggi infrarossi composto da uno scanner laser a infrarossi e da una telecamera sensibile alla stessa banda
Sensore inerziale	E' un dispositivo elettronico in grado di restituire il valore dell'accelerazione che subisce quando è mosso nello spazio
Magnetometro	E' un dispositivo elettronico in grado di restituire il valore del campo magnetico terrestre. Viene generalmente impiegato come bussola elettronica.

Ringraziamenti

Si ringraziano le seguenti persone: Prof. GIORGIO GRISSETTI, Prof. LUCA IOCCHI e Ricercatore MAURILIO DI CICCIO (Dipartimento di Ingegneria Informatica, Automatica e Gestionale dell'Università La Sapienza di Roma), Prof. DAVIDE SCARAMUZZA, professore di robotica al Laboratorio di Intelligenza artificiale dell'Università di Zurigo.

Bibliografia

- FARINELLI A., IOCCHI L., 2003. *Planning trajectories in dynamic environments using a gradient method*. Proc. RoboCup Symposium.
- GRISSETTI G., KUMMERLE R., STACHNISS C., FRESE U., HERTZBERG C., 2010. *Hierarchical optimization on manifolds for online 2D and 3D mapping*. Robotics and Automation (ICRA), IEEE International Conference, 273-278.
- SCARAMUZZA D., 2011. *1-Point-RANSAC Structure from Motion for Vehicle-Mounted Cameras by Exploiting Non-holonomic Constraints*. International Journal of Computer Vision, **95** (1).
- WEISS S., SCARAMUZZA D., SIEGWART R., 2011. *Monocular-SLAM-Based Navigation for Autonomous Micro Helicopters in GPS-Denied Environments*. Journal of Field Robotics, **28** (6).

MINIERA DI PREDAPPPIO ALTA (EMILIA-ROMAGNA): RICOSTRUZIONE 3D

GIOVANNI BELVEDERI^{1*}, MARIA LUISA GARBERI^{1*}, SABRINA GONNELLA¹,
ENZO LUCCHI¹, GIOVANNI ROSSI¹

¹ Federazione Speleologica Regionale Emilia-Romagna, Centro Parco "Casa Fantini", via Jussi, 171 Farneto, 40068 San Lazzaro di Savena (BO), Italia. <http://fsrer.it>; e-mail: info@fsrer.it

* Commissione Cavità Artificiali SSI

Riassunto

La Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia-Romagna (FSRER), per il periodo 2014-2015, ha varato un complesso progetto di ricerca dal titolo "Gessi e Solfi della Romagna orientale", che si prefigge di rilevare, documentare e studiare le cavità naturali e artificiali della Romagna orientale. La zona, che si estende dalla valle del Savio (provincia di Forlì-Cesena) fino al nuovo confine regionale con le Marche, ha, dal punto di vista delle cavità artificiali, un importante valore archeologico industriale, storico e sociale per la presenza di numerosissime zone minerarie di estrazione dello zolfo, appartenenti alla Formazione Gessoso-Solfifera. Il lavoro presenta lo studio effettuato nella Miniera di Predappio Alta, una delle più antiche di Romagna (ne esistono notizie fin dal 1600). Il giacimento non è mai stato molto ricco e lo sfruttamento ha avuto alterne fortune, specialmente nella prima metà del novecento, quando Predappio assurse ad una notorietà nazionale e la convenienza politica suggeriva l'investimento di capitali per costruire infrastrutture attorno ad una miniera che era già esaurita.

La miniera è stata visitata, documentata e sono state effettuate nuove misurazioni che consentissero, a partire dal rilievo del 1985-86, la ricostruzione tridimensionale con l'utilizzo del software cSurvey, pacchetto open-source specificamente progettato per la gestione informatica di rilievi ipogei, la cui specifica funzione, Resurvey, consente di calcolare a ritroso i dati di una poligonale partendo dai rilievi stampati.

Parole chiave: Predappio; Gesso; Zolfo; Romagna orientale; Miniere di Zolfo; Cavità artificiali.

Abstract

3D RECONSTRUCTION OF THE PREDAPPPIO ALTA MINE (EMILIA-ROMAGNA) - *The Emilia-Romagna regional speleological Federation launched a complex research project: "Eastern Romagna Gypsum and sulphur". This project is determined to survey and study the artificial and natural caves in Eastern Romagna. The area stretches from Savio Valley (Forlì-Cesena province) to the new border with Marche region. Many important artificial cavities open in the area, that has a big industrial archeology, historic and social value. The mines quarried sulphur from the Gessoso-solfifera Formation rocks. This paper describes the study in the Predappio Alta mine, among the oldest mines of Romagna (we have notices from the 17th century). The sulphur field was very poor, the exploitation had alternate lucks.*

We visited the mine, took pictures and new measures to make, from the 1985-86 survey, the 3D reconstruction utilizing the software cSurvey. This is an open-source packet, specifically designed for the computerized management of caves survey. cSurvey has a specific function, Resurvey, that allows the computation of a polygonal from an already done cave survey.

Key words: Eastern Romagna Gypsum and sulphur; artificial cavities; mining activity; Predappio.

Introduzione

La Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia-Romagna (FSRER), per il periodo 2014-2015, ha varato un complesso progetto di ricerca dal titolo "Gessi e Solfi della Romagna orientale", che si prefigge di rilevare, documentare e studiare le cavità naturali e artificiali della Romagna orientale. La Solfatara di Predappio Alta, oggi in gestione alla ProLoco della frazione, si apre poco fuori dell'omonimo abitato, circa 500 metri a Nord, sul versante sinistro del Fosso Predappio (Fig. 1).

Inquadramento storico e geologico

La Miniera di Predappio è una delle più antiche della Romagna, se ne hanno notizie fin dal 1600. Dallo sfruttamento iniziale con metodi rudimentali, nella seconda metà del 1800 si è passato ad una coltivazione organizzata. Anche se non si sono mai avuti importanti quantitativi di minerale estratto, la miniera ha rappresentato una attività locale degna di menzione fino al secondo conflitto mondiale, dopo di che ogni attività mineraria è stata gradualmente abbandonata. I documenti storici più antichi ed ancora consultabili risalgono al 1° Giugno 1873. Tale documento ne cita altri precedenti, ma non più disponibili. Ufficialmente la miniera venne data in concessione ai fratelli ANTONIO ed ALESSANDRO MANZONI nel 1874, seguirono poi affidamenti a diversi affittuari. Le produzioni furono sempre piuttosto limitate, ma si hanno notizie di massimi sviluppi nelle ricerche e nella escavazione all'inizio del secolo scorso, in particolare dal 1900 al 1902, con documentazioni cartografiche ancora rintracciabili negli archivi di Stato.

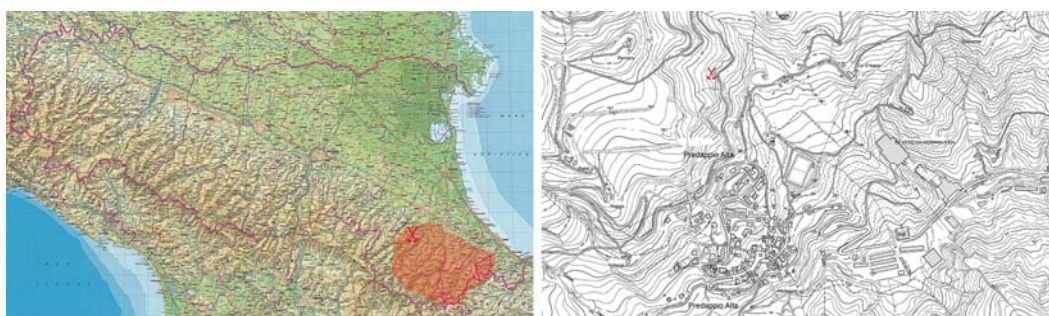


Figura 1. Posizionamento geografico.

Figure 1. Geographical sketch.

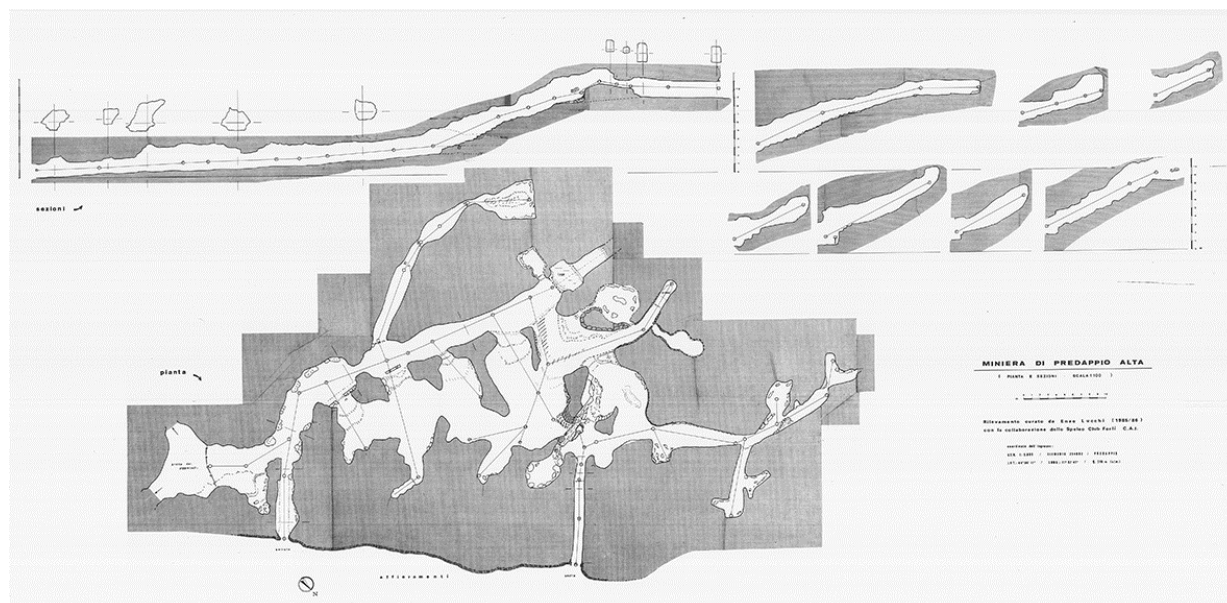


Figura 2. Rilievo effettuato nel 1985/86.

Figure 2. Mine survey in 1985/1986.

Alcune delle gallerie di ricerca e coltivazione di quegli anni, ancora percorribili, sono l'oggetto del presente studio. Molte altre gallerie sono state progressivamente chiuse perché sterili. Dalla seconda metà degli anni 1920 l'escavazione passò da privati alla Società Anonima Zolfi di Torino; vi sono notizie documentali di una concessione di ricerca di minerale datata 1928 ottenuta dalla Società Nazionale Industria Zolfi. Nonostante la grande dovizia di mezzi impiegati (forse anche per fini propagandistici e politici), non si hanno notizie di grandi ritrovamenti. La struttura comunque fu lasciata attiva fino all'inizio della seconda Guerra Mondiale. Sporadici tentativi di ripresa dell'attività nel dopoguerra non hanno dato risultati degni di nota, per cui la miniera fu definitivamente abbandonata.

Il massiccio inglobante la Miniera di Predappio Alta interessa prevalentemente terreni appartenenti alla Formazione Gessoso-Solfifera di età Messiniana: calcari marnosi e calcari solfiferi disposti con andamento monoclinale ricoperti in parte da un "cappellaccio" argilloso-limoso. L'affioramento calcareo in oggetto è circondato su tre lati (Nord, Est ed Ovest) da formazioni marnoso-arenacee più antiche, da cui è separato da contatti tettonici, mentre a Sud esso confina con conglomerati cementati e mal-stratificati appartenenti alla cosiddetta "Formazione di Tetto" del Messiniano. Tali terreni fanno parte di un vasto allineamento che partendo da Asti percorre con qualche discontinuità il versante N-NE dell'Appennino, attraversa la Romagna e giunge fino agli Abruzzi. La Formazione Gessoso-Solfifera s.s. in Emilia Romagna non raggiunge però grandi dimensioni, superando di rado il chilometro di larghezza, mentre lo spessore è di solito inferiore ai 200 metri. Queste aree e in genere tutte quelle sedi di depositi evaporitici sono state oggetto di numerosi studi per il grande interesse che suscitano sia dal punto di vista scientifico che da quello economico: per lo sfruttamento diretto delle evaporiti come materie prime industriali e la loro associazione a depositi di minerali utili come zolfo, idrocarburi, ecc.

L'ipotesi classica sulla origine della Formazione Gessoso-Solfifera prende in considerazione le acque marine e le sostanze contenute in soluzione, che con l'evaporazione si depositano in ordine per solubilità crescente: prima gli ossidi di ferro e i carbonati, poi i solfati di calcio (gesso e anidrite), poi i cloruri di sodio, di magnesio, ecc. Se, in tempi geologici, movimenti tettonici hanno creato una barriera o soglia isolando un bacino interno con la successiva evaporazione si possono depositare tutte le sostanze in precedenza descritte. Se l'isolamento non era completo e continuava un afflusso dal mare aperto per compensare l'acqua evaporata, il deposito sul fondo si limitava ai sali di minore solubilità, mentre il cloruro di sodio e gli altri sali più solubili non si depositavano mai. A queste modalità di formazione molti Autori fanno riferimento per descrivere l'origine dei gessi messiniani e dei loro sedimenti associati, avvenuta come si è detto lungo la parte orientale dell'Appennino ed in Sicilia. Queste zone dovevano avere indubbiamente caratteristiche sedimentologiche e climatiche in comune, ma non è possibile fare riferimento con sicurezza ad un unico tipo di bacino.



Figura 3. Solfataria Predappio Alta (G. BELVEDERI).

Figure 3. Solfataria Predappio Alta (G. BELVEDERI).

E' necessario puntualizzare due importanti caratteristiche della Formazione Gessoso-Solfifera dell'Appennino:

- a) l'incompletezza dei grandi cicli deposizionali di I Ordine rispetto alla "teoria evaporitica classica";
- b) la presenza di un calcare di base diverso da quello comunemente ritenuto evaporitico, perchè si presenta piuttosto come un calcare algale. Questo calcare era fissato attorno ai filamenti di alghe di acque basse (cianofite), si formavano dei tappeti algali entro i quali, sotto l'interfaccia deposizionale, crescevano grossi cristalli gessosi che conservavano all'interno dei tubuli algali indisturbati. Da studi recenti si è ipotizzata anche la presenza di colonie e/o agglomerati di batteri come nucleo di fissazione dei cristalli di gesso. Ciò è valido in particolare per la "Vena del Gesso s.s." mentre per quanto riguarda i gessi romagnolo-marchigiani esistono

facies diverse.

Dai gessi tipicamente cristallini (selenitici) caratteristici dei territori bolognesi e faentini si passa nel territorio forlivese a litotipi sensibilmente diversi: gessoareniti e gessi saccaroidi della valle del Savio, associati a calcari spesso solfiferi a volte in proporzione dominante. Questa sostituzione laterale di litotipi diversi nell'ambito della stessa formazione è imputabile a vari fattori, non da ultime le variazioni microclimatiche e della concentrazione salina in bacini o lagune adiacenti a causa di disomogenei fattori di alimentazione, o molto più semplicemente da profondità anche lievemente diverse dei vari specchi d'acqua in cui si depositavano i sali in soluzione. Inoltre, come già accennato per quanto riguarda lo zolfo presente come minerale accessorio nei calcari, bisogna ricordare che esso si trova sempre associato a gesso e altri sali. Si potrebbe quindi dedurre che lo zolfo si sia depositato a causa di reazioni interessanti il gesso in soluzione, in sospensione o in deposito. Tra le varie teorie per spiegare l'origine dello zolfo una molto plausibile anche se ormai risalente a alcuni decenni orsono attribuisce la probabile origine dello zolfo sia alla riduzione di solfati (gesso o anidrite), sia da parte di sostanze organiche come il metano e/o di solfo-batteri. Da questa riduzione si formerebbe in un primo tempo CaS che reagisce con acque contenenti anidride carbonica e separa zolfo e CaCO_3 . Una conferma della teoria organica dell'origine dello zolfo è data dalla presenza di gas, probabili miscele d'idrocarburi, che si possono spesso riscontrare nelle miniere romagnole in cui probabilmente si sono avute numerose emanazioni di debole intensità. Nella Miniera di Predappio Alta abbiamo prevalentemente calcari a basso tenore di zolfo nella parte ora percorribile e riproposta dal rilievo (Fig. 2); in alcune gallerie abbiamo begli esempi di piccole cristallizzazioni di zolfo e fratture riempite da argille con rosette di gesso (in cristalli).



Figura 4. Sorgente sulfurea, detta "Il lago" (G. BELVEDERI).

Figure 4. Sulphurous source, named "The lake" (G. BELVEDERI).

Il software cSurvey

Il software cSurvey, concepito come progetto aperto alla comunità degli speleologi, nasce con l'ambizione di essere un sistema completamente integrato per la gestione di un rilievo passando dai dati di campagna fino ad arrivare al disegno di pianta e sezione (CENDRON, 2012). Il sistema di calcolo di cSurvey è basato su Therion, un software altamente sofisticato capace di fornire un incredibile numero di funzionalità, ma poco diffuso nella realtà speleologica italiana a causa della mancanza di un'interfaccia utente amichevole e della sua, apparente, complessità d'uso. Il connubio tra i due softwares permette un utilizzo trasparente perché l'uso avviene tramite un'interfaccia utente molto completa. Il software contiene molteplici funzionalità, come Resurvey, che sicuramente è stata la più rilevante e decisiva per realizzare la ricostruzione della solfataria. Lo scopo di Resurvey è permettere di ricostruire la poligonale di una cavità partendo dai disegni di pianta e sezione longitudinale. Si tratta di una funzione matematicamente molto semplice il cui pregio risiede nella comoda interfaccia grafica e in funzionalità aggiuntive.

Caricate le immagini di pianta e sezione, il rilevatore dovrà posizionare i singoli capisaldi, specificando quale dei capisaldi dovrà essere utilizzato come origine (primo caposaldo) della futura poligonale; successivamente, mano a mano che verranno definite nuove stazioni, dovrà avere cura di costruire i collegamenti tra queste ultime: collegamenti che, una volta ultimato il lavoro, diverranno le battute della poligonale ricostruita.

La ricostruzione 3D

La ricostruzione è partita dal rilievo effettuato da uno degli autori nel 1985 (LUCCHI, 1989, Fig. 2). Gli autori hanno rilevato, durante la visita odierna alla solfatara, alcune misure aggiuntive di direzioni e altezze che rendessero più agevole le operazioni con Resurvey. La presenza della sezione longitudinale rende il calcolo della poligonale completo di riferimenti altimetrici relativi e le gallerie ricostruite appaiono quindi disposte sui vari piani di quota.

Le coordinate dei due ingressi della solfatara sono state rilevate con il GPS, e sono state attribuite ai due caposaldi che li rappresentavano, durante la ricostruzione della poligonale. La ricostruzione tridimensionale ci restituisce i volumi della solfatara, che si presenta con un andamento Est – Ovest, uno sviluppo longitudinale di 390 metri e un massimo dislivello di 10 metri (Figg. 6 e 7).



Figura 5. Vuoto di coltivazione (G. Belvederi).

Figure 5. Excavation void (G. Belvederi).

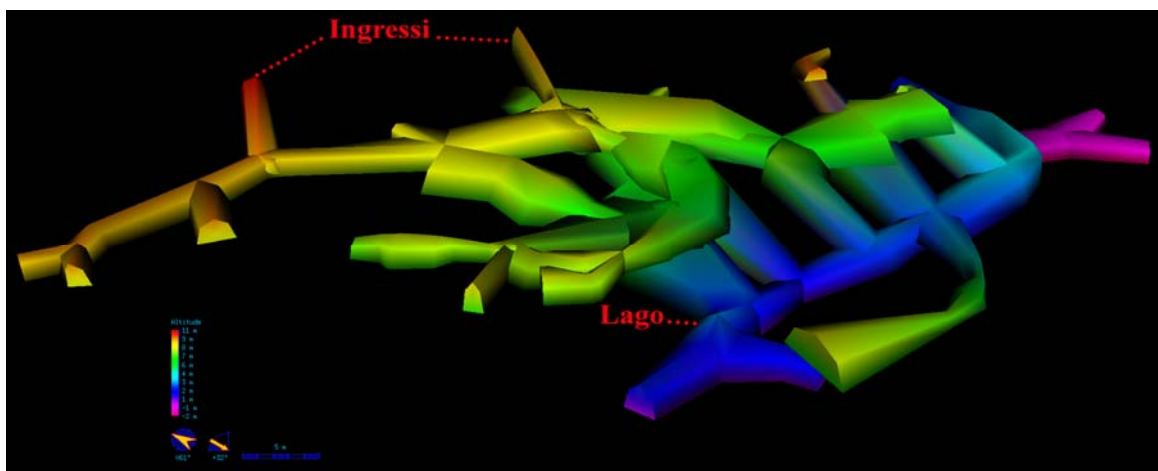


Figura 6. Ricostruzione 3D, vista da Sud-Ovest .

Figure 6. 3D reconstruction, view from the South-West.

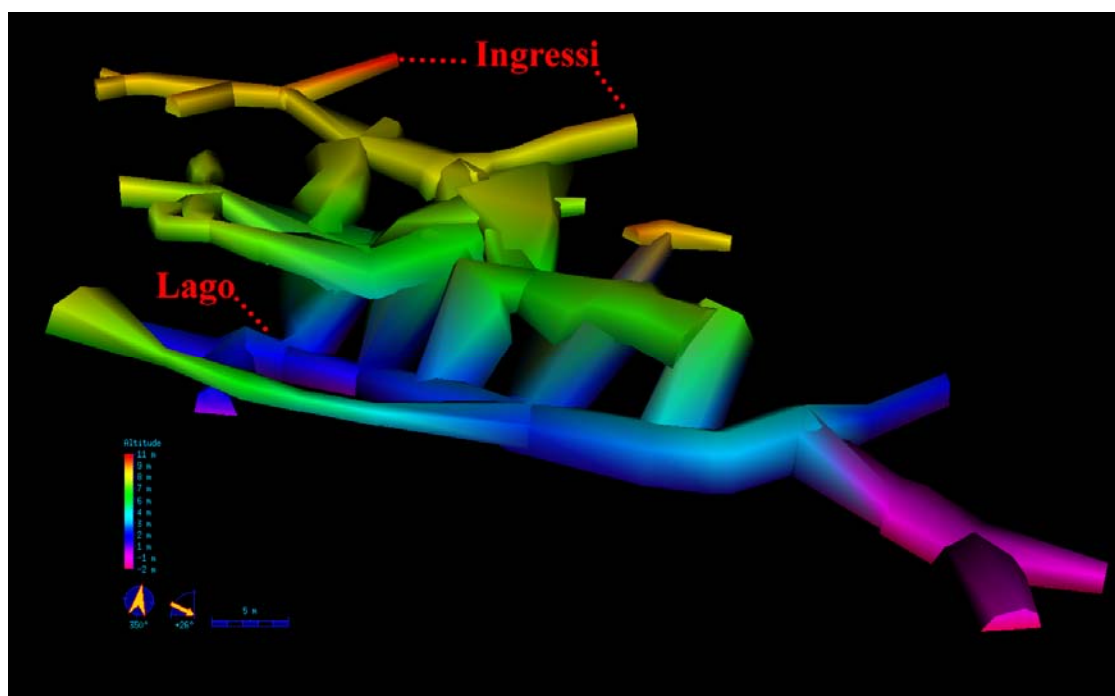


Figura 7. Ricostruzione 3D, vista da Sud.

Figure 7. 3D reconstruction, view from the South.

La forma della miniera ci mostra un andamento degli scavi che hanno presumibilmente seguito la stratificazione del calcare, approfondendosi lungo la mineralizzazione sulfurea. Gli strati hanno un andamento monoclinale (LUCCHI, 1989). La miniera non presenta grandi vuoti di coltivazione, le sale maggiori infatti misurano al massimo 30 x 17 metri (Fig. 5). Durante gli scavi è stata intercettata una sorgente sulfurea raccolta in una vasca, detta "il Lago" (Fig. 4). L'interno visibile oggi presenta una serie di rimaneggiamenti e consolidamenti (Fig. 3) per favorirne l'utilizzo turistico da parte della ProLoco di Predappio Alta; durante il periodo natalizio vi viene organizzato il presepio.

Conclusioni

Il progetto Gessi e Solfi si prefigge di indagare e documentare tutte le cavità artificiali che ancora si riscontrano tra la bassa Valle del Savio e la Repubblica di San Marino, quindi non poteva tralasciare la solfatara di Predappio Alta, che ha rappresentato una delle più antiche emergenze di estrazione dello zolfo della Romagna Orientale, le quali hanno lavorato in maniera documentata fin dal XV secolo. La solfatara di Predappio non ha rappresentato mai una realtà molto importante, sia perché il minerale era di basso tenore, sia perché la mineralizzazione era fortemente discontinua ed irregolare, quindi la produzione è stata sempre piuttosto contenuta (SCICLI, 1972). Nonostante la povertà del giacimento, la solfatara di Predappio Alta ebbe sempre una certa notorietà specialmente negli anni venti, quando vi furono investite somme rilevanti non certo motivate dall'importanza del giacimento da esplorare, ma da convenienza esclusivamente politica, legata alla notorietà che aveva in quei decenni il paese di Predappio (PERINI, 2000).

Bibliografia

- CENDRON F., 2012. *Il Progetto cSurvey*. Speleologia Emiliana, n. 3, anno XXIII, serie V, Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia-Romagna, 36-45.
- LUCCHI E., 1989. *Miniera di Predappio alta. Storia ed evoluzione della miniera dalla escavazione all'utilizzo turistico-culturale*. In: LOLLETTI S. & TOZZI FONTANA M. (eds.), *La miniera tra documento, storia e racconto, rappresentazione e conservazione*. Emilia-Romagna Biblioteche Archivi, 20, Ediz. Analisi, Bologna, 125-139.
- PERINI P., 2000. *La miniera di Predappio*, Paesi di zolfo, anno I, n. 5, Borello (FC).
- SCICLI A., 1972. *L'attività estrattiva e le risorse minerarie della Regione Emilia-Romagna*, Ed. Artioli, Modena, 84-86.

PROGETTO ORSO-3D: OPERAZIONE RILIEVO CON SENSORE OTTICO IN 3D

LUCA DERAIGNONE¹, DAVID FUCILE², MICHELA CROCI³

¹ Gruppo Speleologico Maremmano, Via del Mulino a vento 2, Grosseto; deravignone@gmail.com

² Gruppo Speleologico Maremmano, david.fucile.21@gmail.com

³ Gruppo Speleologico Maremmano, michelacroci.arch@gmail.com

Riassunto

Il progetto qui presentato si basa sullo sviluppo di una metodologia in grado di effettuare rilievi tridimensionali ad alta definizione in ambienti ipogei. In definitiva si tratta di una alternativa ai moderni laser scanner che, oltre ai costi spesso proibitivi, hanno dimensioni e pesi inadatti al trasporto in cavità che non siano prettamente orizzontali e facilmente percorribili.

Le differenze principali stanno proprio nel fatto che la metodologia qui proposta utilizza strumentazioni dal costo irrisorio, facili da utilizzare e dal peso e dimensione estremamente ridotti. Gli unici requisiti sono un computer portatile ed un sensore ottico di soli 30 cm di grandezza. La modalità di rilievo è inoltre totalmente non invasiva in quanto non è necessario il minimo contatto con pareti e concrezioni se non quello dell'operatore.

Le prove presentate sono state effettuate cercando di raggiungere un duplice scopo:

- documentare la cavità e il suo contenuto;
- produrre un modello 3D a colori e di estremo dettaglio che permettesse una sorta di "visita virtuale" della grotta e che possa essere sfruttato per attività di tipo didattico e divulgativo.

I modelli così creati potranno essere pubblicati online grazie a sistemi open source basati su HTML5 o plugin dedicati. In questo modo i singoli rilievi potrebbero inoltre essere raggiungibili pubblicamente e linkati, ad esempio, dai vari catasti grotte.

Parole chiave: rilievo, 3D, laser scanner

Abstract

PROJECT ORSO-3D: 3D SURVEY WITH OPTICAL SENSOR - *The project presented here is based on the development of a methodology to acquire high definition 3D scans in cave contexts. It is an alternative to modern laser scanners that are not only expensive but also present dimensions and weights not comfortable to be used in caves.*

The main differences represented by this method are that it uses cheap, easy to use and extremely light and small equipment. The only needs are a laptop computer and a 30 cm large optic sensor. The method is also totally non-intrusive as it doesn't need to touch walls or concretions.

The case studies here presented have been done with a double aim:

- *to document the cavity and its content;*
- *to produce a high definition and coloured 3D model that can also be used to create a sort of "virtual tour" of the cave itself, useful for didactic and informative activities.*

These kind of models can also be put on the internet thanks to open source systems based on HTML5 or dedicated plugins. By this the single scans can be publicly linked, for example, by the different cave cadasters.

Key words: survey, 3D, laser scanner

Introduzione

Negli ultimi anni sono state fatte molte sperimentazioni riguardanti il rilievo 3D, anche in ambienti ipogei

(HÄMMERLE et al. 2014). Il presente contributo si propone di presentare una metodologia economica e semplice da usare, affinché tutti possano provare a realizzare rilievi tridimensionali in grotta.

Con l'avvento dei moderni laser scanner si è assistito ad un vero e proprio salto tecnologico, sia per quanto riguarda la semplicità di utilizzo che la qualità del risultato finale. D'altro canto queste apparecchiature hanno alcuni aspetti che le rendono inadatte all'uso speleologico: innanzitutto i costi proibitivi, soprattutto per le piccole realtà non commerciali, ed anche l'ingombro dei macchinari necessari, spesso pesanti e difficili da trasportare, specialmente su corda.

La tecnologia degli ultimissimi anni è andata sicuramente avanti su questo versante, creando sensori di vario tipo, poco ingombranti e leggeri, adatti quindi anche al trasporto in grotta, tra cui il sensore Kinect, oggetto di questa sperimentazione.

Il progetto ORSO-3D, portato avanti dal Gruppo Speleologico Maremmano, è l'acronimo di Operazione Rilievo con Sensore Ottico in 3D, ma si riferisce anche alla caratteristica peculiare della grotta in cui è stato effettuato un primo rilievo, cioè la presenza di resti concrezionati di *Ursus spelaeus* o orso delle caverne.

Inquadramento geografico e geologico

La cavità scelta per una prima sperimentazione della metodologia è stata la Grotta Gianninoni (T/GR 1594 presso il Catasto delle grotte della Toscana, vedi CAVANNA 2007 e SGHERRI COSTANTINI 2004), situata a N della località di Talamone, all'interno del Parco Regionale della Maremma.

La grotta si origina in prossimità di una frattura nella formazione geologica di Calcere cavernoso, con ingresso costituito da una buca quasi verticale che immette nell'angusto piano di frattura sul quale si sviluppa la cavità. Dopo una breve discesa su corda l'ambiente si allarga e mostra numerose stalattiti tra cui la cosiddetta "Spada di Damocle", una stalattite di dimensioni e lucentezza notevoli.

Proseguendo si arriva alla "Sala dell'Orso" dove si possono ammirare i già citati resti di *Ursus spelaeus*, cementati a terra da uno spesso strato di calcite. Con molta probabilità la grotta presentava in antichità un andamento pressoché orizzontale, tale da permettere il facile accesso di orsi, cervidi ed altri animali, di cui la grotta presenta numerosi resti.

Metodi

La metodologia si basa su un utilizzo "alternativo" del sensore ottico Kinect, accessorio della console per videogiochi Microsoft Xbox, del costo di poche decine di euro. Per favorire la replicabilità dell'esperienza, si è scelto di utilizzare per l'intera procedura solamente software gratuiti e open source di facile utilizzo.

L'attrezzatura necessaria si riduce al piccolo sensore Kinect, un computer portatile, una adeguata sorgente luminosa ed una batteria per alimentare il tutto. Da notare che la modalità di rilievo è totalmente non invasiva, in quanto non è necessario il minimo contatto con pareti e concrezioni.

Utilizzando il sensore Kinect ed il software gratuito FARO Scenect, è stato possibile effettuare una scansione delle superfici interessate dal rilievo, in particolare l'area con i resti di *Ursus spelaeus*.

Al fine di unire le varie scansioni sono stati creati dei marker, nella fattispecie costituiti da scatole (Fig. 1). Grazie a questi è stato possibile, durante la successiva fase di processamento dati, sfruttare le diverse facce per allineare le nuvole di punti acquisite in grotta.

Per effettuare questa operazione, e per la creazione del modello 3D, è stato usato il noto software open source Meshlab, che ha permesso di passare dalla nuvola di punti ad una mesh, ovvero un vero e proprio oggetto poligonale formato da piccole figure geometriche semplici che ne compongono la superficie.

Risultati

La sperimentazione si proponeva un duplice approccio che andasse da un lato a documentare la cavità e il suo contenuto, dall'altro a creare un modello 3D a colori e di estremo dettaglio che permettesse una sorta di "visita virtuale" della grotta tale da essere utilizzato per attività di tipo didattico e divulgativo.

La prima scansione, costituita dalla cosiddetta "nuvola di punti" ha permesso di creare un modello che, grazie alle caratteristiche del sensore, ha conservato anche i colori originari.



Figura 1. Operazioni di rilievo con il sensore Kinect. In basso a sinistra è possibile vedere il teschio concrezionato di *Ursus spelaeus*, mentre in alto a sinistra una delle scatole utilizzate come marker. Foto: P. BARTOLINI.

Figure 1. Scan operations with Kinect sensor. In the lower left part of the picture the *Ursus spelaeus* skull, while in the upper left corner one of the boxes used as marker. Photo P. BARTOLINI.

Nella figura 2 si può vedere un montaggio della visualizzazione *wireframe* e di una elaborazione a colori della zona con i resti concrezionati di orso, messi in risalto da una colorazione che ne facilita così la leggibilità. Un'altra soluzione possibile, oltre ad una colorazione manuale o automatica, è ovviamente quella di applicare una *texture* fotorealistica che rispecchi il più possibile i materiali originali.

In figura 3 è invece rappresentato uno spaccato di un ambiente della Grotta Gianninoni realizzato con lo stesso metodo. In questo caso la nuvola di punti è stata trattata in modo da alleggerire il modello e rendere possibile il suo utilizzo anche su computer non troppo performanti.

Conclusioni e sviluppi futuri

I modelli così creati possono essere pubblicati online grazie a sistemi *open source* basati su HTML5 o plugin dedicati. In questo modo i singoli rilievi potrebbero inoltre essere raggiungibili pubblicamente e linkati, ad esempio, dai vari catasti grotte.

Oltre ai possibili utilizzi in ambito divulgativo e didattico, partendo dai modelli tridimensionali così creati, è possibile generare automaticamente, ad esempio, sezioni e piante delle cavità rilevate. A tal proposito la metodologia utilizzata permette infatti di immagazzinare le distanze tra i punti, in modo da poter eseguire misurazioni su distanze reali.

Altri utilizzi potrebbero essere fatti nell'ambito della tutela, ad esempio andando a ricostruire ambienti concrezionati per poter poi effettuare controlli su parti danneggiate o, come purtroppo talvolta succede, addirittura "rubate".

I risultati, ottenuti al momento con uno sforzo minimo, sono stati tali da indurre un proseguimento della sperimentazione che al momento mira ad unire al metodo già tentato un approccio basato su metodi di fotogrammetria.

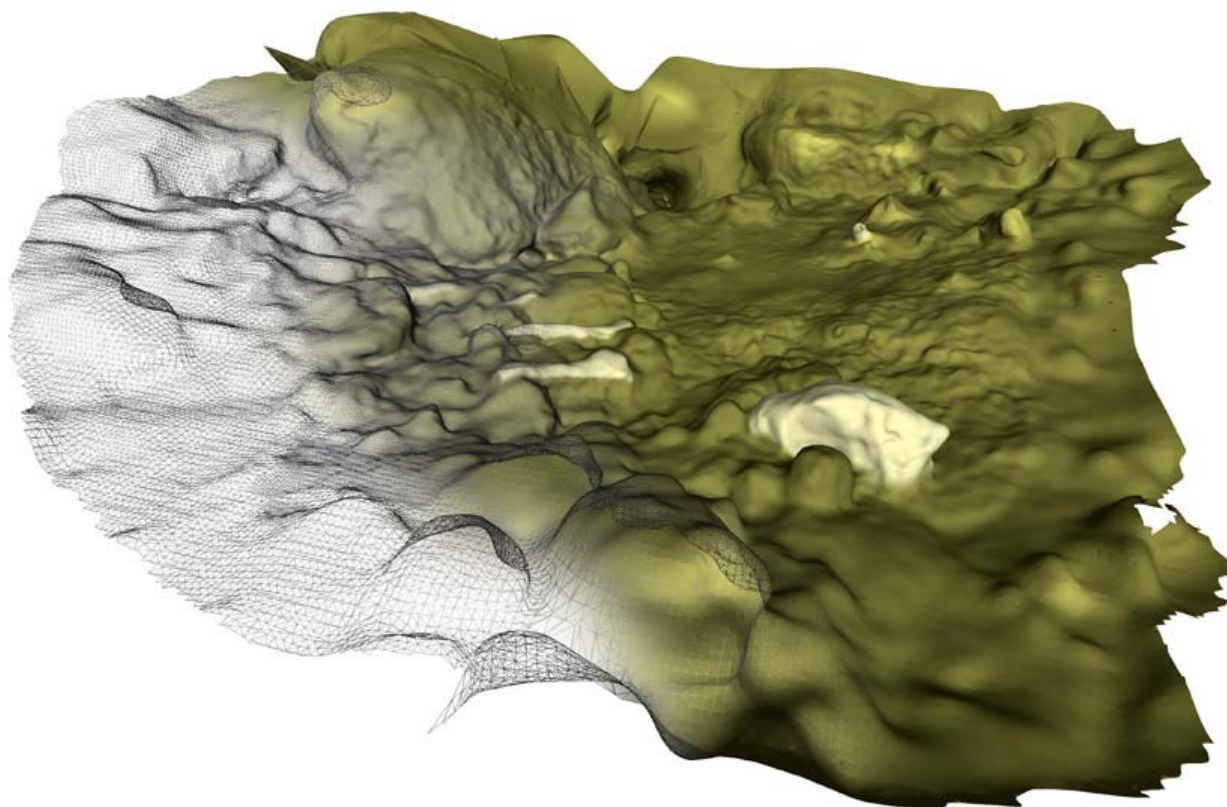


Figura 2. Modello 3D dell'area con il teschio dell'*Ursus spelaeus*.

Figure 2. 3D model of the area where the *Ursus spelaeus* skull is placed.

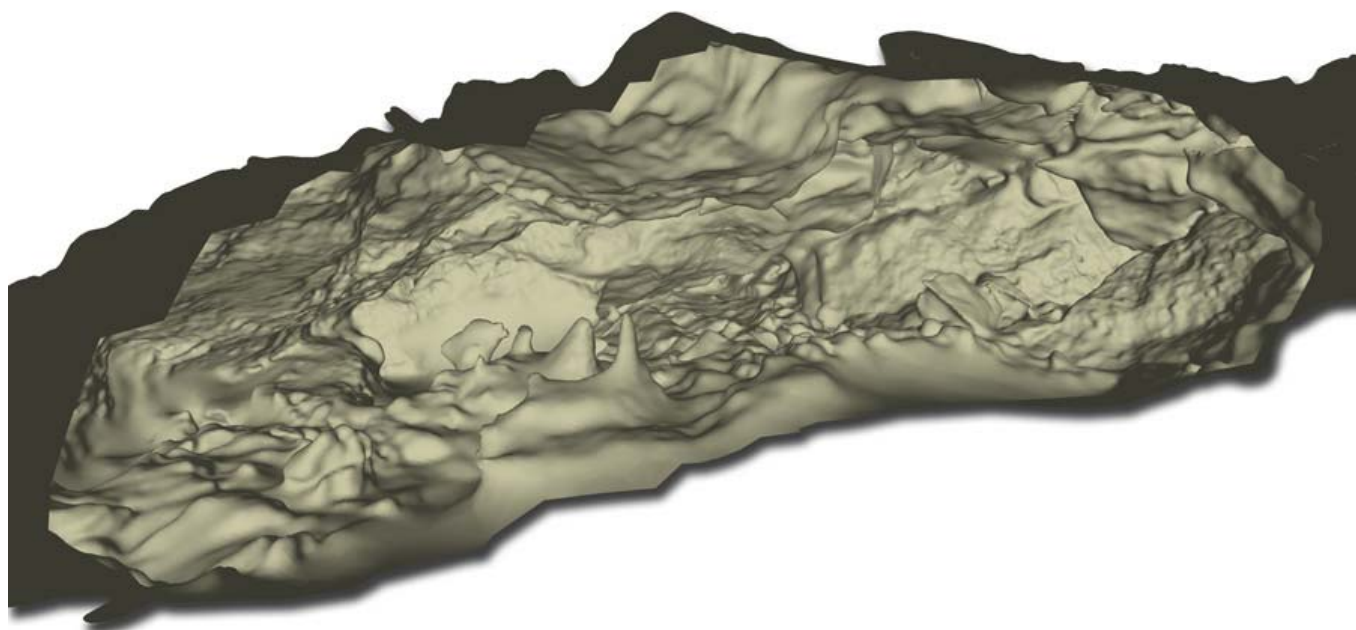


Figura 3. Spaccato di un ambiente della grotta ricostruito in 3D.

Figure 3. Cross section of a part of the cave in the 3D model.

Ringraziamenti

Si desidera ringraziare tutto il Gruppo Speleologico Maremmano ed in particolare SIMONE BERTELLI, GIUSEPPE STIFANO, PIETRO BARTOLINI, GIONNI BERNABINI e STEFANO INNOCENTI per il supporto logistico e tecnico.

Un ringraziamento particolare va inoltre al Parco Regionale della Maremma che ha autorizzato il Gruppo Speleologico Maremmano ad operare questa sperimentazione in una delle più interessanti grotte tra quelle situate nel suo stupendo territorio.

Bibliografia

CAVANNA C., 2007. *La grotta Gianninoni*. In: CAVANNA C. (a cura di), *La preistoria nelle grotte del Parco Naturale della Maremma*. Atti del Museo di Storia Naturale della Maremma, supplemento al n. 22, Grosseto, 259-269.

FEDERAZIONE SPELEOLOGICA TOSCANA, Catasto Online delle Grotte della Toscana,
http://www.speleotoscana.it/programmi_php/catasto/menu.php

HÄMMERLE M., HÖFLE B., FUCHS J., SCHRÖDER-RITZRAU A., VOLLWEILER N., FRANK N., 2014. *Point clouds of measurements in the Dechen Cave near Iserlohn, Germany*. doi:10.1594/pangaea.830567

SGHERRI D., COSTANTINI A., 2004. *Piedi a terra, guida geologica ai sentieri del Parco Regionale della Maremma*, Polar Edizioni, Grosseto.

RACCOLTA DATI IN SPEDIZIONE: QUANDO LA FANTASIA PUÒ ESSERE PIÙ POTENTE DELLA TECNOLOGIA. IL CASO DI PALAWAN, FILIPPINE (1991-2011)

PAOLO FORTI¹

¹ *La Venta Esplorazioni Geografiche e Istituto Italiano di Speleologia, via Zamboni 67, 40126 Bologna; paolo.forti@unibo.it*

Riassunto

Sempre più spesso, durante le spedizioni speleologiche anche estreme, si cerca di raccogliere dati sperimentali da utilizzare come base indispensabile in differenti ambiti scientifici. La tecnologia in questi ultimi anni ha fatto passi da gigante in termini di potenza e affidabilità degli acquisitori automatici, che adesso sono disponibili per misurare una grande quantità di parametri ambientali. Anche il loro costo è sceso a livelli da permetterne l'acquisto non solo a grandi Enti di ricerca, ma anche a singoli ricercatori o Gruppi Speleologici.

Tutto risolto quindi?... No, non proprio! Infatti, praticamente tutti questi strumenti sofisticati, con una certa facilità e senza preavviso, possono smettere di funzionare sul più bello, facendo così naufragare ogni ambizione scientifica di una spedizione. Cosa fare allora? ... è necessario prevedere, possibilmente già dal periodo di progettazione della spedizione e dei suoi obiettivi, una possibile "via d'uscita" nel caso di malfunzionamento degli strumenti automatici. In realtà, sulla base di un'esperienza più che quarantennale, è dimostrato che l'utilizzo di strumentazione manuale, a volte antiquata se non addirittura irriuale, permette di risolvere brillantemente questi problemi.

Un esempio eclatante è fornito dagli studi effettuati, nell'arco di oltre 20 anni di spedizioni, nel Puerto Princesa Underground River (Palawan, Filippine), dove si sono, di volta in volta, utilizzati degli "zorzinometri a corda" come mareografi, delle foglie secche, dei palloncini, della polvere di carburo o addirittura una canoa come misuratori di flusso, un sasso e una cordella metrica come batimetro e infine una canna di bambù con fissato in cima un frammento di un metro per l'analisi statistica degli scallops.

Parole chiave: acquisizione dati, strumenti non convenzionali, Filippine

Abstract

DATA COLLECTION DURING EXPEDITIONS: WHEN FANTASY IS MORE POWERFUL THAN TECHNOLOGY. THE CASE OF PALAWAN, PHILIPPINES (1991-2011) - Nowadays it is very common to try to collect experimental data for different scientific purposes even in extreme speleological expeditions. In the last 10-20 years technological progress made available light, small, powerful automatic devices to measure and store plenty of environmental parameters. Moreover, their cost dramatically decreased to a level that they may now be purchased not only by important research agencies but also by individual researchers or Caving Clubs. So, everything seems to be solved?... No, not at all! In fact, these rather sophisticated instruments often stop working without any advance warning, thus putting in serious risk any possibility of scientific research within the expedition. What can we do to reduce, if not completely avoid, such risk? The best thing to do is to organize a possible different way of data acquisition in case of electronic automatic devices failure since the early planning of the expedition. In fact, my personal experience over more than 40 years of speleological expeditions clearly shows that simple, rather old, often unconventional analogic instruments may solve all problems.

Perhaps the best example of this is given by the studies performed in the last 20 years, during the speleological expeditions inside the Puerto Princesa Underground river (Palawan, Philippines). In fact, from time to time we were obliged to utilize "rope zorzinometers" for tide analyses, withered leaves, toy balloons, exhausted carbide and even a bancas for flow rate measurements, rounded stones and tapes for bathymetric studies, and eventually a 2 m long bamboo with on top a fragment of a folding ruler to perform a statistical study of scallops...

Keywords: data acquisition, unconventional instruments, Philippines.

Introduzione

Negli ultimi venti anni le spedizioni speleologiche italiane si sono, sempre di più frequentemente, spinte in aree remote del pianeta. Inoltre è diventato praticamente un obbligo affiancare alla esplorazione vera e propria anche un "programma scientifico" con cui si pensa di nobilitare la spedizione stessa. In realtà, a parere dello scrivente, la dignità e il successo di una spedizione speleologica può prescindere totalmente dalle eventuali ricerche scientifiche, che vengono effettuate al suo interno, anche e soprattutto per il fatto che raramente i tempi molto contingentati di una spedizione, le difficoltà logistiche e la carenza di dati di partenza impediscono nella stragrande maggioranza dei casi di riuscire nello scopo. Un periodo di appena una o due settimane in un'area sconosciuta rendono quasi certo il fallimento scientifico anche se le cose poi possono mettersi, e fortunatamente qualche volta accade, in maniera totalmente differente: è il caso del rinvenimento di un nuovo minerale secondario di grotta, di un reperto paleontologico o archeologico o di un nuovo animale... anche se in quest'ultimo caso, se non si sa in partenza a chi farlo studiare, è assai probabile che l'unico risultato che si ottiene è l'animalicidio. Naturalmente la possibilità di successo crescono, e di molto, se la spedizione in questione fa parte di un progetto articolato basato su visite ripetute alla stessa area, in modo da permettere una corretta pianificazione delle eventuali ricerche da sviluppare su un lasso temporale abbastanza lungo. In questo senso il progetto sviluppato tra il 2005 e il 2009 da La Venta a Naica (Messico), è un esempio lampante: una ventina di spedizioni abbastanza ravvicinate tra loro, per un totale di quasi un anno di permanenza in loco, hanno portato ad una incredibile messe di risultati scientifici (oltre 70 lavori, di cui ben 19 in riviste internazionali - BADINO & FORTI, 2013), a cui vanno aggiunte le pubblicazioni che ancora oggi continuano ad uscire in prestigiose riviste.

Ma ritorniamo al problema centrale di questo articolo: la necessità, durante le spedizioni speleologiche anche estreme, di raccogliere dati sperimentali da utilizzarsi come base indispensabile in differenti ambiti scientifici. Negli ultimi decenni la tecnologia ha fatto davvero passi da gigante aiutando moltissimo gli speleologi: infatti gli strumenti di acquisizione automatica di una grande quantità di parametri ambientali (praticamente inesistenti 40 anni addietro) sono diventati sempre più affidabili, potenti e miniaturizzati, con richieste energetiche per il loro funzionamento sempre minori, tanto che oggi è possibile prevederne l'impiego per tempi estremamente lunghi (anche un anno e più). Anche il loro costo, solo una decina di anni fa praticamente inaffrontabile, è sceso a livelli da permetterne l'acquisto non solo a grandi Enti di ricerca, ma anche a singoli ricercatori o Gruppi Speleologici. Tutto risolto quindi?... No, non proprio! Non bisogna dimenticare, infatti, che praticamente nessuno di questi strumenti è stato mai progettato per funzionare specificatamente in una ambiente così ostile come le grotte. Inoltre il loro grado di sofisticazione rende maggiormente probabile che, prima o poi, qualche cosa, anche minima e senza alcun preavviso, possa guastarsi sul più bello, facendo così naufragare ogni ambizione scientifica di una spedizione.

Cosa fare allora per evitare il fallimento totale delle ambizioni scientifiche di una spedizione? E' necessario prevedere, possibilmente già dal periodo di progettazione della spedizione stessa e dei suoi obiettivi, un "piano b", che fornisca una possibile "via d'uscita" nel caso di malfunzionamento degli strumenti automatici. Sulla base di un'esperienza più che quarantennale, è dimostrato che l'utilizzo di strumentazione manuale, a volte antiquata se non addirittura irriuale, permette di risolvere brillantemente tali problemi: questo asserto ha trovato puntuale conferma nelle spedizioni effettuate nell'arco di 20 anni all'interno del progetto di La Venta dedicato all'esplorazione e allo studio dell'Uderground River nell'isola di Palawan nelle Filippine.

Il corso di St. Paul a Palawan

L'isola di Palawan nelle Filippine si trova al confine tra il Mar Cinese meridionale e il Mare di Sulu e ha una forma stretta e allungata che si protende verso il Borneo. Tra le tante bellezze naturali di quest'isola spicca il Puerto Princesa Underground River (PPUR): un complesso carsico di oltre 32 km, sviluppato all'interno del Saint Paul Dome, una montagna calcarea alta poco più di 1000 m, e che sfocia direttamente in mare con una enorme galleria di oltre 4,5 km di sviluppo, lungo la quale si propagano indisturbate le maree. La grotta è abitata da immense colonie di rondini e pipistrelli, oltre a molte altre specie animali terrestri e soprattutto acquatiche, ragioni queste, che ne fanno uno degli ecosistemi sotterranei più ricchi del pianeta. Tutta l'area carsica ricade nel parco naturale istituito dalle Filippine nel 1971, mentre la grotta è stata la prima ad essere inserita nella lista dei patrimoni dell'umanità dell'UNESCO e nel 2012 è stata votata in internet come una delle "New seven wonders of nature".

Dopo le prime esplorazioni di speleologi australiani degli anni 1980 e 1981, tra il 1989 e il 1991 nell'area di St. Paul si è svolto un primo progetto esplorativo coordinato dalla Società Speleologica Italiana, che portò alla

scoperta di nuove grandi diramazioni (PICCINI & ROSSI, 1994), facendo di questa grotta una delle più importanti dell'estremo oriente, ma soprattutto dando inizio ad una prima serie di ricerche centrate sull'idrodinamica e idrochimica del PPUR (FORTI et al., 1992), sulla speleogenesi (FORTI et al., 1994) e sul suo ecosistema (MESSANA, 1994). Nel 2000 un gruppo del team La Venta torna nell'isola con lo scopo di girare un documentario su questa grotta straordinaria. Proprio a seguito di quella spedizione è nato poi un nuovo progetto "Palawan", che può essere considerato come uno dei più importanti della speleologia italiana in paesi extraeuropei e che ancora non si è concluso. Una parte dei risultati scientifici, basati sulle osservazioni e i dati raccolti in quella spedizione e nelle successive, è già stato pubblicato in riviste internazionali (PICCINI & IANDELLI, 2011), mentre l'insieme dei dati sperimentali raccolti in questi 20 anni è stato pubblicato assieme al rilievo aggiornato in una tavola allegata alla rivista Kur (BADINO et al., 2014).

La raccolta dati nel PPUR

I dati ambientali nel PPUR sono stati raccolti essenzialmente durante tre spedizioni: quella del 1991, quella del 2000 e l'ultima del 2011. In tutte e tre queste occasioni, la partecipazione di Dipartimenti Universitari e di altri Enti di Ricerca avevano garantito la presenza di strumenti sofisticati e teoricamente in grado di registrare tutti i dati che si era programmato di acquisire. Ma praticamente mai il programma studiato a tavolino in Italia si è potuto realizzare per il parziale malfunzionamento di una parte degli strumenti... o meglio, alla fine i dati sono stati raccolti, ma con metodi completamente differenti! E ancora, a volte, durante la spedizione, ci si è accorti di un fenomeno non previsto e per cui, quindi, non era stato pensato nulla per la sua misurazione.... Anche in questo caso la fantasia e l'arte di arrangiarsi con il poco che si aveva a disposizione ci ha permesso di risolvere i problemi in maniera soddisfacente. Qui di seguito sono riportate le più importanti e curiose azioni che hanno permesso alle spedizioni di essere comunque un successo dal punto di vista della raccolta dei dati sperimentali.

3.1. 1991: La misura delle maree e lo "zorzinometro a corda"

Nella programmazione di questa prima "spedizione scientifica" l'aspetto principale era quello relativo allo studio dell'effetto delle maree lungo i primi 5 km di grotta e per questo ci si era preoccupati di trovare in prestito un mareografo analogico che, secondo le intenzioni, sarebbe stato spostato lungo l'asse della grotta ogni 24-36 ore. Purtroppo uno degli organizzatori della spedizione, responsabile per questo strumento, decise di tenere come bagaglio a mano l'attrezzatura da grotta e inserì nel bagaglio certificato questo delicato strumento... la conclusione fu ovvia: il mareografo arrivò a Palawan rotto. A questo punto per evitare il fallimento totale della spedizione ci si dovette inventare qualche cosa che sostituisse lo strumento del tutto inutilizzabile. Con le poche cose disponibili si realizzarono quindi degli "zorzinometri a corda" (dal nome dello sciagurato che aveva compromesso l'operatività del mareografo): in pratica questi strumenti erano niente altro che un cordino con nodi ogni 5 cm con un'anella alla sommità e un sasso legato al fondo. L'anella serviva per ancorare il cordino ben al di sopra del livello massimo della marea, mentre il sasso faceva sì che lo stesso rimanesse ben teso anche in presenza di forti correnti.

La registrazione dell'escursione di marea veniva fatta direttamente da un operatore che rimaneva presso lo "zorzinometro" per almeno 6-7 ore in modo da essere sicuri di osservare il momento di colmo dell'alta marea o quello di massima bassa marea, di cui veniva presa nota nell'esatto istante in cui avveniva. Lo "zorzinometro", invece, non era in grado di fornire valori esatti per l'estensione delle maree stesse. In ogni caso, nell'arco di una settimana di osservazioni ripetute, fu possibile dimostrare, non solo l'esistenza di un ritardo di propagazione delle maree all'interno della grotta, ma anche misurarlo con sufficiente precisione rispetto a quattro punti lungo il corso del fiume sotterraneo.

3.2. 1991: La polvere di carburo esausto e la scoperta dei moti relativi d'acqua dolce e salmastra

Durante il periodo passato ad osservare lo *zorzinometro* presso il sifone del Rockpile a 4,7 km dall'ingresso gli operatori, dovendo sostituire il carburo e trovandosi su una bancas nel mezzo del fiume sotterraneo decisero di lavare le loro lampade nell'acqua. Immediatamente si accorsero che la polvere di carburo esausto, invece di affondare perpendicolarmente veniva trasportata per i primi 10-20 centimetri d'acqua verso valle e quindi, più in profondità, invertiva il suo moto spostandosi, ma molto più lentamente, verso monte. In questo modo fu possibile scoprire l'esistenza, all'interno dei primi 5 km della grotta, di 3 differenti strati di acqua (rispettivamente salata, salmastra e dolce) i cui movimenti reciproci erano asincroni e potevano essere anche essere opposti. Da quel momento in poi tali strati vennero tenuti sotto osservazione per scoprire come variavano in estensione, spessore e direzione di flusso, in funzione non solo delle maree, ma anche e soprattutto dell'apporto di acqua meteorica da monte.

3.3. 1991: Velocità di flusso superficiale, foglie secche e una *bancas*

Sempre nella stessa spedizione si realizzò l'importanza di misurare la velocità di flusso superficiale lungo il fiume a valle del Rockpile, anche per stabilire se in condizioni di magra l'acqua dolce avesse la possibilità di raggiungere il mare durante un singolo ciclo di bassa marea. Il problema era che non ci si era portato un mulinello e non era possibile procurarsene uno a Palawan Ma il lungo tragitto, che ogni giorno dovevamo fare a piedi lungo il sentiero in foresta per raggiungere la grotta, ci fornì l'idea di utilizzare delle foglie secche per la bisogna: erano infatti leggere e galleggiavano, inoltre se ne potevano “lanciare” delle grandi quantità e quindi cercare di avere un valore “statistico” della loro velocità nei vari tratti della grotta. Questo metodo di misura, però, aveva l'inconveniente che rapidamente le foglie, essendo troppo leggere, “pescavano” troppo poco e quindi non erano in grado di misurare la massima velocità di flusso, che era qualche centimetro al di sotto del pelo dell'acqua; inoltre, esse tendevano rapidamente ad uscire dal filone di corrente... Mentre seguivamo con la *bancas* (canoa lunga 6-8 metri con due bilancieri fatti da enormi canne di bambù – Fig. 1) le foglie per misurare la velocità ci rendemmo conto che la *bancas* poteva essere effettivamente il mezzo idoneo per queste misure: infatti, pescava un massimo di 10-15 cm e quindi si posizionava praticamente tutta all'interno del primo strato di acqua dolce; inoltre, la sua massa era sufficientemente grande da permetterle di avere un'inerzia tale da continuare la sua corsa senza abbandonare il filone di corrente. Certo il suo ingombro era notevole e spesso urtava le pareti laterali o gli scogli a pelo dell'acqua, quando il filone di corrente diventava tangente a questi oggetti... Comunque i risultati ottenuti furono molto buoni.



Figura 1. Una classica *bancas* lungo l'Underground River (foto PAOLO PETRIGNANI, La Venta).

Figure 1. A classical *bancas* along the Underground River (photo PAOLO PETRIGNANI, La Venta).

3.4. 2000: Velocità di flusso con palloncini “zavorrati”

Dieci anni più tardi, quando, si ritornò a fare una spedizione scientifica all'interno del PPUR, ci eravamo attrezzati con un mulinello meccanico professionale, che fu utilissimo per misurare la velocità di flusso a differenti profondità (50, 100, 150 ... cm) ma, data la dimensione della sua elica non era in grado di misurare quella vicino al pelo libero dell'acqua. Ancora una volta, quindi fummo costretti ad inventarci un metodo di misura non convenzionale. Sapevamo già dei difetti delle foglie secche (troppo leggere), e di quelli delle *bancas* (troppo ingombranti), e pertanto ci eravamo attrezzati con dei palloncini gonfiabili colorati. Prima di gonfiarli li zavorravamo con 50-100 cc di acqua del fiume in maniera che galleggiassero sì, ma la gran parte della loro massa fosse immersa nei primi 5 cm di acqua. In questo modo riuscimmo ad avere finalmente dati realmente validi sulle velocità di flusso superficiali, anche se limitati ad un primo breve tratto... Infatti nella notte, a poche ore dalla loro immissione, il sistema carsico andò in piena e la mattina successiva solo pochissimi palloncini galleggiavano nella laguna esterna mentre tutti gli altri erano stati letteralmente “sparati” in alto mare.

3.5. 2000: La riscoperta del metodo di LUIGI FERDINANDO MARSILI per le batimetrie

Nel corso delle misurazioni delle velocità di flusso ci si rese conto che sarebbe stato importante disporre di misure batimetriche al fine di definire il volume d'acqua immagazzinato all'interno della cavità, ma non avevamo a disposizione alcuno strumento automatico per effettuare tali studi. Ci siamo ricordati, però, del famoso condottiero e scienziato LUIGI FERDINANDO MARSILI (1658-1730) che, all'inizio del 1700, aveva effettuato la prima campagna batimetrica al mondo nel Golfo di Guascogna, utilizzando dei semplici scandagli fatti da una palla metallica legata ad una corda con nodi a distanze fisse. Così un sasso rotondo raccolto sulla spiaggia e dieci metri di un cordino per stendere i panni al campo, su cui facemmo nodi ogni 5 cm, ci permisero agevolmente di misurare la profondità del fiume per quasi 5 km di grotta a intervalli di meno di 100 metri.

3.6. 2011: Perfezionamento delle batimetrie "marsiliane" con l'aggiunta della cordella metrica

Nell'ultima spedizione, a dispetto della notevole *debacle* registrata da molti degli strumenti elettronici a nostra disposizione, è stato possibile migliorare la conoscenza dell'alveo del fiume sotterraneo, grazie ad uno scandaglio perfezionato rispetto a quello originale del MARSILI: al posto dei nodi a distanze fisse, infatti, alla corda era stata fissata una cordella metrica cosicché le misure di profondità avessero errori inferiori al centimetro. Con questo sistema, in una giornata di lavoro, si è rifatta la batimetria lungo l'asse principale della grotta fino al Rockpile (4,7 chilometri dall'ingresso) con distanze da punto a punto inferiori ai 20 metri. Inoltre si sono effettuate 17 sezioni trasversali con distanze medie di 2 metri.



Figura 2. Visione generale delle ossa del sirenide nella God's Highway, Underground River: la dimensione è data dal metro artigianale montato su una canna di bambù (foto: NATALINO RUSSO, La Venta).

Figure 2. General view of the bones in the God's Highway, Underground River: dimension given by the self-constructed bamboo-aluminum-meter (photo: NATALINO RUSSO, La Venta).

3.7. 2011: Sirenide, scallops e una canna di bambù con frammento di riga millimetrata

Il lungo tempo speso all'interno della *bancas* per effettuare le misure batimetriche e soprattutto la lentezza dei movimenti della stessa lungo il fiume hanno permesso di osservare con particolare attenzione le pareti della grotta e conseguentemente è stato possibile notare un fossile di sirenide che, grazie all'azione differenziale della corrosione carsica, sporgeva per oltre 10 cm dalla parete sinistra della God's Highway ad una altezza di circa 4 metri. Vista l'importanza scientifica della scoperta (FORTI et al., 2011) era necessario fotografare questo fossile in maniera che potesse essere analizzato nel migliore dei modi da paleontologi professionisti al nostro ritorno in Italia: in particolare bisognava riuscire a mettere una scala millimetrata il più vicino possibile.

La cosa era tutt'altro che facile: infatti i bilancieri delle *bancas* impedivano di arrivare a contatto con la parete e, inoltre, le ossa si trovavano molto più in alto rispetto al pelo dell'acqua anche in periodo di massima alta marea. Il problema è stato comunque risolto brillantemente utilizzando una canna di bambù, lunga quasi 3 metri, alla cui sommità era fissato ad angolo retto un pezzo di metallo con sopra un frammento di un metro a nastro (Fig. 2). Poi, per riuscire a minimizzare gli errori di parallasse, abbiamo costretto il fotografo a salire su una specie di scala a pioli (realizzata sempre in bambù) che, posizionata con il fondo all'interno della *bancas*, veniva pericolosamente retta contro la parete senza alcuna possibilità di ancoraggio fisso. Dopo vari tentativi e un tempo davvero lungo, comunque, le fotografie sono riuscite come desideravamo. Ma l'utilizzazione del metro a bambù era tutt'altro che terminata: infatti, nelle more delle fotografie, avevamo avuto la possibilità di osservare con attenzione gli scallops che coprivano le pareti della galleria fino quasi a lambire il fossile del sirenide, quindi per una altezza di quasi 3 metri sul pelo dell'acqua. In particolare si era notato che questi scallops avevano dimensioni diversissime che aumentavano progressivamente dal pelo dell'acqua verso l'alto. Per meglio studiare questo fenomeno, però, sarebbe stato necessario misurare esattamente l'area di qualche centinaio di scallops lungo un asse perpendicolare alla superficie del fiume sotterraneo. Non avevamo né il tempo e soprattutto la possibilità pratica per fare questo: infatti, come abbiamo già ricordato prima, non era possibile ancorarsi in nessuna maniera alle pareti, che le *bancas* non potevano neanche avvicinare a causa dei loro bilancieri. Di nuovo lo strumento ideato per le fotografie del sirenide ci è stato utilissimo: infatti in pochi minuti siamo riusciti a fare alcune foto, che una volta rientrati a casa hanno permesso di effettuare le analisi areali necessarie a dimostrare la correlazione diretta esistente tra area dei singoli scallops e loro elevazione rispetto al pelo dell'acqua.

Conclusioni

Durante le spedizioni speleologiche in paesi remoti, molto spesso, a dispetto della programmazione anche accurata fatta in patria, ci si trova dinanzi a fenomeni assolutamente inaspettati, ovvero non presi in considerazione, per i quali, quindi, non si sono portati strumenti idonei per la loro osservazione e/o misurazione. Con altrettanta frequenza le strumentazioni spesso sofisticate predisposte per l'acquisizione di dati naturali smettono improvvisamente di funzionare quando si trovano in condizioni estreme quali, per esempio, quelle rappresentate da grotte in ambienti tropicali. Per questi motivi tutti coloro che programmano osservazioni scientifiche nell'ambito di spedizioni speleologiche estreme è necessario che siano pronti a sostituire, in caso di necessità, gli ultimi gioielli della tecnica con rozzi ma indistruttibili strumenti manuali e a usare tecniche non ortodosse, ovvero antiquate ed obsolete, senza storcere il naso perché comportano misure meno precise di quelle ipertecnologiche. Solo in questo modo, infatti, sarà sempre possibile ottenere, in ogni condizione e in qualunque evenienza, il massimo dei risultati possibili e, soprattutto, evitare che una spedizione possa trasformarsi rapidamente in un completo insuccesso solo per la *defaillance* di un costosissimo strumento elettronico.

Bibliografia

- BADINO G., FORTI P., 2013. *Naica caves: perhaps the most important mine caves of the world*. In: DE WAELE J., FORTI P., NASEDDU A. (Eds.), *Mine Caves / Grotte di Miniera*. Mem. Ist. Italiano di Speleologia s. 2, **XXVIII**, 29-40.
- DE VIVO A., PICCINI L., FORTI P., BADINO G., 2013. *Some scientific features of the Puerto Princesa Underground River: one of the new 7 wonders of nature*. Proceedings International Congress of Speleology, Brno, **3**, 35-41.
- FORTI P., RUSSO N., LO MASTRO F. 2011. *Laventino, il sirenide di Palawan*. KUR, **17**, 14-15.
- FORTI P., PICCINI L., ROSSI G., ZORZIN R., 1992. *Note preliminari sull'idrodinamica del sistema carsico di S. Paul (Palawan, Filippine)*, Bull. Soc. Geogr. Liege, **29**, 37-44.
- FORTI P., PICCINI L., ROSSI G., ZORZIN R., 1994. *Aspetti geomorfologici ed evolutivi*. In: PICCINI L., ROSSI G. (Eds.) *Le esplorazioni speleologiche italiane nell'Isola di Palawan*. Speleologia, **31**, 39-40.
- MESSANA G., 1994. *Biologia*. In: PICCINI L., ROSSI G. (Eds.) *Le esplorazioni speleologiche italiane nell'Isola di Palawan*. Speleologia, **31**, 57-60.
- PICCINI L., IANDELLI N., 2011. *Tectonic uplift, sea level changes and Plio-Pleistocene evolution of a costal karst system: the Mount Saint Paul*. Earth Surface Processes and Landforms, **36** (1).
- PICCINI L., ROSSI G., 1994. *Le esplorazioni speleologiche italiane nell'Isola di Palawan*. Speleologia, **31**, 5-61.

UN GEODATABASE DEI SITI PALEONTOLOGICI A VERTEBRATI DELLA PROVINCIA DI PALERMO: IPOTESI DI MODELLIZZAZIONE

GIOVANNI SURDI^{1,3}, GIUSEPPE CERESIA^{1,2,3}, CAROLINA DI PATTI¹

¹ Museo Geologico "Gaetano Giorgio Gemmellaro", C.so Tukory 131, Palermo; mgup@unipa.it

² A.N.S. "Le Taddarite", Via Terrasanta 46, Palermo; letaddarite@gmail.com

³ Centro Regionale di Speleologia "Enzo dei Medici", Via Lucania 3, Roseto Capo Spulico Stazione (CS); segreteria@enzodeimedici.it

Riassunto

La notevole importanza delle associazioni faunistiche rinvenute in numerose grotte siciliane è stata da stimolo per la stesura del presente lavoro che nasce con l'intento di fornire un quadro generale circa le conoscenze dei depositi pleistocenici a mammiferi recuperati nei siti paleontologici storicamente noti e in quelli di più recente scoperta della sola provincia di Palermo, attraverso la costruzione di un Geodatabase. L'utilizzo dei sistemi informativi territoriali ha permesso di realizzare un WebGIS integrato, contenente le informazioni relative a depositi di grotta e/o cavità carsiche di tutta l'area provinciale.

Questo lavoro rappresenta un punto di partenza per la futura realizzazione di un sistema informativo che abbia come oggetto la catalogazione dei siti di interesse speleo-paleontologico e la raccolta di tutti i dati utili multi-disciplinari ad essi riguardanti, finalizzati ad una loro diretta e immediata consultazione.

Parole chiave: Paleontologia, Geodatabase, Vertebrata, Mammiferi, Palermo, Pleistocene

Abstract

A GEODATABASE OF VERTEBRATA PALAEOLOGICAL SITES IN THE PALERMO PROVINCE: A MODELING HYPOTHESIS - The great importance of faunal assemblages found in many caves of Sicily has been a stimulus for the preparation of this work that was created with the aim at providing an overview about the knowledge of the mammals Pleistocene deposits recovered in palaeontological sites historically known and in those of more recent discovery of the single province of Palermo, through the construction of a Geodatabase. The use of geographical information systems enabled us to realize an integrated WebGIS, containing the information relating to cave deposits and/or karst cavities of the entire province.

This work represents a starting point for the future creation of an information system that has as its object the cataloguing of sites of speleological and paleontological interest and the collection of all the multi-disciplinary relevant data about them, for their direct and immediate consultation.

Key words: Palaeontology, Geodatabase, Vertebrata, Mammals, Palermo, Pleistocene

Introduzione

Il Geodatabase è una raccolta di dati geografici di varia tipologia, utilizzati in ArcGIS e gestiti sia in formato file che come database relazionale. È il formato nativo dei dati di ArcGIS ed è utilizzato per l'editing e l'automazione dei dati in ArcGIS. Un Geodatabase viene progettato come modello aperto di archiviazione di geometrie semplici (punti, linee e poligoni) e supporta diversi meccanismi di gestione dei dati.

Le moderne tecnologie di comunicazione attraverso internet consentono di configurare dei portali, sviluppati con tecnologia WebGIS, in grado di mettere a disposizione di tutti gli utenti dei semplici strumenti per dare risposte rapide ed essenziali alle esigenze operative e informative.

La rilevanza scientifica delle associazioni faunistiche siciliane è stata trampolino di lancio per la realizzazione del presente lavoro, che nasce con l'intento di fornire un quadro generale circa le conoscenze dei depositi rinvenuti nei siti paleontologici storicamente noti e in quelli di più recente scoperta, facendo ricorso alla tecnologia WebGIS attraverso la costruzione di Geodatabase.

reperiti nelle sedi museali arricchiscono ulteriormente i dati raccolti. Di tutti i siti riportati in elenco è noto il riferimento cartografico; per i soli depositi di grotta è stato aggiunto anche il codice del catasto *sensu* MANNINO, 1986 (Fig. 1).

Facendo ricorso al software ArcMap 9.0, è stata progettata e costruita una tabella, nucleo del Geodatabase, all'interno della quale i 56 siti paleontologici sono rappresentati da *feature class* puntiformi opportunamente georeferenziate. Queste sono individuabili con facilità su supporto cartografico in scala 1:100.000 dell'I.G.M.I. che costituisce uno dei livelli del nostro sistema informativo (SURDI *et al.*, in stampa; Fig. 2).

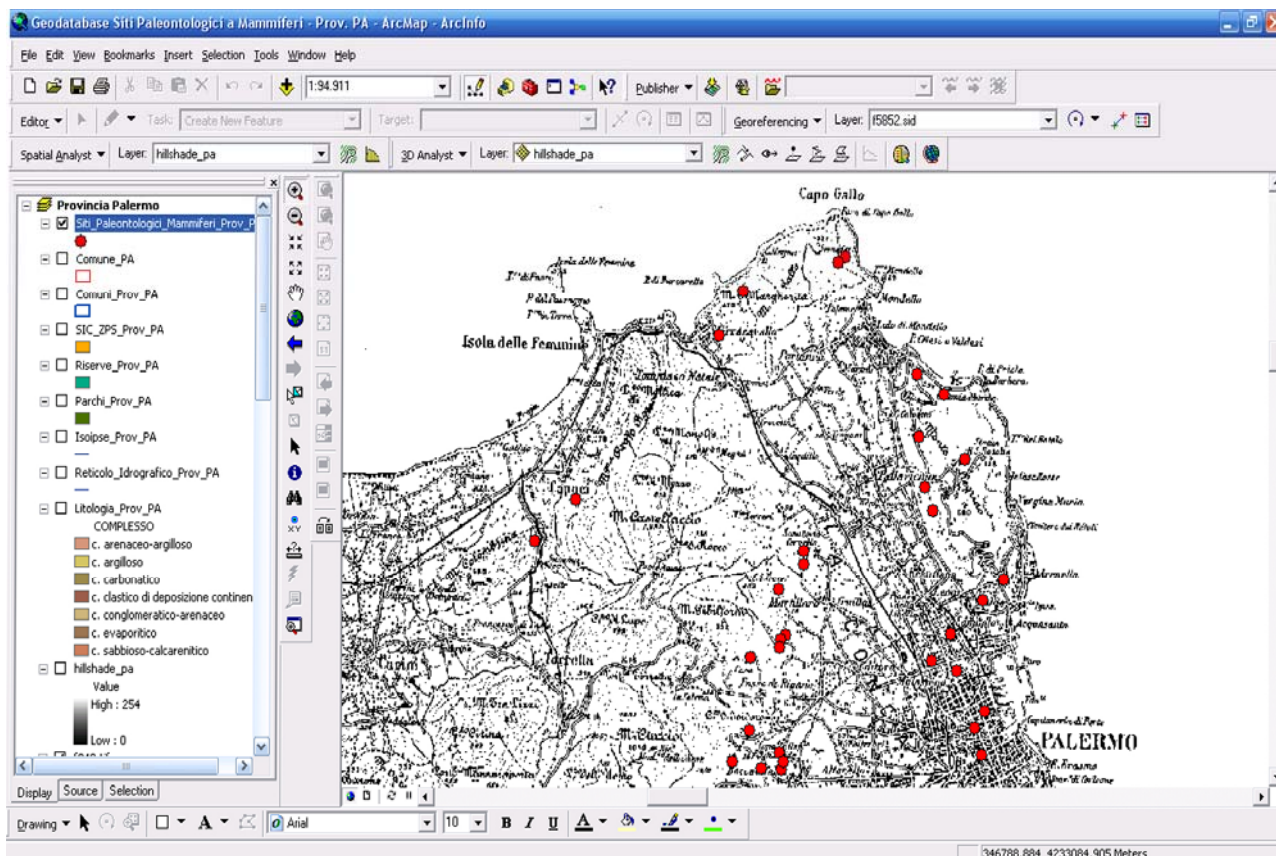


Figura 2. Ubicazione di alcuni siti paleontologici (pallini in rosso) su base cartografica I.G.M.I. in scala 1:100.000.

Figure 2. Location of some paleontological sites (red dots) on cartographic base I.G.M.I. in scale 1:100.000.

Si è ritenuto utile aggiungere ulteriori livelli al database con il fine di ottenere un completo inquadramento morfologico dell'area dove sono ubicati i siti. In particolare sono stati aggiunti i seguenti *layers*: curve di livello con equidistanza di 25 m, reticolo idrografico e tipologie litologiche in affioramento. Sono stati inseriti, inoltre, i livelli relativi all'ubicazione ed estensione delle aree, su territorio provinciale, dove insistono vincoli di tutela naturalistica (Parchi, Riserve, SIC e ZPS). In questo modo è possibile visualizzare in maniera rapida se un sito paleontologico ricade o meno su un'area sottoposta a tutela ambientale (Fig. 3).

Dalla tabella degli attributi, o direttamente dal display principale di ArcMap, basta cliccare sul nome del sito per visualizzare tutte le informazioni che lo riguardano, per esempio, quelle relative all'associazione faunistica tipica ritrovata nel deposito, la datazione del deposito, la tipologia di intervento di scavo che ha presieduto alla raccolta, l'attuale collocazione dei reperti. Questo strumento informatico è stato ulteriormente arricchito dall'aggiunta di un nuovo campo dal quale è possibile accedere ad una scheda completa in pdf per ciascuna località (Fig.4). Questa, oltre ai dati generali riguardanti il sito paleontologico, è arricchita da allegati fotografici, rilievi e planimetrie, note bibliografiche aggiornate; elementi che ne fanno uno strumento versatile finalizzato ad una conoscenza completa della località, finalizzata a una condivisione immediata e una più diretta e facile consultazione per la comunità scientifica e per quanti necessitano la consultazione.

Conclusioni

I principali obiettivi raggiunti con il presente lavoro sono:

1. Realizzazione di un elenco di siti di interesse paleontologico della sola provincia di Palermo;
2. Creazione di una Banca Dati centrale costituita da dati geografici (cartografie e tematismi), dati alfanumerici (database) e da una raccolta documentale (foto, planimetrie, schede descrittive) riferiti ai siti elencati;
3. Visualizzazione in ambiente GIS di tutti i dati utili relativi ai siti elencati per una conseguente analisi, sviluppo e gestione;
4. Contributo innovativo per la conoscenza e conseguente protezione del patrimonio paleontologico locale.

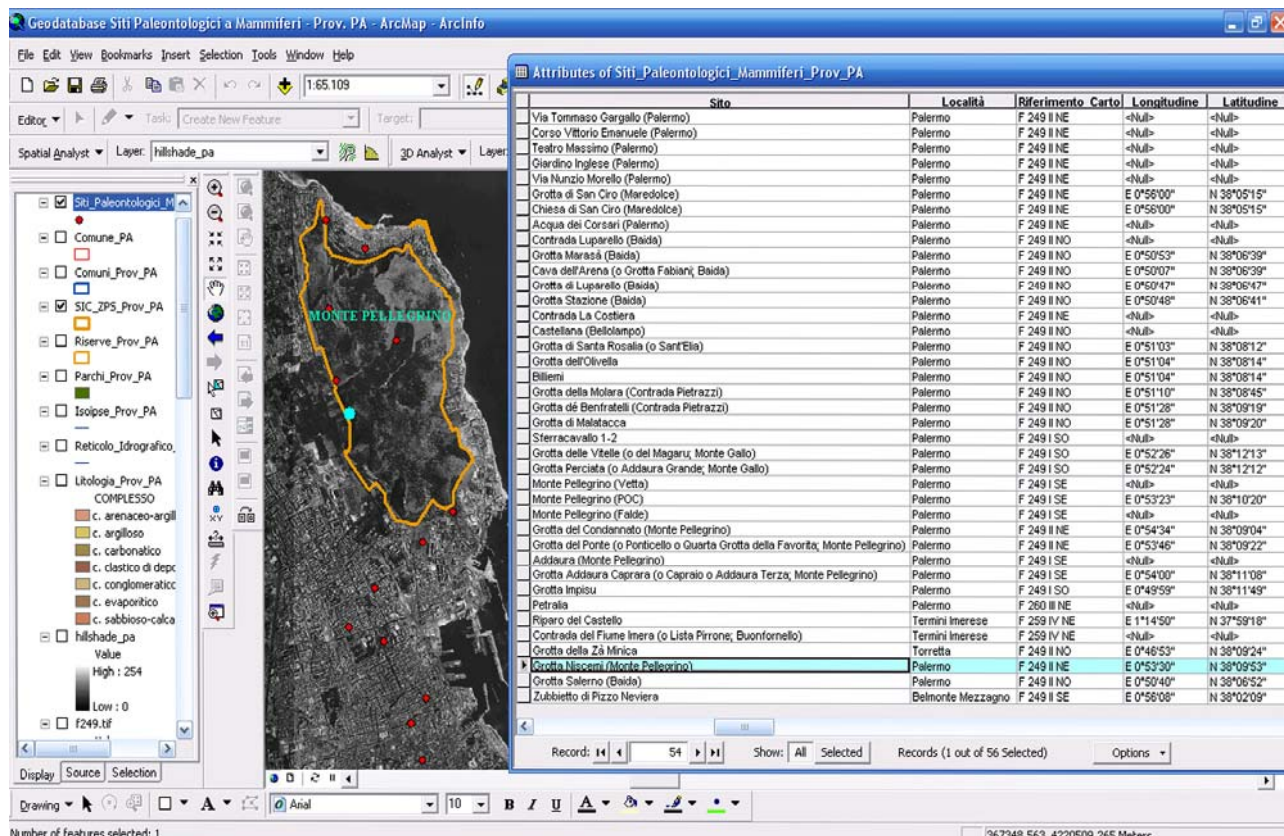


Figura 3. Parte della tabella degli attributi dei 56 siti paleontologici a vertebrati della Provincia di Palermo.

Figure 3. Part of the attribute table of the 56 vertebrate paleontological sites in the Province of Palermo.

Il Geodatabase dei siti paleontologici a vertebrati della provincia di Palermo rappresenta uno strumento di interesse scientifico che può trovare numerose applicazioni nell'ambito della gestione territoriale. La peculiarità introdotta e sperimentata nel modello è stata quella di raccogliere dati, fino ad ora consultabili solo attraverso ricerche bibliografiche, in un sistema informatico che permette di condurre la medesima ricerca in tempi relativamente più celeri con il vantaggio aggiuntivo per l'utente di disporre di uno strumento attivo di immediato accesso che in qualsiasi istante può essere implementato, esteso e opportunamente aggiornato. Tale strumento presenta numerosi vantaggi, per esempio: la possibilità di gestire contemporaneamente dati geografici e alfanumerici raccolti in un unico contenitore eseguendo numerose interrogazioni (semplici o complesse) o ancora la possibilità di arricchire il database con infiniti tematismi (cartografie, ortofoto, ecc.). E' importante sottolineare anche l'utilità di presentare i dati su strato sia informatico che cartaceo.

La divulgazione scientifica attraverso i moderni strumenti multimediali si presenta come una delle sfide più interessanti nell'ambito di tecnologie aggiornate ed innovative (ZEILER, 1999; CONSORTI & MATANI, 2008), pertanto una comunicazione diretta, semplice ed efficace costituisce il modo migliore per facilitare la diffusione e la conoscenza di tematiche specifiche come quelle paleontologiche da noi presentate. Una futura conversione dei dati raccolti in ambiente GIS ad ambiente WEB renderebbe il Geodatabase uno strumento attivo di sensibilizzazione alla tutela e salvaguardia del nostro patrimonio paleontologico ad uso, non solo degli addetti al settore, ma anche delle amministrazioni locali e di tutti gli interessati. La struttura dati descritta costituisce pertanto un approccio del tutto nuovo e semplice, all'utilizzo delle tecnologie GIS da parte della paleontologia; approccio esportabile ad altri settori disciplinari affini come la ricerca speleologica e quella archeologica.

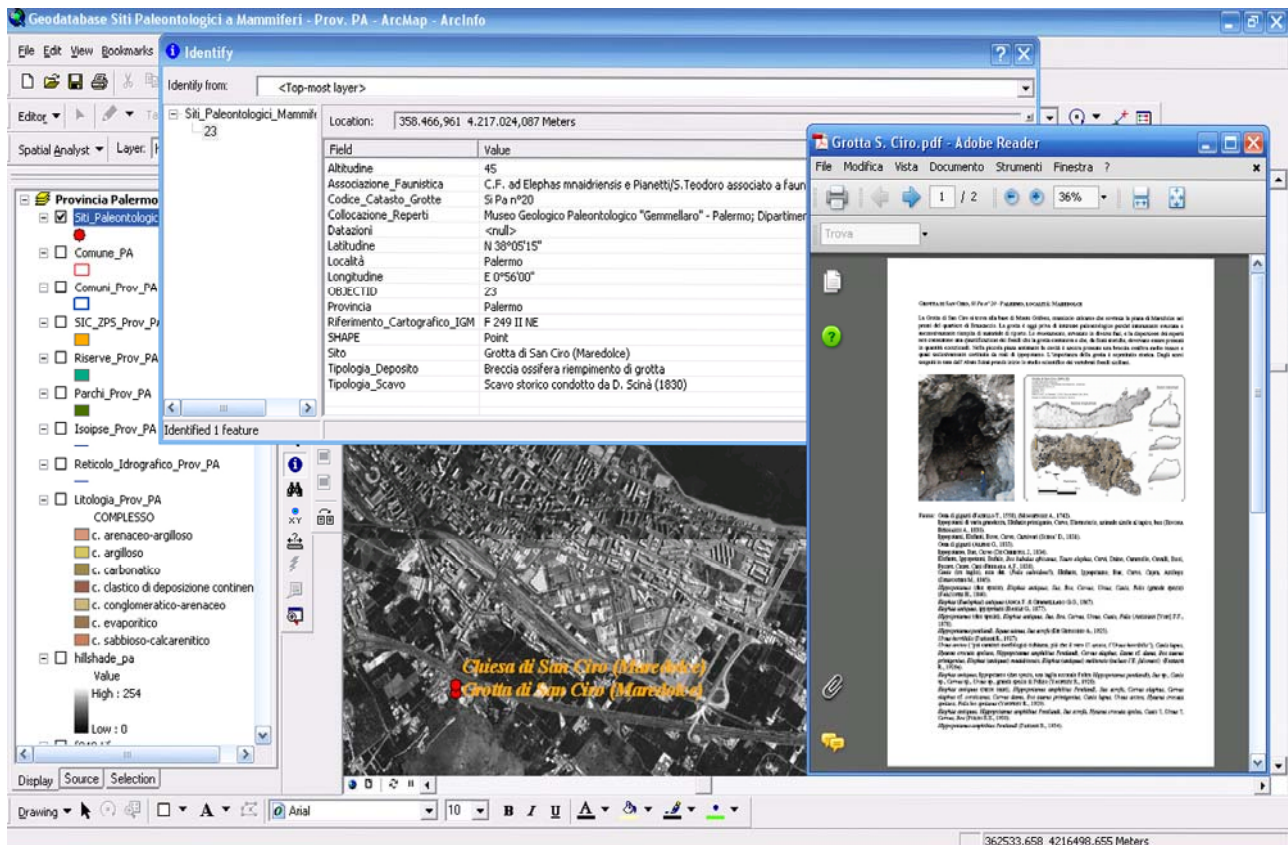


Figura 4. Visualizzazione sul Geodatabase della finestra relativa al sito Grotta di San Ciro (PA) e relativa scheda in pdf.

Figure 4. Display on the Geodatabase window of the site Cave of San Ciro (PA) and its sheetform in pdf format.

Bibliografia

- BONFIGLIO L., MARRA A.C., MASINI F., PAVIA M., PETRUSO D., 2002. *Pleistocene faunas of Sicily*. In: *World Islands in Prehistory, International insular investigations*. V Deia International Conference of Prehistory (eds.), Waldren W. H. & Ensenyat BAR International Series 1095, 38, pp. 428-436.
- BONFIGLIO L., LOCATELLI E., MANGANO G., MASINI F., PAVIA M., PETRUSO D., SALA B., SURDI G., 2009. *Vertebrate biological events and Pleistocene biogeographic history of Sicily*. International Conference on Vertebrate Palaeobiogeography Tethys, Mesoglea, and Mediterranean Sea, Bologna, Abstract Book, 19-22.
- BURGIO E., COSTANZA M., DI PATTI C., 2002. *I depositi a vertebrati continentali della Sicilia Occidentale*. Naturalista Siciliano, Palermo, s. IV, XXVI (3-4), 229-282.
- CONSORTI V., MATANI L., 2008. *L'integrazione su base geografica dei beni culturali nell'ambito della comunicazione multimediale*. Atti 12° Conferenza Nazionale ASITA, L'Aquila, 821-826.
- DE GREGORIO A., 1924. *Mammiferi quaternari di Sicilia*. Annales de Géologie et Paléontologie, Palermo, Livraison 38-41.
- FABIANI R., 1928. *Cenni sulle raccolte di mammiferi quaternari del Museo Geologico della Regia Università di Palermo e sui risultati di nuovi assaggi esplorativi*. Boll. Ass. Min. Sic., Palermo, anno 4, 5, 25-34.
- MANNINO G., 1986. *Le Grotte del Palermitano*. Quaderni del Museo Geologico "G.G. Gemmellaro", Palermo, 2.
- MONGITORE A., 1742. *Della Sicilia ricercata nelle cose più memorabili*. Palermo.
- SCINÀ D., 1831. *Rapporto sulle ossa fossili di Maredolce e degli altri contorni di Palermo*. Palermo.
- SURDI G., CERESIA G., DI PATTI C., in stampa. *Un modello di Geodatabase dei siti paleontologici a vertebrati della Provincia di Palermo*. Atti del V Convegno Regionale di Speleologia, Santa Ninfa (TP).
- ZEILER M., 1999. *Modeling our World. The ESRI guide to Geodatabase Design*. ESRI Press, Redlands (California): pp. 2-195.

"CAVESURVEY" ANDROID SURVEYING

ALEKSANDAR STOEV^{1,2}, JIVKO MITREV^{1,2}

¹ SK Paldin, Bulgaria, <http://sk-paldin.eu>

² CaveSurvey, <https://github.com/lz1asl/CaveSurvey>, cave.survey.project@gmail.com

Riassunto

CaveSurvey è un progetto nuovo finalizzato a facilitare l'esplorazione di grotte. A prezzo minimo esso cerca di sostituire il supporto cartaceo propenso a errori. È iniziato con l'idea di conservare la tabella delle misurazioni in forma digitale per evitare successivi errori in fase di trascrizione e per poter facilmente e immediatamente verificare i dati in loco. L'applicazione funziona sotto piattaforma Android supportando un'ampia gamma di telefonini e tablet – da quelli vecchi (e non costosi) agli ultimi (aventi migliori sensori e protezione). Il progetto era allargato per poter utilizzare le capacità della piattaforma Android –aggiungere commenti, prendere immagini e localizzare coordinate GPS, mappa orizzontale/verticale e delineazione all'utilizzo dei sensori incorporati del dispositivo per le misurazioni. Sono stati integrati anche dei dispositivi per la misurazione di distanza con Bluetooth (inizialmente un'economica \$95 roulette di CEM, più tardi un Trimble professionale, ed è imminente anche un dispositivo di Laser Technology). Dipende dall'utente quale combinazione di strumenti analogici classici, sensori incorporati o strumenti Bluetooth desidera utilizzare per le misurazioni; l'elenco dei dispositivi supportati può essere ampliato in futuro. I dati raccolti possono essere esportati e utilizzati per creare la mappa stessa.

Il risultato del progetto è un'applicazione gratuita in Google Play che può essere riutilizzata (con codice aperto in GitHub) e ulteriormente allargata con nuovi dispositivi, opzioni di esportazione ecc. Tutti gli speleologi sono invitati a partecipare o fare proposte.

Il poster illustra le principali funzioni e il processo di mappatura con CaveSurvey.

Parole chiave: CaveSurvey, Android, rilievo, mappatura, Bluetooth, distanziometri laser

Abstract

"CAVESURVEY" ANDROID SURVEYING - CaveSurvey is a new project aimed at facilitating surveying of caves. It tries to replace the error prone paper sheet with minimal cost. It was started with the idea to keep the surveying sheet in digital form, so no errors are introduced later re-typing it and the data can be verified while still on site. The app runs on the Android platform, supporting a wide range of both older (cheap) and newer (better sensors and protection) phones or tablets. The project was extended to leverage the abilities of the Android platform – from taking notes, pictures and GPS coordinates, to plan/section map, drawing and usage of the build-in sensors as instruments. Bluetooth distance meters were later integrated (initially cheap \$95 device from CEM, later professional Trimble and soon expecting Laser Technology device). It is up to the user to choose any combination of classic analog measure instruments, device build-in sensors or Bluetooth instruments as input sources; the list of supported devices may be further increased. Data collected can be exported and later used for the creation of the real map.

As a result there is application free to use (available in Google Play), reuse (open source project in GitHub) or further extend with device integrations, export options etc. Any interested caver is welcome to join or suggest features.

The poster illustrates the main features and mapping process with CaveSurvey.

Key words: CaveSurvey, Android, Surveying, Mapping, Bluetooth, Laser distance meter.

LE MEMORIE DEL BUIO: RICOSTRUZIONE 3D DELLE ANTICHE MINIERE DELLA MANINA (BG)

FRANCESCO ALLIERI¹, GIOVANNI BELVEDERI^{2*}, FEDERICO CENDRON³, MARIA LUISA GARBERI^{2*}

¹Gruppo Speleologico Val Seriana Talpe - via IV Novembre, 11 - 24028 Ponte Nossa (BG) – francesco@carburo.it

²Gruppo Speleologico Bolognese – Unione Speleologica Bolognese (GSB-USB) Piazza VII Novembre 1944, 7 - 40122 Bologna – gbelvederi@regione.emilia-romagna.it, mlgarberi@regione.emilia-romagna.it

³Corpo Volontario Soccorso Civile (CVSC) - Via Selva di Pescarola, 26 - 40131 Bologna cepelabs@cepelabs.it

*Commissione Cavità Artificiali SSI

Riassunto

Il lavoro presenta la ricostruzione tridimensionale del complesso minerario della Manina effettuato con il software cSurvey, a partire dalle piante originali del 1956-59, corredate con misure prese in loco, durante le visite di riesplorazione, effettuate dal 2010 al 2014.

Il software cSurvey, pacchetto open-source specificamente progettato per la gestione informatica di rilievi ipogei, fornisce una specifica funzione, Resurvey, che consente di calcolare a ritroso i dati di una poligonale partendo dai rilievi stampati. Le antiche miniere della Manina si aprono, principalmente, in Valle di Scalve (BG) in località Nona e sono state sfruttate per l'estrazione del ferro per circa quattrocento anni; alcuni imbocchi si aprono anche nella adiacente Val Seriana, in località Lizzola (BG). Il complesso è abbandonato dalla metà degli anni settanta e consta, almeno sulle mappe, di dodici livelli che si aprono dalla quota 1434 alla quota 1760 metri sul livello del mare. La ricostruzione tridimensionale è stata effettuata, in tutti i livelli che possono essere fisicamente percorsi, per documentare questo imponente complesso, in cui la coltivazione avveniva attraverso grandi "vuoti" che spesso raggiungono altezze superiori ai 30 metri.

Parole chiave: Lombardia, miniera, Manina, ferro, siderite, cSurvey, speleologia in cavità artificiali.

Abstract

MEMORIES OF DARKNESS: 3D RECONSTRUCTION OF THE ANCIENT MINES OF MANINA (LOMBARDY) - Preliminary results in the 3D reconstruction of Manina old mines are presented; the work was performed utilizing the cSurvey software, starting from the original maps of 1956-59 and specific field measurements, performed during the 2010 to 2014 re-explorations. The software cSurvey is an open-source packet, specifically designed for the computerized management of caves survey. cSurvey has a specific function, Resurvey, that allows the computation of a polygonal line from an already done cave survey. Most of the mouths of old mines of Manina open around Nona in the Scalve Valley; other entrances are around Lizzola in the nearby Seriana Valley (Bergamo province). The mine exploited an iron ore over about four hundred years. The mining complex is abandoned from the half seventies of the last century and consists of twelve levels. The entrances are between 1434 and 1760 meters above sea level. The present day situation within the galleries avoids the possibility to visit several of these levels. Presently the still accessible levels underwent the 3D reconstruction. The final target is the documentation of this impressive mining complex, that includes also very big rooms, over 30 meters high.

Key words: Lombardy, mine, Manina, iron, siderite, cSurvey, speleology in artificial cavities.

Introduzione

Il complesso delle antiche miniere della Manina si apre in Lombardia, nella provincia di Bergamo; più precisamente in una convalle laterale della Val di Scalve, sui pendii del passo omonimo a monte dell'abitato di Nona in comune di Vilminore. Il livello più basso della miniera, Livello Lupi, sbocca in Val Seriana in località Lizzola, in comune di Valbondione, sempre in provincia di Bergamo: in questo modo la miniera mette in comunicazione due valli adiacenti, che comunicavano all'esterno attraverso il passo della Manina. Le miniere sono oggi abbandonate, esiste una concessione di ricerca alla Cooperativa Ski Mine di Schilpario, rilasciata

dalla Regione Lombardia. La cooperativa gestisce alcune miniere turistiche all'interno del Parco minerario

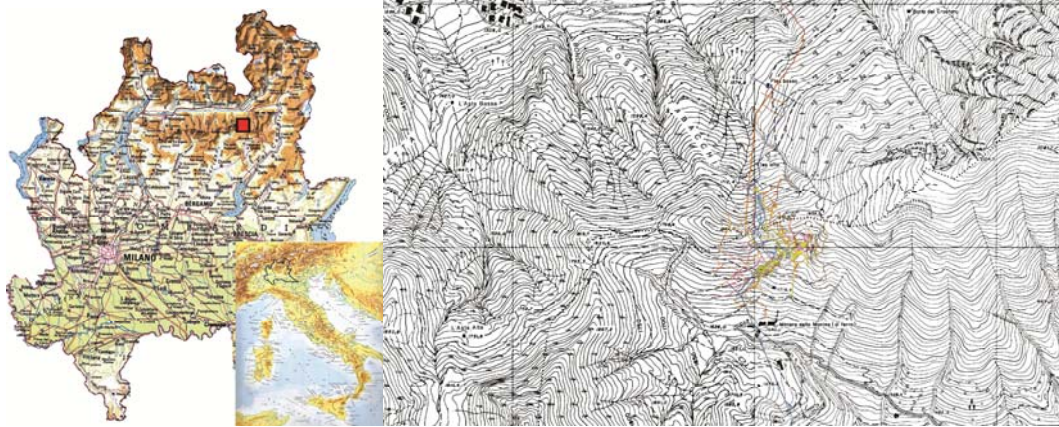


Figura 1. Posizionamento geografico.

Figure 1. Geographical location.

Andrea Bonicelli a Schilpario e il livello Lupi, aperto al pubblico in Valbondione.

Le attività descritte nel presente lavoro sono state condotte in collaborazione con il concessionario ANSELMO AGONI, che ringraziamo della disponibilità e competenza con cui ci ha assistito sia logisticamente che tecnicamente. Lo studio si propone di effettuare una ricostruzione tridimensionale del complesso minerario per documentare lo stato attuale delle gallerie al fine di apportare un tassello di conoscenza che serva a salvaguardare la memoria storica di questa miniera che ha rappresentato la fonte di sostentamento della zona per circa quattrocento anni. Fino ad ora sono stati riesplorati e ricostruiti cinque livelli sui dodici totali, purtroppo lo stato di conservazione delle gallerie non permette la visita di tutti i livelli, la ricostruzione verrà effettuata per tutti quei livelli che sarà possibile riesplorare.

Inquadramento storico

La Valle di Scalve fu probabilmente colonizzata da abitanti della vicina Valcamonica nel 300 – 400 avanti Cristo. Pare non vi siano evidenze certe della presenza di estrazione del ferro durante il periodo romano, come pare ancora incerto che la valle fosse luogo di confino dei “*damnata ad metalla*” (MORANDI, 1993). Sicuramente nelle miniere esistenti è ancora frequente trovare traccia di gallerie scavate prima dell'introduzione della polvere nera, quindi sicuramente antecedenti al XVII secolo. In documenti risalenti attorno all'anno mille vengono nominati giacimenti e commercio del ferro in Valle di Scalve. La valle fu dominata dagli imperatori del Sacro Romano impero, che nel XIV secolo li emanciparono, consentendo loro di commerciare il ferro su tutto il territorio dell'impero. Nel XV secolo la valle passa sotto il dominio della Repubblica Veneta, che la terrà fino al periodo napoleonico, rendendo difficile l'estrazione mineraria con dazi, gabelle e proibizioni circa la possibilità di fabbricare in loco la polvere pirica. Né le leggi napoleoniche, né tantomeno quelle austriache facilitarono l'estrazione in Valle di Scalve; soprattutto queste ultime si preoccuparono di penalizzare la produzione italiana di ferro per salvaguardare quella della Carinzia, che era inviata in Lombardia per la produzione di armi (MORANDI, 1993). Nel 1788 MAIRONI DA PONTE riconosceva la Manina come il complesso minerario più importante della Lombardia; alla sua epoca si aprivano nel versante della valle di Scalve dodici imbocchi di miniere (MAIRONI DA PONTE, 1788). Le miniere erano di proprietà di numerose famiglie locali, che vi lavoravano con mezzi spesso arretrati per pochi mesi all'anno, aggiungendo ai guadagni del ferro, quelli di una modesta agricoltura (MAIRONI DA PONTE, 1819). La legge mineraria sarda (1859) con l'unità d'Italia introdusse un nuovo elemento, il non riconoscimento di diritti ai proprietari dei terreni interessati alle ricerche minerarie, il che aprì le possibilità d'interventi da fuori: infatti, verso la fine dell'ottocento le miniere della valle di Scalve diventano di proprietà della Famiglia GREGORINI di Vezza d'Oglio (BS), industriali del ferro e delle armi. I GREGORINI potenziarono le miniere e nel 1902 estraevano mensilmente 1500 tonnellate di ferro (MORANDI, 1993). L'avvento della prima guerra mondiale diede un forte impulso all'attività mineraria, dato che l'industria bellica necessitava di grandi quantità di ferro. La fine della guerra porta la prima grande crisi nelle miniere della Manina, con l'abbandono della miniera da parte della GREGORINI. Solo nel 1937 la miniera riparte, di proprietà dell'Ilva, che ha ripristinato le gallerie di carreggio e le rimonte. Nel 1939 l'Ilva cessò l'attività, trasferendo tutto alla Ferromin. La seconda guerra mondiale portò lavoro di nuovo alla miniera, venne potenziata la teleferica fino a Darfo. La fine del conflitto mondiale segna la fine dei lavori per la miniera della Manina, e la popolazione, rimasta senza fonte di reddito inizia ad emigrare. L'attività riprenderà solo nel 1951,

ma nel 1972 viene restituita la concessione delle miniere al distretto minerario.

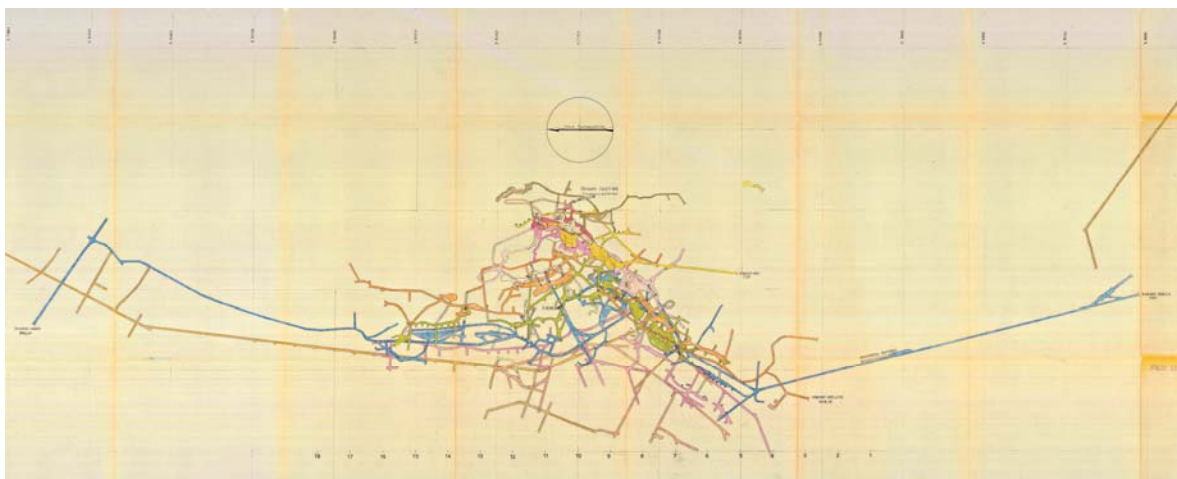


Figura 2. La mappa della Miniera della Manina 1959, scala 1:1.000.

Figure 2. The map of Manina Mine 1959, scale 1: 1,000.

Ri-esplorazioni

Le ri-esplorazioni si sono svolte dal 2010, con numerose visite effettuate sempre nel periodo da giugno a novembre di ogni anno; la neve rende particolarmente difficile l'accesso durante il periodo invernale e primaverile, data la posizione degli ingressi piuttosto alta in quota (1434 – 1760 m.slm). I lavori sono stati svolti da BELVEDERI e GARBERI (GSB-USB) e da ALLIERI (Gruppo Speleol. Val Seriana Talpe).



Figura 3. Trasporto con il canotto e galleria allagata del Ribasso Venezia (foto G. BELVEDERI).

Figure 3. The rubber boat and the overflowing tunnel at the Ribasso Venezia (photo G. BELVEDERI).

Ribasso Venezia

La ri-esplorazione è iniziata dall'ingresso operai del Ribasso Venezia (1434 m s.l.m.), che dopo una breve galleria conduce ad una frana, che ha ostruito il canale di eduazione dell'acqua con il conseguente allagamento di circa 400 metri di galleria, che si presenta ora con un'altezza variabile dell'acqua attorno ad 1,30 metri. La progressione avviene con stivali da pescatore ed il trasporto dei materiali con un canotto che gli speleologi trascinano durante il percorso allagato (Fig. 3). Il livello Venezia era il livello principale di carreggio della miniera, dotato di un altro ingresso da cui partiva la teleferica, oggi scomparsa, che portava in fondo valle il minerale estratto. Il livello presenta quindi un impianto con gallerie principali piuttosto larghe, dotate anche di tre binari per il trasporto del materiale, d'impianto elettrico e di tubi per il trasporto dell'aria compressa. I binari spesso s'incrociano in grandi trivi, dando origine a centri di scambi notevolmente articolati. Molte gallerie sono fiancheggiate da tramogge che consentivano lo scarico del minerale proveniente dai livelli superiori. Il livello ha uno sviluppo totale di 3.632 metri. Il livello Venezia conduce ad enormi "vuoti di coltivazione" dove è stato estratto il minerale; queste stanze si presentano con dimensioni ragguardevoli fino a 30 metri di altezza e varie decine di metri di lunghezza. In alcuni è ancora possibile vedere i pali di castagno conficcati tra le pareti (Fig. 4). Il Ribasso Venezia è collegato ai livelli sottostanti con il pozzo omonimo profondo 150 metri ed una

discenderia, scavata nel giacimento, non più percorribile ed è collegato con il livello soprastante con alcune rimonte. Il livello Venezia è stato scavato nei primi anni del novecento, mentre il pozzo risale al 1953, fu scavato in sei mesi, dal basso senza l'utilizzo dell'acqua nelle perforatrici.

Funzionò solo fino al 1959, quando la Ferromin decise di privarlo dell'argano, per utilizzarlo altrove (MORANDI, 2002). Nella ricetta del pozzo sono ancora presenti le gabbie dell'ascensore, una estratta dal pozzo e l'altra puntellata, ancora in posizione.



Figura 4. Esempi di “vuoti di coltivazione” del Livello Venezia (foto G. BELVEDERI).

Figure 4. Examples of “excavation voids” in the Venezia Level (photo G. BELVEDERI).

Pozzo Venezia

Una volta individuato il pozzo è stata tentata la discesa al livello Carlo, che si trova 50 metri più in basso. La canna del pozzo, libera dalla gabbia, non è percorribile in sicurezza, in quanto il legno del guarnissaggio è caduto, ostruendola parzialmente, mentre sono ancora abbastanza percorribili le scale di sicurezza a fianco del pozzo, in ferro, ancorate alle travi di legno della struttura e con pianerottoli in legno degradati. La discesa è stata effettuata lungo le scale, in auto assicurazione con bloccante *Shunt*.

Livello Carlo

Il livello Carlo ha uno sviluppo inferiore rispetto al livello Venezia (1651 metri), nei primi anni sessanta è stato completamente svuotato da tutta la dotazione di rotaie ed infrastrutture, quando la Ferromin decise di chiudere la miniera. Il livello è collegato al Ribasso Venezia anche da una discenderia, semi verticale e da un vuoto di coltivazione, che partendo dal Venezia si chiude dietro alle tramogge di scarico del materiale e non è visibile percorrendo le gallerie del Carlo. Il livello si presenta molto concrezionato, con colate di calcite candida alternata al nero del manganese e al rosso degli ossidi di ferro (Fig. 5).

Livello Zera

Purtroppo la discesa per i successivi cinquanta metri nel pozzo Venezia per raggiungere il livello Zera non è stata possibile, perché anche le scale erano ostruite da macerie provenienti dalla canna del pozzo.

La ricostruzione della poligonale di questo livello (852 metri) si basa quindi solo sulla mappa e le sezioni delle gallerie sono state desunte dalle descrizioni ricavate dalla bibliografia.

Livello Lupi

Il livello Lupi si apre in Val Seriana, in località Lizzola, frazione di Valbondione, si presenta come una lunga

galleria di carreggio (1810 metri) di dimensioni più anguste rispetto ai livelli Venezia e Carlo. La galleria è dotata di un binario a scartamento 500 ed è stata probabilmente costruita allargando una galleria più antica come fanno supporre le gallerie laterali di sezione ogivale, con nicchie per lanterne, che s'incontrano ai lati. La base del pozzo si presenta identica agli altri livelli, con binari a scartamento 600.



Figura 5. Il Livello Carlo (foto G. BELVEDERI).

Figure 5. The Carlo Level (photo G. BELVEDERI).

Livello Intermedio

Il livello Intermedio non comunica con l'esterno e si sviluppa 29 metri al di sopra del Venezia, raggiungibile da una rimonta ancora percorribile, risalendo le vecchie scale, con protezioni poste dal primo in risalita. Il livello ha uno sviluppo di 1683 metri e alterna gallerie di carreggio a cantieri dalle dimensioni notevoli, più di trenta metri (Fig. 6) che scendono fino alle tramogge del Venezia, dove veniva caricato il materiale.



Figura 6. I cantieri del Livello Intermedio (foto .BELVEDERI).

Figure 6. The "excavation voids" of the middle Level (photo G. BELVEDERI).

Metodologia

Il software cSurvey, concepito come progetto aperto alla comunità degli speleologi, nasce con l'ambizione di essere un sistema completamente integrato per la gestione di un rilievo passando dai dati di campagna fino ad arrivare al disegno di pianta e sezione. Il sistema di calcolo di cSurvey è basato su un altro importante strumento informatico, Therion, un software altamente sofisticato capace di fornire un incredibile numero di funzionalità ma poco diffuso nella realtà speleologica italiana a causa della mancanza di un'interfaccia utente amichevole e della sua, apparente, complessità d'uso. Il connubio tra cSurvey e Therion permette di superare l'ostilità di quest'ultimo consentendone un utilizzo trasparente perché l'uso avviene tramite un'interfaccia utente molto più amichevole e completa. Si tratta di un'applicazione in continua crescita che oggi permette, con grande rapidità, di integrare dati e produrre elaborati grafici di elevata qualità. Il software contiene molteplici funzionalità tra cui 'Resurvey', che sicuramente è stata la più rilevante e decisiva per realizzare la ricostruzione della miniera, in quanto Resurvey permette di ricostruire la poligonale di una cavità partendo dai disegni di pianta e sezione longitudinale. Per utilizzare Resurvey era necessario riconoscere esattamente l'andamento, in pianta, di ogni

livello della miniera, dove sarebbe stata ricostruita la poligonale virtuale. La mappa originale, in scala 1: 1.000, è stata scansionata; i vari piani in cui si sviluppa la miniera, ben distinguibili dai colori differenti, sono stati vettorializzati e separati. E' stata quindi modificata la funzione di Resurvey allo scopo di consentirne l'uso in presenza di una sola proiezione, la pianta, su cui eseguire sia il posizionamento dei capisaldi sia quello dei riferimenti di scala. Le sole poligonali, al cui caposaldo iniziale, sia stato possibile fisicamente collegare una coppia di coordinate ed una quota sono quelle relative al livello Venezia lato valle di Nona, che è anche considerato l'ingresso principale della cavità nella ricostruzione di CSurvey, ed al livello Lupi. Gli ingressi ulteriori, riconoscibili all'esterno, ma non più percorribili, sono stati riposizionati con il GPS, e controllati attraverso le quote riportate in mappa e il riconoscimento morfologico sulla Carta Tecnica Regionale. Il motore di calcolo di Therion ha adattato automaticamente la poligonale per mantenere coerenti questi riferimenti. La pianta della miniera conteneva alcune misure rispetto alle quote, quindi è stato possibile calcolare l'altimetria presunta; fissando anche per questi punti, uno per piano, le coordinate geografiche frutto dei precedenti calcoli ed impostando per ognuno il valore altimetrico calcolato si è dato al complesso un aspetto tridimensionale molto simile alla realtà.

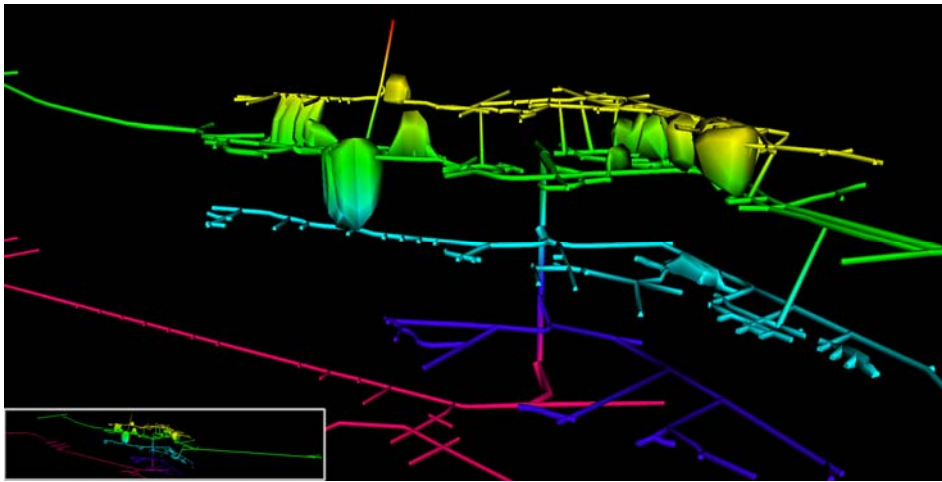


Figura 7. Ricostruzione tridimensionale dei 5 livelli.

Figure 7. 3D reconstruction of the 5 levels of the Manina mine.

Conclusioni

Il lavoro di ricostruzione dovrà continuare nei livelli sovrastanti, ancora percorribili e si configura come un contributo a quelle che gli autori chiamano le "Memorie del buio", che non contengono solo le gallerie, le attrezzature, i mezzi, gli ascensori, ma anche la storia dello sfruttamento minerario da parte di un numero esiguo di compagnie se paragonato alle migliaia di uomini che per loro hanno lavorato e perso la vita. L'attività mineraria ha costituito la principale fonte di lavoro per le popolazioni di queste valli, plasmandone la cultura e il modello di vita; ad esempio Valbondione era detta la "Valle delle Vedove" a causa della mortalità maschile elevatissima, per la silicosi contratta in miniera. Esplorare e rilevare oggi questi luoghi significa strapparli all'oblio, conservarne la memoria e portare un piccolo tributo di rispetto ai tanti uomini che nelle miniere hanno lavorato e perso la vita, consentendo a tutti noi di condurre una vita, tanto avida di materie prime.

Bibliografia

- CENDRON F., 2012. *Il Progetto cSurvey*. Speleologia Emiliana, anno XXIII, serie V, 3, 36-45.
- FERROMIN, 1959. *Piano lavori interni*. Scala 1:10.000.
- MAIRONI DA PONTE G., 1788. *Memoria orografico-mineralogica delle montagne spettanti LLW Valli di Scalve e Bondione*. In: *Memorie di matematica e fisica della società italiana*. Tomo IV Verona.
- MAIRONI DA PONTE G., 1819. *Dizionario odepotico o sia storico – politico – naturale della provincia bergamasca*. Stamperia Mazzoleni Bergamo.
- MORANDI A., 1993. "Il traffico di cavar la vena". *Le miniere di Manina*. In: *Havvi gente buona et laboriosa, Vilminore nel novecento*. Ed. Il filo di Arianna Bergamo.
- MORANDI A., 2002. *A 1750 metri sul livello del mare. Le miniere della Manina*. Ed. Il filo di Arianna, calendario 11, Bergamo.

CONDIVIDERE I DATI: RIFLESSIONI SUL TEMA

MASSIMO GOLDONI¹, MARIO PARISE²

¹*Società Speleologica Italiana; maxgol2006@libero.it*

²*CNR, Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, via Amendola 122-I, Bari; m.parise@ba.irpi.cnr.it*

Riassunto

"Condividere i dati": il tema del Congresso, nella sua semplicità, risulta estremamente complesso e profondo.

Innanzitutto, cos'è un dato (un numero, un'immagine, una informazione, un rilievo)? Che qualità (affidabilità, precisione) ha o dovrebbe avere? Quanti ne servono, in termini numerici? Chi, e come, lo raccoglie, lo elabora, lo rappresenta? E a che scopo, per quale motivo? Quale rappresentazione del mondo (ipogeo, nel nostro caso) si intende dare? Tutte questioni di non poco conto, e che comportano notevoli responsabilità. Molteplici sono i soggetti che possono acquisire dati, ma lo stesso dato può essere "letto", elaborato ed utilizzato in maniera diversa da soggetti diversi, con competenze differenti. Vi è quindi la necessità di usare uno stesso linguaggio, e di operare in maniera simile, per poter iniziare a comprendersi reciprocamente, e, di conseguenza, a condividere. Comprensione significa acquisire codici comuni o individuare la "logica" di quelli usati. Non di rado, ad esempio, si sono localizzate cavità acquisendo informazioni orali dagli abitanti prossimi a un'area carsica, o deducendo informazioni (o, ancora, interpretandole) da atti e scritture. Con gli attuali, potentissimi, mezzi a disposizione, diviene poi fondamentale l'organizzazione del dato, nonché la sua rappresentazione. Splendide cartografie colorate, o immagini ad altissima definizione, talvolta presentano una sconcertante assenza di informazioni o di dati pertinenti e necessari (vale a dire, controllabili, riproducibili e integrabili). E se i dati sono organizzati in maniera impropria o caotica, ne deriva uno scarso utilizzo, che spesso si limita all'organizzatore del dato stesso: ragion per cui il dato è esibito, archiviato e la condivisione si annulla. Il presente contributo intende stimolare la discussione sul senso del *dato* e il significato del *condividere*, aprendo ad ampi e *condivisi* confronti.

Parole chiave: dati, metadati, comunicazione, diffusione, condivisione.

Abstract

SHARING THE DATA: SOME CONSIDERATIONS - "*Sharing the data*": the theme of the Congress, in its simplicity, is actually extremely complex.

First and foremost, what is a datum (a number, an image, an information, a survey)? What quality (reliability, precision) does it have, or should it have? What is the quantity of data we need? Who, and how, is going to collect, work, and represent data? And, at what aim, for which goal? How would we like to show the world (the underground world, in our case)? All these questions are not easy, and bring with them responsibilities. Many are the subjects able to take data, but the same data may be "read", elaborated and used in different ways by different people, with different backgrounds. There is therefore the need to use a common language, to work in similar way, in order to begin to comprehend the work by others, and, consequently, to share. Comprehension means having common codes and procedures, or understand the "logics" of those that have been used. Quite often, for instance, caves have been found thanks to oral information by local inhabitants of karst areas, or extracting (sometimes, interpreting) information from written texts. With the powerful tools nowadays available, organization of the data becomes crucial. Beautiful color maps, or high-resolution images, may present a bewildering lack of necessary information (that is, that can be checked, reproduced and integrated). And if the data are improperly or chaotically organized, a scarce use derives, that is often limited to the only data manager: thus, the data are shown, filed, but no sharing occurs. This contribution aims to stimulate the discussion on the sense of the data and the meaning of sharing, through wide and shared discussions.

Key words: data, metadata, communication, spreading, sharing.

Il veridico è semplice ma la verità è molto, molto complessa

FREDERICH NIETZSCHE

Introduzione

"Condividere i dati": il tema di questo XXII Congresso Nazionale di Speleologia, nella sua semplicità, risulta estremamente complesso e profondo. Ci sarebbe innanzitutto da discutere su cos'è un dato: un numero, un'immagine, una informazione, un rilievo? E poi, che qualità (affidabilità, precisione) il dato ha o dovrebbe avere? Quanti ne servono, in termini numerici? Chi, e come, lo raccoglie, lo elabora, lo rappresenta? E a che scopo, per quale motivo? Quale rappresentazione del mondo (ipogeo, nel nostro caso) si intende dare? Tutte questioni di non poco conto, e che comportano notevoli responsabilità.

Molteplici sono i soggetti che possono acquisire dati, ma lo stesso dato può essere *letto*, elaborato ed utilizzato in maniera diversa da soggetti diversi, con competenze differenti. Vi è quindi la necessità di usare uno stesso linguaggio, e di operare in maniera simile, per poter iniziare a comprendersi reciprocamente, e, di conseguenza, a condividere. Comprensione significa acquisire codici comuni o individuare la *logica* di quelli usati. Non di rado, ad esempio, si sono localizzate cavità acquisendo informazioni orali dagli abitanti prossimi a un'area carsica, o deducendo informazioni (o, ancora, interpretandole) da atti e scritture.

Con gli attuali, potentissimi, mezzi a disposizione, diviene poi fondamentale l'organizzazione del dato, oltre alla sua rappresentazione. Splendide cartografie colorate, o immagini ad altissima definizione, talvolta presentano una sconcertante assenza di informazioni o di dati pertinenti e necessari (vale a dire, controllabili, riproducibili e integrabili). E se i dati sono organizzati in maniera impropria o caotica, ne deriva uno scarso utilizzo, che spesso si limita all'organizzatore del dato stesso: ragion per cui il dato è esibito e/o archiviato, ma la condivisione si annulla.

Intenzione del presente contributo è stimolare la discussione sul senso del *dato* e il significato del *condividere*, aprendo ad ampi e *condivisi* confronti.

La responsabilità dei Geografi del Vuoto

La speleologia è disciplina giovane e alquanto controversa. In quanto basata sulla conoscenza, essa abbraccia e assume informazioni da tutte le altre discipline che, analogamente, studiano la superficie terrestre e il paesaggio, soprattutto in riferimento alla montagna. La differenza sostanziale con quest'ultima sta nel fatto che la montagna non va necessariamente salita o scalata per essere localizzata e conosciuta, mentre l'ambiente grotta esiste soltanto dal momento in cui viene percorso e descritto. Paradossalmente, il vuoto oltre la soglia del buio non è conosciuto se non è percorso. Chi lo percorre si assume la responsabilità di riportare misure, testimonianza di accadimenti ed osservazioni ipogee. Una documentazione si basa su molteplici informazioni. L'accuratezza delle misure, la precisione della descrizione, le deduzioni rispetto al circostante sono decisive per creare, rendere noti e trasmettere gli ipogei percorsi. Senza l'organizzazione della conoscenza, l'esplorazione non è tale.

Essendo la speleologia una scienza interdisciplinare, il confronto tra figure professionali diverse è fondamentale. E qui confronto significa innanzitutto rispetto verso figure ed approcci diversi dal nostro, umiltà nell'ascoltare, aprirsi e dialogare con il sapere altrui, disponibilità a mettere in comune il proprio sapere, per contribuire al raggiungimento di una più ampia conoscenza.

La conoscenza però, per essere organizzata, deve essere progettata, almeno nelle intenzioni. Senza dati organizzati, è impossibile mettere in gioco la conoscenza acquisita. E' impossibile avviare o far continuare la ricerca. Riportare dimensioni, classificare e correlare, descrivere con parole e immagini è fondamentale per coinvolgere, comunicare e divulgare. Serve anche l'umiltà di capire che le finalità delle ricerche cambiano, anche in corso d'opera.

A partire dal secondo dopoguerra, in Italia si sono registrate ad esempio diverse variazioni nell'approccio alla speleologia. Nei primi tempi, molta energia è stata investita nella ricerca di nuove profondità. L'alba dei -1000 viene raggiunta negli anni '80. E sempre in quegli anni si afferma la ricerca dei collegamenti tra i vari complessi, arrivano le giunzioni tra sistemi che apparivano indipendenti. E arriva anche il tentativo di definire i sistemi carsici, ovvero la visione d'insieme del vuoto, aldilà e oltre la percorribilità. Nel frattempo, nelle esperienze più evolute, scienza e percorrenza sono una sola cosa. Gli specialisti vanno in grotta, in profondità e in luoghi remoti, ricercano direttamente sul campo. L'esplorazione è nella conoscenza; ma, come altra faccia di una stessa medaglia, la conoscenza è l'esplorazione stessa.

In questo momento, e sempre, la privatizzazione o la secretazione di dati è insensata. Se nascondo, cancello; se tengo nel cassetto le mie conoscenze, le annullo. Esse non esistono. Non posso riportare se non specifico il *dove*. E se non comparo la mia con le altre esperienze, nego il mio contributo alla creazione della Mappa del

Mondo Sotterraneo.

Parlare di *condivisione dei dati* non è quindi per nulla semplice o banale. Innanzitutto, appare evidente che, per diverse esperienze, al termine *dato* si assegnano sensi diversi, seppur non dissimili. La questione è delicata e complessa, a partire dalla *epistemologia*. Eppure, chiedersi perchè si fa, interrogarsi sul metodo e le finalità, dovrebbe essere compito di tutti quelli che a diverso titolo, con diverse competenze e con molteplici obiettivi differenti, esplorano e frequentano il mondo sotterraneo. Ciò è valido soprattutto per quanto riguarda le cavità naturali. Negli ipogei artificiali, per certi versi, vi sono alcuni percorsi indicati oppure obbligati: l'archeologia, la tecnica e la storia mineraria, la storia sociale, etc. I dati relativi al vuoto delle montagne, alle cavità naturali, sono, invece, legati a scelte estremamente soggettive. Ad esempio, le grotte sono luoghi dei fluidi, ma spesso ragionando su di esse si parla solo della roccia che li contiene. Storicamente si è cercata l'acqua, si sono individuate forme di vita, si sono inseguiti record, si sono campionati speleotemi, o ci si è interessati alla vita microscopica.

Gli speleologi si definiscono geografi, esploratori, o con altri termini più o meno appropriati, a seconda del *mood* del momento. Di frequente, però, più che condividere l'interesse è esibire. FRANCO FARINELLI, geografo e divulgatore, affermò nel corso dell'incontro di Casola 2010 "Geografi del vuoto" (<http://www.speleopolis.org/it/casola-2010-geografi-del-vuoto>): *cosa vi importa essere geografi o meno, voi date tridimensionalità alla Terra, le conferite profondità, date luce a ciò che è rimosso*. Pensare alla condivisione dei dati, significa essenzialmente dare l'idea dell'impresa comune di persone che, nel rappresentare un mondo, lo creano, lo fanno conoscere e lo arricchiscono. Persone che inevitabilmente si confrontano sullo stato dell'arte, sui metodi, sui processi... sapendo che le teorie sono tante e le leggi meno. Attraverso l'esplorazione, lo studio e la documentazione si rappresenta un mondo che, forse, prima era solo ipotizzato, creando le condizioni affinché vi sia un mondo condiviso, percorribile, mutabile, ulteriormente esplorabile nello spazio e nella conoscenza.

Il pensiero dell'esplorazione

Consideriamo le criticità. Se non c'è una visione grande, aperta, e allo stesso tempo un approccio costruito sulla umiltà e mosso dalla curiosità, il mondo che si esplora viene avvertito come un territorio proprio. L'investimento di energie, emozioni, tempo e risorse porta a considerare l'ipogeo come un diritto acquisito. Questo vale per i vuoti percorsi, ma anche per gli ingressi possibili, che vengono secretati, non condivisi, come possibile investimento futuro. Scomparsa una generazione di esploratori, scompare tutto. Complicando, o solo approfondendo, il pensiero è difficile pensare a un *reale* che esiste al di fuori della sua rappresentazione.

L'ambiente grotta, inoltre, è fortemente esperienziale. Le sensazioni, le emozioni vissute in grotta sono assolutamente personali. La letteratura di testi e racconti d'ambito speleologico (GOBETTI, 1976, 2003; ARDITO, 1999; BADINO, 1999; RUSSO, 2013) evidenzia in ogni pagina la soggettività del *vivere la grotta*, anche se si tratta poi di un'esperienza vissuta quasi sempre in compagnia di altri. Ma, sebbene la vicinanza fisica di altre persone ci faccia sentire parte di un gruppo, le singole sensazioni risultano assolutamente, profondamente diverse.

Per comprendere l'ambiente grotta bisogna frequentarlo. E la percezione dello stesso muterà a seconda dell'illuminazione, della capacità di interagire e della mediazione culturale nell'approccio. Senza quest'ultima è un viaggiare ciechi, diviene uno sterile guardare senza vedere. In ragione di questo, esplorare è inventare e riportare un mondo, cercando quanto più possibile di renderlo oggettivo. O meglio, offrendo gli strumenti (a se stessi, ma soprattutto agli altri) per continuare il processo di conoscenza.

Per realizzare tutto ciò, serve acquisire e comunicare dati. I dati su un'area si possono avere consultando pubblicazioni e carte, o raccogliendo testimonianze orali, sapendo discernere tra il reale e il fantastico. In aree carsiche antropizzate, le relazioni umane sono strumento e fine dell'esplorazione. E' evidente che il risultato del lavoro di ricerca deve tornare a chi vive il territorio. Saranno racconti, immagini, descrizioni su mappe e anche questo richiede attenta responsabilità. Noi siamo di passaggio, ma ciò che tramanderemo si depositerà nel profondo della memoria collettiva... Comunque, non posso non individuare preventivamente i dati da acquisire e predisporre le competenze e gli strumenti necessari a osservarli, misurarli, organizzarli, e trasmetterli. Attraverso ogni mezzo cercherò di narrare, per coinvolgere, far sapere, salvaguardare. L'esploratore consapevole è un tramite, è il nodo di una rete con altri che esplorano, verso quanti potranno condividere o essere portati a conoscenza. Se manca questo sentire, senza questa tensione e intenzione, le esplorazioni sono monche, diventano usucapione di uno spazio interno alla montagna. Sono anche sterili, perché non lasciano semi, non si collegano, parlano lingue non comprensibili.

Nell'andare in grotta spesso si indaga su una zona *obscura* che riguarda il *sensu* e che molti sfuggono come la peste. C'è una terra di nessuno tra l'idea e il progetto; in questa *no man's land*, ci si chiede "perché?". Non è una domanda sul destino dell'uomo, ma serve a porre un limite, un confine, oltre che a identificare un obiettivo. È il momento in cui le persone e le professioni coinvolte decidono una strategia, che implica anche le modalità di condivisione. In ambito speleologico è difficile spiegare che è decisivo agire da scienziati, o meglio da studiosi: partire da una parte per ricostruire il tutto. Cercare nuovi percorsi, ma per aggiungere conoscenza, non solo metri o profondità. Ci diciamo geografi confondendo geografia e topografia (si vedano a tal proposito i testi di FARINELLI, 2003, 2009); facciamo cose per la Scienza che in realtà, se non raccolte ed elaborate con precisi criteri, sono soltanto semplici raccolte tecniche di dati (non per questo meno importanti, ma non scientifici).

Tra i tanti temi trattati dal filosofo EDGAR MORIN, la coscienza in ambito scientifico (MORIN, 1982) è tra quelli che maggiormente toccano le nostre riflessioni: egli sostiene che l'errore è il rischio permanente della conoscenza e del pensiero intellettuale, e che di frequente si compia *l'errore di sottostimare l'errore*. Il problema dell'errore è fondamentale, e non soltanto nella scienza, ma riguarda la vita in generale, come la storia e la politica.

L'esplorazione come frase di un testo complesso

La comunicazione dell'esplorazione è l'esplorazione stessa. Se penso che la comunicazione sia un dato accessorio all'esplorazione, mi condanno ad atti, almeno parzialmente, inutili. Il viaggio verso l'interno, verso i luoghi che non si conoscono eppure ai quali si arriva sempre, è un potente fulcro di conoscenza. L'esploratore trasforma il mondo sotterraneo, estendendolo e approfondendolo, con una rappresentazione coerente con la sua griglia cognitiva. Tutto questo cambia anche la rappresentazione del territorio epigeo, che diventa facies di un mondo tridimensionale e oscuro. La vera esplorazione, come esempio e semplificazione, è assimilabile alla ricerca archeologica. Dal poco conosciuto, collegando ogni indizio, cerco la logica per ricostruire il tutto. Non prospetto solo il percorribile, ma anche il vuoto che ha enorme volume, ma non è praticabile. Il vuoto che comprende invisibili vie percorse solo dall'aria e dall'acqua.

L'altra linea guida è pensare alla grotta come luogo del divenire e del trascorrere. Chi intuisce questo produce misure, testi e immagini che trasferiscono l'idea di un processo, senza catalogare solo il presente esistente. E questa è un'operazione ambiziosa, che però richiede umiltà, poiché le teorie e le deduzioni sono sempre soggette a continue verifiche e revisioni. E se non si è aperti e disponibili al confronto, nonché a mettere in discussione se stessi e le proprie convinzioni, non si riesce a metterla in pratica.

I concetti su richiamati si ritrovano appieno in un estratto del dialogo *Il viandante e la sua ombra* (NIETZSCHE, 1878-79): *chi anche solo in una certa misura è giunto alla libertà della ragione, non può non sentirsi sulla terra niente altro che un viandante, per quanto non un viaggiatore diretto a una meta finale: perché questa non esiste. Ben vorrà invece guardare e tener gli occhi ben aperti, per rendersi conto di come veramente procedano le cose nel mondo; perciò non potrà legare il suo cuore troppo saldamente ad alcuna cosa particolare: deve esserci in lui stesso qualcosa di errante, che trovi la sua gioia nel mutamento e nella transitorietà.*

Tornando all'argomento strettamente speleologico, acquisire e divulgare dati relativi alle grotte e al carsismo è una pratica complessa e spesso poco consapevole. Il vuoto scoperto è tanto carico di proprio vissuto, da rendere dubbia l'oggettivizzazione. Questo processo avviene come esecuzione di un compito. Spesso si rileva perché si deve rilevare, ma in realtà si traduce un proprio percorso dentro la montagna, che talvolta viene supportato da una descrizione geologica di massima. Per molti anni, la logica è stata fare un buon rilievo, riportare ciò che si vede e indicare possibili prosecuzioni. Alcune note a margine avrebbero cambiato la storia esplorativa di molte cavità. Ad esempio, variazioni improvvise della temperatura, presenza di chiroteri in aree remote. Spesso non si è considerato lo spazio "grotta" nell'ambiente montagna. Soprattutto si è esplorato per trovare da esplorare, in una reiterazione potenzialmente infinita. Con un approccio entusiasta, sulla falsariga di OTTO LIDENBROCK, il fantastico protagonista del *Viaggio al centro della Terra* di JULES VERNE (1864); entusiasta, ma allo stesso tempo confusionario, quasi certamente sterile.

Nella evoluzione della storia speleologica italiana però, a un certo punto, si è cominciato a pensare in termini di complessi, quindi dal dettaglio si è passati all'insieme, attraverso colorazioni dell'acqua, e anche osservazioni e considerazioni sui moti dell'aria. Ma, ciò nonostante, spesso è rimasta l'idea di un'esplorazione legata a una sorta di *ius primae lucis* che ha portato a secretare dati, chiudere rilievi nei cassetti, scambiare dati con finanziamenti. A divenire, tristemente, colonizzatori degli ipogei.

Anziché, piuttosto, pensare all'estrarre dati e osservazioni per collegare l'esistente, il conosciuto, sino ad avere una visione d'insieme dei percorsi dell'aria e dell'acqua. Pur consapevoli del mutare delle intenzioni esplorati-

ve, sforzandosi di preparare il campo per fare di una grotta o di un'area carsica il *teatro di studi specialistici e specializzati, scientifici e/o umanistici*. Anche immaginando che ci siano, in futuro, ricerche al momento non prevedibili...



Figura 1. Grotta di Castelcivita (fotografia: F. MAURANO).

Figure 1. Castelcivita Cave (photo: F. MAURANO).

La conoscenza del mondo sotterraneo

Si accennava in precedenza alla complessità del mondo sotterraneo. E' questo un punto fondamentale, attorno al quale ruota gran parte della conoscenza (acquisita, possibile, realizzabile, futuribile, oggi inimmaginabile).

Il pensiero complesso è consapevole in partenza dell'impossibilità della conoscenza completa: uno degli assiomi della complessità è l'impossibilità, anche teorica, dell'onniscienza. Vi è quindi il riconoscimento di un principio di incompletezza e di incertezza. Il pensiero complesso è animato da una tensione permanente tra l'aspirazione a un sapere non settoriale o riduttivo, e il riconoscimento dell'incompletezza e della incompletezza di ogni conoscenza.

Un metodo non è valido se non include la complessità. Abbiamo bisogno di un metodo che ci aiuti a pensare la complessità del reale, invece di dissolverla e di mutilare la realtà. Ma, forse, più che di un nuovo metodo, c'è necessità di pensare in modo diverso, di vedere le cose in maniera diversa. Ne deriva da tutto ciò che la conoscenza illumina ed oscura nello stesso tempo: la nostra conoscenza progredisce nello stesso tempo della nostra ignoranza. Si potrebbe affermare, estremizzando, che più conosco, meno so.

Riprendendo ancora EDGAR MORIN (1991): *Se fino alla fine del secolo scorso era stata missione quasi vitale della scienza l'eliminazione dell'incerto, dell'indeterminato, dell'impreciso e della complessità al fine di controllare e dominare il mondo mediante il pensiero e l'azione, quella scienza non ha prodotto la chiave deterministica universale ma è sfociata nel problema fondamentale dell'incertezza, dell'indeterminazione, dell'imprecisione, della complessità. La scienza nuova in gestazione è quella che lavora e negozia con l'aleatorio, l'incerto, l'impreciso, l'indeterminato, il complesso.*

Siamo partiti da considerazioni sulla geografia, che sovente viene, in maniera estremamente riduttiva, limitata alla descrizione di una carta, di una mappa. Geografia, però, non significa cartografia; anzi, seguendo la lezione

di CARL RITTER, essa è la critica della cartografia, la non accettazione di vedere il mondo rappresentato, limitato, chiuso da una mappa. RITTER individuò una sorta di fisiologia della Terra, descrivendone le forme principali (pianure, depressioni, montagne), come organi distinti di un unico corpo. Nel suo approccio, la storia dell'uomo non può essere distinta dagli aspetti geografici, che condizionano inevitabilmente il progresso storico di ciascun paese, sulla base della struttura fisica che esso presenta. Si ragiona cioè in termini di conoscenza storica, che implica la temporalità....

Il mondo, quindi, e nel nostro caso il mondo sotterraneo, le grotte, non può ridursi semplicemente a una mappa. Più in generale, la conoscenza non può essere ridotta alla descrizione della sua rappresentazione geografica, la carta (FARINELLI, 2003). Esso è ben più vasto, animato dalla voglia di sapere, dalla curiosità di conoscere, spinto dalla capacità di osservare e carpire informazioni, di provare a leggere, in maniera più o meno consapevole, le tracce della grotta, anziché di muoversi al suo interno *guardando senza vedere*.

Bibliografia (ovvero, consigli di lettura)

Dedicato a chi ha trovato interesse a leggere le nostre riflessioni... I testi qui riportati si intendono come invito alla lettura, e non soltanto (in qualche caso) come riferimenti bibliografici di quanto su scritto. Si tratta di spunti, a nostro avviso estremamente stimolanti, che possono aprire nuovi orizzonti di approccio al mondo sotterraneo... e, forse, non soltanto a quello.

ARDITO F., 1999. *Di pietra e acqua*. CDA Vivalda, Torino.

BADINO G., 1999. *Il fondo di Piaggia Bella*. Erga edizioni, Genova.

BRECHT B., 1939. *Vita di Galileo*. Einaudi, Torino, 150 pp.

FARINELLI F., 2003. *Geografia. Un'introduzione ai modelli del mondo*. Piccola Biblioteca Einaudi Ns, 232 pp.

FARINELLI F., 2009. *La crisi della ragione cartografica*. Piccola Biblioteca Einaudi Ns, 250 pp.

GOBETTI A., 1976. *Una frontiera da immaginare*. Centro di Documentazione Alpina, Torino.

GOBETTI A., 2003. *L'ombra del tempo*. CDA Vivalda, Torino.

LEOPARDI G., 1824-1832. *Operette Morali*. In: *Tutte le opere*, vol. I, Sansoni Editore, Firenze 1969

MORIN E., 1982. *Science avec conscience*.

MORIN E., 1991. *Al di là del determinismo*. In: POMIAN K. (ed.), *Sul determinismo*. Il Saggiatore, Milano.

NIETZSCHE F., 1878-79. *Umano, troppo umano. Un libro per spiriti liberi*. [Menschliches, Allzumenschliches. Ein Buch für freie Geister]. Adelphi.

PRESTON J.E., GEOFFREY M.J., 1981. *All possible worlds: a history of geographical ideas*. John Wiley, New York, 2nd. ed.

RITTER C., 1818. *Die Erdkunde in Verhaltnis zur Natur und zur Geschichte des Menschen*. [La geografia in relazione con la natura e la storia dell'uomo].

RUSSO N., 2013. *Il respiro delle grotte. Piccole divagazioni sulla profondità*. Ediciclo editore, Piccola filosofia di viaggio, Portogruaro.

VERNE J., 1864. *Voyage au centre de la Terre*.

<http://www.speleopolis.org/it/casola-2010-geografi-del-vuoto>

CONDIVIDERE NEGLI INCONTRI DI SPELEOLOGIA

MASSIMO GOLDONI¹, STEFANO OLIVUCCI²

¹ Società Speleologica Italiana, maxgoldoni55@gmail.com

² Associazione Speleopolis, via Roma 10, Casola Valsenio; solivucci@gmail.com

Riassunto

Gli incontri nazionali e internazionali di speleologia sono una realtà ormai radicata in Italia, dove dagli anni '80 il mondo della speleologia si ritrova periodicamente con obiettivi molteplici, come illustrare i risultati di campagne esplorative, presentare lavori audiovisivi, partecipare a convegni o seminari, approfondire materiali e attrezzature di progressione. Negli incontri c'è anche moltissimo di informale, si creano luoghi in cui gli speleologi si raccontano tra loro o dove accolgono un pubblico curioso. L'esperienza ventennale degli incontri che si sono tenuti a Casola Valsenio può aiutare a fare alcune riflessioni su come negli incontri di speleologia si sono evolute nel tempo le modalità di presentazione, di narrazione e di scambio, insieme all'evoluzione dei media e del web.

Parole chiave: Incontri, Divulgazione, Media, Speleologia, Speleopolis, Casola Valsenio

Abstract

SHARING IN THE SPELEOLOGY MEETINGS - The national and international meetings of caving are now a reality rooted in Italy, where from the 80s the world of caving meets itself periodically with multiple goals. Cavers illustrate the results of exploration campaigns, present audiovisual works, participate in conferences or seminars, learn about materials for caving and technical equipment. In the meetings, there are several places where cavers can discuss informally or where they welcome a curious public. Twenty years of experience of meetings held in Casola Valsenio can help to make few comments about how, even in caving meetings, the way of presentation, storytelling and "exchanging" evolved over time, together with the media and web evolution.

Key words: Meetings, Explaining, Media, Caving, Speleopolis, Casola Valsenio

Casola Valsenio, il luogo che è divenuto Speleopolis

Tra il primo e l'ultimo incontro di Casola Valsenio sono passati esattamente 20 anni. Questo tempo, nell'ambito della comunicazione è stato un tempo enorme. Nel 1993 il web era in un'alba indistinta, nel 2013 si accedeva alla rete in mobilità. Ciò significa che gran parte dei materiali presenti e presentati a un incontro di speleologi era potenzialmente accessibile senza spostarsi fisicamente, e che la vera differenza dell'incontro era data dalla presenza in loco delle persone, di chi esplora e documenta. Nel 2013, "Underground", per la prima volta le repliche erano quasi impossibili, poiché ogni presentazione, ogni dibattito, ogni relazione o presentazione di audiovisivi era un evento unico. Anche le proiezioni erano imprescindibili dagli autori. Non era pensabile introdurre elementi che prescindessero dalle relazioni umane. Questo ci porta a considerare che, al di là della regia dell'evento incontro, si sia creata una sorta di *anima* invisibile che si forma nell'incontro stesso. Il paradosso sta nel fatto che quest'*anima* appartiene al non dicibile, è come se non esistesse. Eppure, è un umore che aleggia, che trascende i programmi e quanto a programma viene dato. In questo è anche l'unicità di Casola (Valsenio). Casola come Speleopolis vive, è vissuta, in brevi spazi di tempo, eppure si è creata una memoria che è diventata essa stessa *anima*. Usando un termine più usuale, si è creata un'icona di Casola, che trascende la specifica geografica di Valsenio e colloca il luogo fisico in un terreno del mito, una sorta di *Heimat* della speleologia. Una Casa dove tornare. Nel 1993, parliamo di "Nebbia", l'incontro era pensato come un racconto collettivo con festa, istituzionalizzato e al contempo informale, un modello aperto. E questo è stato vincente. Molte cose, apparentemente accessorie, quali lo Speleobar sono diventate centri pulsanti di relazioni. Venti anni di incontri, non solo a Casola, hanno visto nuove generazioni diventare protagoniste. La presenza di ospiti stranieri ha portato a pensare in grande, a capire le possibilità insite in una speleologia capace di darsi confini meno limitati. La nascita di questo nuovo pensare la speleologia non è da ricercarsi solo negli incontri, ma è certo che il rapporto diretto tra persone di diversa età, provenienza e cultura ha favorito scambi, ha permesso

confronti non mediati, si è protratta in campi esplorativi, si è tradotta in azioni comuni di ricerca e documentazione.

Gli speleologi. Tribù, galassia e comunità

Nell'incontro vi sono molte presenze che ruotano *intorno* alla speleologia. Si incontrano persone che sono interessate alla festa, all'intreccio di relazioni senza l'interesse che le sottende. Ora che gli incontri vivono una premessa e un seguito nel *social* è facile imbattersi in presenze aliene, o quantomeno *altro* rispetto alla comunità speleologica. A fronte di questo, vale la pena di considerare un altro elemento mitico e mistico, oltre all'*anima*. Ed è l'*umore*, quel senso astratto di ciò che si percepisce in modo indistinto, una sorta di essenza magica, di *daimon* che vive nel corpo collettivo della speleologia. Così come il *potlach* è il momento tribale del sacrificio dei beni materiali, allo stesso modo gli incontri si presentano come eccesso. Non è normale, ovvero quotidiano e scontato, che molti dei luoghi presentati e rappresentati durante l'incontro siano *nuovi*. I laboratori sono talvolta assimilabili a una sorta di pratica iniziatica a mondi oscuri, visto che le grotte sono buie. Anche gli stand enogastronomici sono una rappresentazione rituale di organizzazioni speleologiche in vari territori geografici. I beverage sono spesso stravaganti alchimie. L'insieme, temporaneo ed effimero, dissolve nel magico. E tutto questo coinvolge residenti o persone che vagamente afferiscono al mondo speleologico e affrontano lunghi trasferimenti per essere presenti all'incontro *rituale*. Tutto questo è il contraltare dell'esplorazione speleologica che è razionale, metodica, faticosa e non di rado rischiosa.

Nell'incontro abbiamo una comunità che si ritrova, aldilà delle differenze, delle gelosie territoriali e delle competizioni. Nella Festa si stempera tutto e ci si ritrova come *stakeholder*, sia della speleologia, che del mondo ipogeo. E' un atto identitario, non esclusivo o escludente. Per chi inizia il percorso nel mondo speleologico, è un'occasione unica per passare in rassegna esplorazioni e conoscere chi ne è protagonista. E tutto questo è ancor più stimolante se la convivialità pareggia esperienza e naturali gerarchie. Le distanze si annullano e il "far parte" è predominante. Serve specificare che l'organizzazione degli incontri è possibile quando un gruppo, più o meno strutturato di persone, decide di mettersi al servizio, farsi strumento della continuità speleologica. L'incontro è, infatti, un ponte tra l'esistente e il possibile futuro. Il paradosso è che, per quanto vi sia un'accurata regia del programma, la comunicazione più efficace e foriera di risultati è quella orizzontale e spontanea, fatta di trasmissioni di informazioni, ma anche di chimica relazionale. Saper organizzare è riuscire a far emergere il non organizzato.

Nascita delle idee di programma e degli spazi

Da questa introduzione risulta evidente, quasi ansiogena, l'articolazione che è possibile trovare in un meeting di speleologia. Negli incontri di Casola, si è cercato di interpretare le diverse "speleologie" e di definire sezioni omogenee del programma e spazi-contenitori adeguati a renderle fruibili. Quello che ne è risultato nasce dalla ricerca dell'equilibrio tra "domanda" e "offerta" ma è anche frutto dell'analisi che il comitato organizzatore ha svolto e che combina esperienze analoghe, anche al di fuori della speleologia, interessi e tendenze presenti nell'attività speleologica, valutata dalle pubblicazioni ed anche da quello di cui si "discute" tra speleologi. Sono le argomentazioni, i "Topics" che si aprono ogni volta che rivedi gli amici, che fai un'esplorazione lunga, quando sei in un rifugio oppure al tuo gruppo speleo. Da quando esiste il web, con speleo.it e i diversi siti di speleologia, rilevare quali sono gli argomenti d'interesse o avere notizia di risultati esplorativi è molto efficace e permette di "catturare" lavori d'interesse anche nell'imminenza dell'incontro. A Casola il comitato organizzatore ha cercato però anche di aggiungere qualche idea propria su priorità di esposizione e modalità di presentazione, cercando di interpretare, oltre agli ingredienti su indicati, anche ciò che Casola propone come spazi, ospitalità, *know-how* e tecnologie. Gli incontri di Casola sono anche terreno fertile per permettere qualche innovazione, sapendo bene che l'incontro, non a caso chiamato anche *Raduno* o *Meeting*, si basa ormai solo per una parte sulle presentazioni e sulle esposizioni nelle sale teatro. Fin dagli anni '80 la speleologia italiana e non si è incontrata nei *meetings* annuali senza conoscere il programma di dettaglio, certamente quando internet non c'era, ma anche successivamente, infatti solo una parte minore dei partecipanti a Casola ha letto o scaricato il programma dal web. Si va ai raduni perché ci si va, e questo porta ad una riflessione sulla condivisione ampia e non solo di dati, ma potenzialmente di tutto ciò che può riguardare la speleologia, gli speleologi ed il loro mondo, spesso in modo reciproco e su un doppio binario, quella del programma ufficiale e quello degli spazi di aggregazione e delle attività.

I possibili partecipanti alla condivisione

Negli incontri di speleologia, oltre ad un'articolazione di contenuti diversi si incrociano anche diverse tipologie

di partecipanti e di soggetti interessati al raduno, che in qualche modo sono coinvolti nella condivisione di informazioni. E' possibile individuare diversi raggruppamenti di partecipanti per i quali l'approccio e le modalità con cui trasmettere e divulgare le informazioni possono essere diverse. Certamente il primo destinatario è lo speleologo esperto, è a lui che in genere uno speleologo altrettanto esperto si rivolge parlando ad esempio di esplorazione ed è a lui che vogliamo rivolgerci da speleologi mentre raccontiamo; c'è un'altra fascia di partecipante, forse meno considerata come *target*, che è lo speleologo poco esperto, che ha appena fatto un corso di speleologia o che ancora non lo ha fatto ma si dichiara appartenente a un gruppo speleo. Forse perché incuriosito dall'idea di andare a un raduno, la partecipazione di questo raggruppamento nelle ultime edizioni dell'incontro a Casola è stata particolarmente significativa, tanto che il 20% dei partecipanti appartenenti a un gruppo speleo dichiara che va in grotta da meno di due anni (0-1).

C'è poi il pubblico, quello che in grotta non ci va. A Casola è un pubblico affezionato perché ormai conosce la speleologia attraverso diverse edizioni degli incontri: già dal '93 ha frequentato le sale proiezioni e gli altri spazi di Nebbia'93, fino a Casola 2013 dove abbiamo la misura di 1152 registrati fra gli abitanti del posto.

Altra fascia importante di partecipanti che possiamo trovare nei *meetings* di speleologia è quella dei più giovani. Nelle ultime edizioni la presenza dei giovanissimi che accompagnano i genitori speleologi è una presenza importante e, unita ai giovanissimi di Casola Valsenio che hanno frequentato laboratori didattici e proiezioni 3D, rappresenta una fascia di grande interesse ai quali rivolgere attenzioni e programmi specifici.

Infine citiamo altre due tipologie di “pubblico” che sono rilevanti per l'organizzazione di un incontro e per la divulgazione di temi speleologici: i rappresentanti di Enti ed Amministrazioni, ai quali è opportuno rivolgere un'attenzione particolare per il ruolo che ricoprono, e i rappresentanti della stampa, specializzata e non, per la corretta informazione sull'evento e per quello che di speleologico viene divulgato su stampa e mezzi d'informazione.

n	tipologie	Stima del numero
1	Speleologi esperti	1617
2	Speleologi non esperti	401
3	Non speleologi adulti	1350
4	Giovanissimi	500 (stima sulla base della partecipazione alle attività specifiche)
5	Rappresentanti istituzionali di Enti e Amministrazioni	50 (stima sulla base degli inviti e delle attività di interesse)
6	Giornalisti e mondo della stampa	30 (fonte ufficio stampa Speleopolis)

Tabella 1. Possibili tipologie di partecipanti alla “condivisione” di contenuti sulla speleologia nell'incontro Casola2013. I rappresentanti del mondo scientifico – universitario sono considerati tra gli speleologi esperti.

Table 1. Possible typologies of participants for “sharing” speleological contents at the meeting Casola2013. Representatives of the scientific world are included among the expert cavers.

Condividere nei teatri

Le immagini di grotta e i filmati proiettati nei cinema o nei luoghi attrezzati allo scopo rappresentano il modo “tradizionale” di illustrare gli ambienti carsici, le esplorazioni o le campagne di ricerca. Non erano tante le occasioni di vedere su grande schermo immagini e filmati di qualità, e le riprese in grotta erano di per sé un'impresa importante. Nei primi incontri di Casola, quando il mercato ha reso disponibili videocamere meno costose, il numero di filmati presentati dai gruppi speleologici ha superato le diapositive, che pur consentivano una qualità migliore. Quasi tutti i filmati erano realizzati come racconto documentaristico delle esplorazioni e delle grotte, a volte con tempi lunghi (30'-60'). La narrazione era contenuta nel filmato che spesso non era nemmeno presentato. Se qualche parola era spesa, lo era per raccontare come il filmato era stato realizzato. Col pubblico poca o nessuna interazione. Alla fine degli anni '90 però lo sviluppo del web, che ha permesso agli autori di pubblicare notizie, immagini e resoconti esplorativi quasi in tempo reale, ha cambiato il modo di fare le presentazioni. Con parte del pubblico già informata sull'esplorazione, è più facile prevedere la presentazione del lavoro e rispondere alle domande. Le opportunità offerte dal web 2.0 hanno cambiato ancora di più lo scenario dando la possibilità di pubblicare facilmente contenuti, descrizioni, immagini e filmati, rivoluzionando il modo

con cui sono pensati e realizzati. Cambiano le tempistiche e il valore delle proiezioni in teatro. Oltre alcuni film, "completi" e di qualità, che nascono da progetti specifici e costosi, le proposte riguardano il racconto di una esplorazione, una spedizione o di un sistema carsico. I filmati sono pensati a supporto della narrazione a viva voce di esploratori e protagonisti. Anche il ritmo e le durate dei filmati cambiano e si adattano al web, dove le tempistiche sono particolarmente veloci ed è necessario cercare la sintesi.

Queste tendenze sono state in qualche modo misurate nelle ultime 3 edizioni del *meeting*: nei programmi di sala sono state richieste per quasi tutti i filmati una presentazione e una discussione; spesso la narrazione di un'esplorazione richiedeva più tempo dei filmati, che divengono parte della narrazione e che a volte sono anche già pubblicati sul web; altresì è venuto naturale e logico inserire i film più completi in sezioni dedicate alle rassegne; sono risultati efficaci gli spazi come Speleonotte, basati esclusivamente sul racconto; nei momenti di approfondimento tematico i filmati anche molto belli e significativi erano di supporto all'illustrazione dei contenuti. Un dato si è avuto anche dalla partecipazione alle proposte del comitato organizzatore di concorsi video pensando a ciò che il web richiede: nel 2010 i video corti di 3 minuti e nel 2013 gli spot di 30".

Condivisione negli altri spazi ed attività

I laboratori didattici. Rappresentano la parte anche formativa, strutturata e programmata come esperienza diretta per la conoscenza di un particolare tema della speleologia: Fisica, Biologia, Archeologia, Carsismo, ecc. Alle sessioni, ripetute in giorni e orari diversi, hanno partecipato soprattutto i giovanissimi, ragazzi delle scuole e bimbi, spesso assieme ai genitori. Ma hanno partecipato anche speleologi interessati alla didattica ed ai metodi utilizzati. I laboratori didattici nel corso di un meeting sono a nostro avviso particolarmente rilevanti per almeno due motivi: consentono di coinvolgere anche i più giovani nel *meeting*, che diventa davvero di tutti, e forniscono l'occasione per aprire una divulgazione reale ed efficace nei loro confronti seminando alcuni concetti base del mondo ipogeo.

Laboratori tematici. Rappresentano l'area di approfondimento dei contenuti, ad esempio su tematiche catastali o su immagini 3D. Vengono trattati gli argomenti in gruppi di lavoro oppure in sessioni ridotte con esperti che riportano esperienze dirette. Questa rappresenta un'opportunità di condivisione verticale ma molto incisiva. L'occasione di sviluppare gli argomenti in un confronto reale di esperienze molto efficace, pur in presenza dell'evoluzione del web e delle possibilità offerte, ad esempio, dalla piattaforma youtube. Dai laboratori tematici ci si può aspettare l'avvio di nuove attività o di nuovi progetti condivisi.

Stand espositivi delle associazioni e biblioteche. Nella prima serie di Incontri di Casola questa era descritta come *Area Relationships* per sottolineare che questo è il luogo formalmente deputato allo scambio di esperienze ed informazioni sulle attività svolte, risultati di progetti, riviste o libri realizzati. A volte si presentano progetti da intraprendere cercando partner. Gli stand delle associazioni sono stati presenti in tutti gli incontri di speleologia fin dagli anni '80. A Nebbia '93 erano presenti 11 associazioni, fino ad arrivare a 32 stand su 2257 partecipanti di Casola2013. I numeri sostanzialmente restano stabili in vent'anni, sembra quindi che lo sviluppo del web e delle sue nuove possibilità non abbia cambiato l'esigenza di essere presenti con uno spazio fisico nella manifestazione.

Mostre ed esposizioni. Anch'esse rappresentano occasione di condivisione, apparentemente unidirezionale, con un'alta valenza di divulgazione verso il pubblico. Gli spazi mostra sono in genere ad entrata libera e questo consente di rivolgersi ad un pubblico più ampio possibile. È da sottolineare che nelle ultime edizioni sono aumentate le richieste di presidiare la mostra con una presenza quasi fissa per fornire informazioni, spiegazioni.

Il numero di richieste di spazi espositivi per mostre è tendenzialmente aumentato negli ultimi anni, proprio quelli che hanno visto lo sviluppo del web, considerazione che fa indubbiamente riflettere. Evidentemente, nonostante gli strumenti di divulgazione che il web permette, c'è un grande interesse nella speleologia ad essere presenti con un supporto fisico nella manifestazione.

Stand Materiali, non solo mercato ma luogo di confronto e divulgazione tecnica. Stand Materiali è il nome storico dell'Area riservata alle ditte specializzate nei settori inerenti la speleologia e che agli incontri svolgono attività commerciale. Sono presenti ditte produttrici di attrezzature e materiali specialistici, negozi ad alta specializzazione e negozi forse più generalisti di articoli da montagna, ma che conoscono molto bene quello che richiede il mercato. Un panorama particolarmente interessante; di fatto, frequentare gli Stand Materiali non è quasi mai andare semplicemente a fare compere, ma somiglia molto più all' "esplorare" una vera e propria area fieristica dove conoscere i nuovi materiali tecnici proposti, chiedere consiglio, farsi illustrare, fare domande ed ottenere risposte, confrontare offerte e, naturalmente, prezzi e acquisti. Un'area tutt'altro che secondaria, dato

che la speleologia è fortemente legata alle attrezzature tecniche, che diventa luogo di informazione e confronto. Gli Stand Materiali hanno sempre accompagnato gli incontri importanti di speleologia fin dai primi anni '80.

Le escursioni in grotta e in esterno. Rappresentano un'attività di grande importanza per far conoscere il carsismo dei gessi messiniani, ma anche perché è momento di interscambio e conoscenza reciproca tra i partecipanti. Non c'è migliore momento di condivisione, di narrazione, di scambio di quello in cui si fa speleologia assieme. Per chi partecipa alle uscite è un'occasione per conoscere altri speleologi non solo italiani e per conoscere anche grotte nuove che magari altrimenti non si sarebbero conosciute. A Casola le uscite in grotta sono state organizzate con un accompagnatore esperto del carsismo della zona e con gruppi eterogenei di partecipanti, previo colloquio relativo alle capacità tecniche.

Un mix che ben si colloca in un *meeting* e ben predispone chi partecipa a raccontarsi e ad essere interessato, presupposti di una totale condivisione di esperienze e idee.

Naturalmente le uscite nelle grotte e sui sentieri del Parco della Vena del Gesso romagnola, anche senza accompagnamento, sono rilevanti anche come divulgazione del territorio, che è un obiettivo non trascurabile per gli Enti che supportano l'organizzazione di un incontro di speleologia.

Fin da Nebbia'93 le escursioni sono state organizzate in collaborazione con gruppi speleologici dell'Emilia-Romagna che le hanno gestite magistralmente e con lo spirito giusto: nelle ultime tre edizioni si è arrivati ad un numero di partecipanti di assoluto rilievo, attestandosi nel 2013 a poco più di 400 partecipanti su 18 uscite, di cui alcune in ambiente esterno. Numeri che sottolineano l'interesse ed il valore dell'attività.

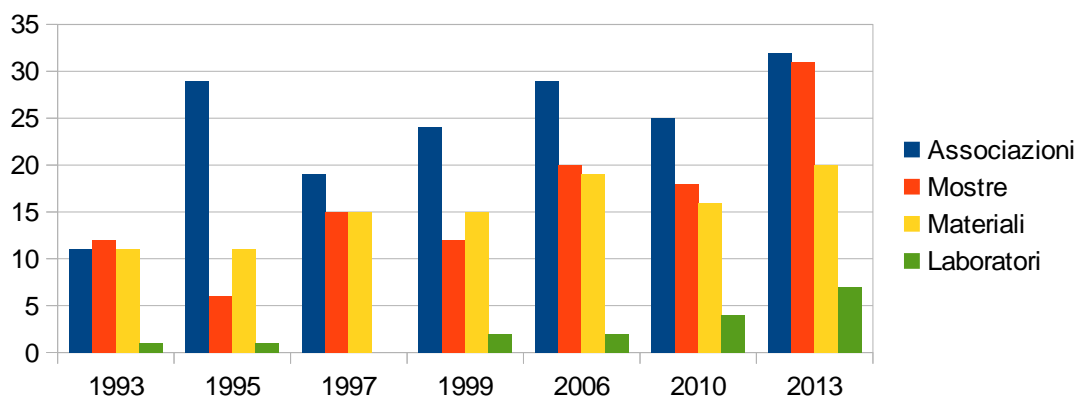


Figura 1. Grafico delle presenze di alcune attività.

Figure 1. Chart showing the participations to some activities.

I momenti di condivisione fuori dal programma

Gli Speleobar. Nella storia degli incontri di speleologia è in qualche forma sempre stato presente, tutto sommato con lo stesso spirito e valenza che ha adesso. Nei *meetings* di Casola l'idea di proporre un'area "speleobar" è nata forse in maniera più strutturata ed è inserita nel contesto del paese. E' il luogo privato del meeting dove le associazioni speleologiche offrono prelibatezze locali (altro tipo di condivisione!) e dove fino a notte fonda ci si può rilassare e fare festa. E' il luogo tradizionalmente riconosciuto come punto di incontro fra gli speleologi. Passando da un assaggio all'altro e ad un buon bicchiere si ricreano le atmosfere dei campi speleo estivi e, quasi si fosse tutti attorno a un fuoco, ci si racconta davvero di tutto. Non solo di esplorazioni, meandri soffiati, portate idriche o distanze dalla superficie esterna. Ci si racconta la vita da speleologo. Del corso, del gruppo speleo, dei rapporti personali, delle proprie aspettative. Si conoscono speleologi lontani, nascono idee e collaborazioni. Difficilmente chi entra allo speleobar ne esce senza aver condiviso qualcosa di intimamente legato al proprio essere speleologo. Forse questo è il luogo meno strutturato per una condivisione formale di dati e informazioni, ma sicuramente è uno dei più efficaci.

I luoghi di Casola: Bar, Pizzerie e Piazze. A Casola anche gli esercizi presenti nel paese sono luoghi inseriti nel contesto dell'incontro e molto frequentati dai partecipanti al meeting. Diventano, di fatto, un prolungamento dello speleobar, dove in qualsiasi orario non è difficile vedere, seduti nei tavolini, personaggi della speleologia internazionale chiacchierare davanti ad un caffè con chi, di Casola, sentiva raccontare da suo padre di grotte e

anfratti sulla vena del gesso. Anche e forse specialmente questo è condividere, ma soprattutto è l'accoglienza che Casola riserva alla speleologia dopo tante edizioni. Un'esperienza da sottolineare, fatta a Casola 2013, è stata la possibilità di proporre alcune mostre ed alcuni incontri direttamente presso gli esercizi commerciali, bar e pizzerie e alberghi.

La gestione della stampa e degli invitati

A differenza dei primi incontri di speleologia di Casola, nelle ultime tre edizioni è stato attivato un ufficio stampa, con i compiti di promuovere l'evento e i suoi contenuti verso la stampa, specializzati e non, di dare pieno supporto ai giornalisti presenti e agli invitati ufficiali, e di gestire una rassegna stampa. Dal punto di vista organizzativo è indubbiamente un onere, ma la risposta e il ritorno hanno certamente un valore su cui riflettere, vista la rassegna stampa prodotta e i servizi andati in onda sulla manifestazione e sui suoi contenuti.

Conclusioni

Gli incontri di speleologia, sia locali che nazionali/internazionali, rappresentano importanti occasioni di condivisione di dati e di informazioni ad ampio spettro riguardanti speleologia e speleologi, rivolte a diverse tipologie di interessati. Nel tempo hanno mantenuto pienamente la loro valenza di momento di divulgazione e confronto, sapendosi rinnovare rispetto alle tecnologie di comunicazione e alle possibilità che il web, ed in particolare il web 2.0, offrono agli utenti per la pubblicazione dei contenuti. Seguendo l'evoluzione del mondo della comunicazione e dei media anche i materiali e le modalità di presentazione si sono evolute, adattando stili e tempistiche e valorizzando la narrazione in prima persona. Negli incontri ha una grandissima valenza anche la condivisione che nasce da momenti informali e dal rapporto diretto tra i partecipanti anche in chiave di coinvolgimento di nuovi speleologi, di divulgazione al pubblico, alla stampa e alle Amministrazioni. Dai momenti formali ed informali nascono sinergie, idee e progetti che alimentano fortemente il mondo della speleologia e che contribuiscono alla sua crescita. Questi sono i punti di forza degli incontri di speleologia che la rendono una componente imprescindibile dell'attività speleologica stessa.

Ringraziamenti

In questo lavoro sono riportate esperienze e riflessioni che nascono dagli incontri di speleologia ed in particolare di sette incontri realizzati a Casola. Non possiamo che ringraziare, quindi, tutti i collaboratori che hanno permesso il loro svolgimento ed in particolare i diversi Comitati organizzatori e tutti coloro che hanno supportato i *meetings* con fatica e partecipazione. Un ringraziamento particolare va all'Amministrazione Comunale di Casola Valsenio, che ci ha dato sempre il massimo supporto possibile, e alla sua comunità, che ci ha accolto. Un ringraziamento va a tutte le Associazioni speleologiche per la completa collaborazione, ed uno particolare alla Società Speleologica Italiana che ha nominato Casola Valsenio "Speleopolis, città amica degli speleologi".

Bibliografia

- AA.VV., 2007. *Memorie di Scarburo, un viaggio al centro della Terra*. Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia-Romagna, Bologna, Italia.
- AA.VV., 2013. *I programmi degli Incontri di Speleologia a Casola Valsenio*. <http://www.speleopolis.org/it/gli-incontri-di-speleologia>.
- AA.VV., 2014. CANALE YOUTUBE DI SPELEOPOLIS. <https://www.youtube.com/user/SPELEOPOLIS>.
- OLIVUCCI S., 2014. *Il programma di Casola2013? Un grande indice*. Speleologia, **70**, 71.

LA GROTTA DA *NON LUOGO* A LUOGO NARRATO. RACCONTARE LA SPELEOLOGIA

LUCA CALZOLARI¹, MASSIMO GOLDONI²

¹*Direttore Montagne 360; mail@lucacalzolari*

²*Società Speleologica Italiana; maxgoldoni55@gmail.com*

Riassunto

Le grotte sono un *non luogo*, gli speleologi le trasformano in luogo. Le narrazioni le modellano fino a farne luoghi d'avventura culturale e scientifica proiettandoli nella società. Questa è una riflessione sul racconto che fa conoscere la speleologia, e gli speleologi, a quanti sono estranei al mondo sotterraneo. Ed è anche un appunto sulle parole di grotta, da considerare per quello che è, un luogo percorso e percorribile interno alla montagna. Rispettando lo specifico, senza scendere nella banalità di inferi, viscere, ardito e spaventoso. E offrendo la descrizione delle molteplici "speleologie".

Parole chiave: grotta, luogo, immaginario, narrazione, paesaggio

Abstract

THE CAVE, FROM A NO PLACE TO A NARRATED PLACE. SPELEOLOGY TO TELL - *Caves are a no place, that are transformed by cavers in a place. The stories mould the caves until making them sites of cultural and scientific adventure, projecting them in the society. We present here some thoughts concerning storytelling about caving and cavers, addressed to all those people that are unrelated with the subterranean world. Further, this contribution is also a note on the words about the caves, to be considered as what they are, spaces inside the mountain, to be explored and where it is possible to go through. Caves need respect, being not necessary to write, when telling of them, about hell, bowels of the earth, and the scary; but, on the other hand, offering many different ways of describing the various types of speleology.*

Key words: cave, place, unconscious, story-telling, landscape

*Le terrae incognitae più affascinanti di tutte
sono quelle che abitano nella mente e nel cuore degli uomini (JOHN K. WRIGHT, 1947)*

*Il mondo reale ha questo di disarmante, che si impone a noi
quale evidenza. Bisogna che reimpariamo a trovare curioso ciò che è presenza, realtà (CLAVAL, 1992)*

Il racconto conferisce esistenza

Le grotte non esistono sino a quando l'essere umano non entra in relazione con esse. Ciò è vero per qualsiasi luogo. Quella che si propone è una riflessione che guarda al rapporto tra la grotta e l'uomo, relazione che la trasforma in fatto sociale e luogo culturale. Da quel momento in poi le "grotte" si fanno narrazione. E sono quindi trasmissibili, diventando patrimonio culturale, ovvero conoscenza accessibile a tutti. Non si è né antropologi, né sociologi, qui ci si appropria di suggestioni derivanti da concetti di queste due scienze, se ne farà pertanto un uso forzato, quindi forse impreciso. L'interno naturale della montagna, le caverne, erano ricoveri, luoghi dell'arte e del culto. Procediamo per discontinuità e per semplificazioni. Non è la speleologia la prima a rendere le grotte oggetto scientifico e quindi fatto culturale. Basta pensare al lavoro di ANTONIO VALLISNERI, che entra in grotta, ne percorre un tratto, l'osserva e lo descrive. Pur descrivendola, proprio dopo un tratto di percorso, non possiamo dire che sia *la grotta* della speleologia. Dal punto di vista speleologico le grotte sono ancora "preluogo". Sono diventate oggetto d'interesse scientifico, ma ancora non si è sviluppata una comunità che ha interesse specifico per le grotte: la comunità speleologica. Facciamo un salto e guardiamo alla speleologia come la intendiamo oggi. Per noi, oggi, la speleologia è *una disciplina di conoscenza legata a una specifica comunità di pratica*.

La grotta si afferma come luogo

In un certo senso le grotte sono un "nonluogo". A utilizzare per primo questo termine è stato l'antropologo francese MARC AUGÉ. L'espressione non significa, come si è portati immediatamente a pensare, "luogo che non esiste". Significa invece - nella accezione di AUGÉ - luogo privo di un'identità, quindi anonimo, un luogo staccato da qualsiasi rapporto con il contorno sociale, con una tradizione, con una storia. Gli speleologi e la speleologia trasformano le grotte in luogo. Ci piace descrivere le grotte come i vuoti delle montagne, allora la speleologia è la capacità di studiare e capire quei vuoti e attraverso le narrazioni farne pezzi di conoscenza che si vanno a aggiungere all'enciclopedia dei fatti culturali dell'umanità. La speleologia porta, dunque, le grotte a essere un luogo culturale e sociale. Innanzitutto la speleologia nomina, dà un nome, alle grotte o statualizza quello esistente e attraverso il suo inserimento nel repertorio del catasto crea o certifica una "identità ufficiale". E, ancora, attraverso l'attività dello speleologo le grotte diventano territori: il concetto di territorio si differenzia da quello di luogo in quanto "implica una precisa delimitazione areale derivante da un pertinenza a un soggetto; questo tramite il proprio agire informa in maniera tipica e riconoscibile una porzione di spazio geografico rendendola territorio" (cit. da Enciclopedia Treccani). Le grotte hanno una relazione precisa con l'esterno geografico, fanno parte di un luogo, che è parte di un territorio. Occupano un posto nell'identità del luogo. La speleologia, rendendo riconoscibile lo spazio geografico interno, fornendogli una *identità*, aggiunge una porzione di territorio sconosciuta al territorio d'origine. E, probabilmente, allarga lo spettro dei fatti culturali e relazionali del territorio. Ne amplia l'identità. Crea rete estesa di relazioni tra territorio, comunità speleologica, mondo scientifico e tessuto economico e sociale.

I possibili, molteplici racconti

Tornando agli speleologi, attorno alle grotte si creano collaborazioni, competizioni, mitologie, scienza, quote di professione. Diventano anche luogo di una geografia umana e di una geografia privata. Qui troviamo la dimensione epica della narrazione speleologica. Secondo le più correnti definizioni, nella geografia umana i luoghi sono spazi emotivamente vissuti. L'elemento soggettivo prevale sull'oggettività dei dati puramente fisici: il luogo acquista importanza per i sentimenti, i ricordi e le suggestioni che trasmette al singolo individuo, attraverso modalità del tutto personali. Nelle geografie private "il luogo si carica di una moltitudine di significati e simboli che concorrono a crearne l'esclusività e a definirne il Genius loci, lo spirito, il carattere, l'anima di un luogo". Genius loci, ad esempio, è l'atmosfera che si respira in un determinato quartiere, i colori delle case, gli odori, i suoni, o la parlata della gente che vi abita. Tutto questo individua le caratteristiche socio-culturali del quadro ambientale, la sua identità. È indubbio che esistano geografie private legate alla speleologia, e alle singole grotte. Lo speleologo percorre le grotte, viaggia nei vuoti della montagna e da *geografo del vuoto* produce resoconti di un viaggio per la lettura del territorio ipogeo. Infatti, solo andandoci di persona, percorrendole, le si può conoscere e comunicare. Le grotte sono uno degli ultimi ambienti in cui non è ancora possibile l'esplorazione con protesi tecnologiche teleguidate. Gli speleologi ne fanno luogo e territorio di relazioni umane tra speleo e non speleo. Le territorializzano e costruiscono il paesaggio sotterraneo. Tutta ciò genera narrazioni. Si tratta di narrazioni diverse. Autori dello *story-telling* sono singoli speleologi (da soli o in gruppo), gruppi speleologici, studiosi, federazioni, associazioni nazionali. Giornalisti e scrittori. Lo speleologo racconta il suo pezzo di grotta a seconda della sua specialità, della sua ragione speleologica, del suo focus di passione e attenzione. Spesso si racconta un percorso, non un luogo. Si producono narrazioni epiche, scientifiche, sportive, tecniche, immaginarie, intime. Molto raramente poetiche. Ci sono narrazioni per pubblici interni (insider) e altre per pubblici esterni (outsider), e altre ancora per pubblici specialistici. Non sempre scritte con in testa il lettore a cui ci si rivolge. Quelle che si rivolgono alla comunità di appassionati/praticanti – insider - parlano a un mondo micro, il gruppo-tribù, e più esteso la "nazione speleologica". L'insider arricchisce l'immagine sensibile del luogo "grotta" con una serie di sovrasensi dovuti ai filtri, per esempio della memoria o della conoscenza, e di esso ne ha una consapevolezza profonda, poiché ne conosce gli elementi costitutivi. Spesso è così assuefatto a quella realtà da non coglierne più alcuni aspetti: narrare per qualcuno serve anche a allenare gli anticorpi dell'abitudine. Tra le narrazioni esterne non consideriamo qui quelle realizzate da speleologi ma strettamente legate all'attività professionale di tipo scientifico-specialistico. Di grande importanza, ma esterne al nostro ragionamento. Le narrazioni esterne, in questo caso, sono dirette alle istituzioni e al "mondo grande". Quelle per le istituzioni puntano a un obiettivo economico, politico (tutela), e normativo. Per divulgare la speleologia e la conoscenza delle grotte, rendere possibili gli obiettivi più alti della comunità, nasce la necessità di uscire dal perimetro della speleologia e parlare al "mondo grande outsider". L'obiettivo è il riconoscimento sociale, culturale, didattico, politico. Attraverso queste narrazioni l'outsider si costruisce una propria immagine mentale o *inscape*. Se le storie sono ben costruite potrà da un lato capire o intuire l'importanza del mondo delle grotte e della sua tutela e, anche, giovare di un poco di stupore e di curiosità.

La grotta esiste perché è rappresentata. Per rappresentare serve comunicare

La speleologia è un'attività molto legata all'esperienza. Le cavità naturali si possono vivere nel loro buio, nella complessità di progressione e nella stretta interazione con l'ambiente solo e soltanto se si è speleologi o se si è accompagnati da speleologi. Le grotte turisticizzate sono progettate in funzione di una percorrenza semplice e appagante, dove gli ambienti vengono visti come quadri di un museo e si punta sulla spettacolarità dell'ambiente, illuminato in modo efficace e sicuro. Chi ha visitato grotte turistiche non è necessariamente in grado di capire l'attività speleologica. Chi osserva fotografie o audiovisivi, altrettanto difficilmente coglie l'insieme di una cavità. Inoltre, il linguaggio speleologico è codificato, poiché si rifà all'esperienza dei luoghi e della progressione. E' un linguaggio che prende termini da molteplici discipline, in primis dalla geologia e dall'idrogeologia, dalla fisica e dalla chimica. Anche la morfologia di grotta è descritta in modo ipercodificato e a volte i significati slittano a seconda delle aree carsiche. Una condotta che qualcuno chiama *galleria*, per altri è un *meandro*. Un pozzo relativamente profondo, per chi è abituato a grandi profondità è un *salto*. Ma se tra speleologi, alla fine si riesce a trovare un codice comune, quando si tratta di comunicare con chi è estraneo all'esperienza, i problemi si complicano non poco. L'ambiente grotta non è significativa facile da disambiguare. *Mare, montagna, fiume, deserto, cielo* rimandano a luoghi immediatamente conosciuti. Anche se non frequentati, sono ambienti riconoscibili. Fuori dall'universo speleologico, *grotta* rimanda alla caverna, all'antro. L'idea che la grotta sia uno spazio che si sviluppa all'interno di una montagna, senza orizzonte, quindi non percepibile nella sua interezza o indicabile, non è quasi trasmissibile. Perché è fuori dalla normale percezione dello spazio. Se si vuole parlare o scrivere per chi non ha diretta esperienza di grotta, serve considerare tutto questo. Si può procedere per similitudini, far pensare ai *rami vuoti* di un albero. Occorre considerare ogni termine. *Pozzo* indica universalmente una struttura circolare creata dall'uomo per raccogliere acqua. I vuoti verticali di grotta sono difficili da individuare. Soprattutto, risulta difficile pensare che sceso un pozzo si voglia proseguire per scenderne altri. La speleologia è disciplina altra e aliena e, come nessuna è soggetta alla richiesta di senso. "Perché si fa?". Questa domanda non viene posta per nessun'altra disciplina. Per tutto c'è una ragione plausibile. Denaro, gloria, necessità. La speleologia non ricade in nessuna di queste. Non di rado è vista come oltraggiosa, poiché si va a frequentare ciò che per consuetudine è *interdetto*. A fronte di ciò ci sono due possibili atteggiamenti o strategie di adattamento: ci si isola e si comunica con la propria tribù sotterranea, riportando solo i dati che sono utili e oggettivi (percorsi delle acque, criticità di vuoti sottostanti al tessuto urbano, etc.) o ci si appiattisce sull'immaginario ricorrente, fatto di *inferi, viscere e misteri*. Altra via, difficile eppure strategica: si comunica ciò che può creare curiosità, procedendo per similitudini, depurando dal gergale e dal codice, cercando un terreno di compromissoria comprensione.

La grotta non è altro che l'interno della montagna, ma...

Nel concreto di un'esperienza redazionale. Un pezzo di speleologia su Montagne 360, che del CAI è la rivista ufficiale, è utile se non esclude i non speleologi, ovvero l'enorme percentuale di soci del sodalizio che frequenta esclusivamente la pelle della montagna. Altrimenti, è una sorta di scritta in caratteri incomprensibili. Un concetto che necessariamente deve attraversare ogni articolo è che *la grotta è l'interno della montagna*, o meglio di alcune montagne. Le grotte sono buie non per maleficio, ma perché il sole non attraversa la roccia. Il vuoto della montagna è complesso, perché tali sono i percorsi dell'aria e dell'acqua. Si continua a trovare cavità perché c'è uno scompenso tra l'enormità del vuoto nelle montagne e la limitatezza delle umane possibilità. Soprattutto, si ricerca per conoscere. Tutto questo non si ripete come un mantra ad ogni articolo, ma è meglio averlo presente. Se vogliamo creare curiosità, dobbiamo fare presa su esperienze universali e condivise, dando le ragioni e le motivazioni delle esplorazioni. Ricerca sulle acque, avventura, indagine su un ecosistema, studio attraverso molteplici discipline, dalle scienze della terra all'archeologia. Si cerca continuamente di mediare culturalmente gli articoli presentati, per avvicinarli e fare incuriosire. Naturalmente c'è un costante confronto con gli autori, che non sempre hanno consuetudine a scrivere e presentare immagini fuori dal mondo speleologico. E anche le immagini sono scelte per far capire il rapporto tra esterno e interno, far emergere possibilità e difficoltà dell'esplorazione. A volte le immagini costituiscono una reale criticità, perché gli sforzi sono spesso concentrati su progressione e restituzione topografia, meno sul reportage. Possiamo dire che ogni articolo che si pubblica passa attraverso un processo di revisione dove emerge la necessità di avere materiali di comunicazione efficaci e con requisiti qualitativi idonei. Tali materiali sono indispensabili per l'editoria, e per qualunque azione di divulgazione, didattica e anche salvaguardia, sia delle grotte che della speleologia. Come già accennato, si tratta di dare alle grotte dignità di paesaggio e fascino di *inscape*, ovvero di personale immagine e rappresentazione del mondo ipogeo descritto.

Criticità nella decodifica e nella comprensione

L'articolo è necessariamente narrazione, ma anche una breve notizia può riportare molte informazioni. Le *news* di speleologia su una rivista non esclusivamente speleologica (vedi la citata *Montagne 360*), devono spesso essere tradotte e adattate. Le difficoltà di sintesi sono palesi. Si deve far capire perché la notizia è importante, perché ha valore per essere comunicata. Alcune notizie sono immediatamente riconoscibili. Il ritrovamento archeologico o paleontologico offre una connotazione di valore precisa, soprattutto perché riconducibile alla comune esperienza. La scoperta di nuovi rami di un abisso conosciuto, la congiunzione di cavità, l'immersione in zone remote acquisisce senso se appartiene all'avventura della conoscenza. L'andare oltre i limiti dati è parte integrante dell'esperienza umana. Altro problema, non secondario, è la peculiare geografia del mondo sotterraneo. L'esterno delle montagne è delineato secondo gerarchie quasi universali. Gli speleologi hanno classificazioni alquanto peculiari. Molto banalmente, vi sono aree carsiche che ai non speleologi non dicono nulla. In alcuni casi eclatanti la parte è diventata il tutto di un'area. Una zona storica per le ricerche speleologiche nelle Alpi Apuane è la Val d'Arnetola, nel comune di Vagli Sotto (LU). Per gli speleologi, "Arnetola" è un territorio molto più vasto di quanto riportato dalle carte. Gli speleologi rischiano, dunque, di rimanere isolati nei mondi che esplorano, per l'incapacità di condividere informazioni. Oltre a dare alle grotte nomi che spesso nulla hanno a che vedere con la toponomastica locale, c'è anche l'*invenzione* della denominazione delle aree degli ingressi. Le coordinate possono essere esatte, ma la terminologia può essere derivata da tradizioni orali limitate a gruppi chiusi o desunta senza precise verifiche sulla cartografia di riferimento. Inoltre, non di rado gli speleologi parlano dei *rami* interni delle cavità con logica che secreta più che esplicitare. Si arriva all'estremo di poter parlare solo con chi già sa. Una sorta di *pedagogia relazionale* (e anche *redazionale*) impone di inquadrare le informazioni e i dati affinché la conoscenza del teatro delle azioni ipogee sia accessibile a tutti.

I racconti sono come il cammino, non vi sono limiti. Quando uno non ha più storie, un altro riprende. E' come il cammino del mondo, di cui nessuno conosce limiti (detto popolare Dogon, Alto Mali)

Bibliografia

- AA.VV., 1929. *Enciclopedia di scienze, lettere ed arti*. Istituto dell'Enciclopedia Italiana. Treccani, I Edizione.
- AUGÉ M., 2009. *Nonluoghi. Introduzione a una antropologia della surmodernità*. Elèuthera, Milano
- CLAVAL P., 1992. In: CORNA PELLEGRINI G., BIANCHI E. (eds.), *Varietà delle geografie: limiti e forza della disciplina*. Cisalpino, Milano, 23-67.
- VALLISNERI A., 1714. *Lezione accademica intorno all'origine delle fontane*. I Edizione, Ertz, Venezia.
- WRIGHT J.K., 1947. *Terrae Incognitae: The Place of Imagination*. Geography Annals of the Association of American Geographers, 1-15.

AVEVO LE MANI DOLORANTI

GIUSEPPE CERESIA¹

¹ A.N.S. "Le Taddarite", Via Terrasanta 46, Palermo; letaddarite@gmail.com

Riassunto

BRUCE CHATWIN scriveva: "Il viaggio non solo apre la mente: le dà forma". Seguendo questa linea di pensiero prende vita un breve racconto, pregno di sensazioni, sulla esplorazione di una piccola grotta della Calabria. Ad arricchire il tutto qualche citazione presa in prestito da alcuni scrittori contemporanei.

Parole chiave: Calabria, esplorazione, grotta

Abstract

I HAD PAINFUL HANDS - BRUCE CHATWIN wrote: "The trip not only broadens the mind: it gives shape to it". Following this train of thinking a short story takes life, full of feelings, on the exploration of a small cave in Calabria. To enrich the story, a few quotes borrowed from contemporary writers.

Key words: Calabria, exploration, cave

Cap. 1 – Prologo

L'atto stesso del viaggiare contribuisce a creare una sensazione di benessere fisico e mentale, mentre la monotonia della stasi prolungata o del lavoro fisso tesse nel cervello delle trame che generano prostrazione e un senso di inadeguatezza personale

(BRUCE CHATWIN – Che ci faccio qui?).

Di solito il mio stato di disoccupazione è alternato a brevi periodi di lavoro a tempo determinato, fortunatamente in quel frangente ero in stato di grazia per un incarico abbastanza consistente, ma da realizzarsi con una certa celerità. Erano quasi due mesi che facevo la formichina operaria e andavo in laboratorio tutti i giorni, a volte anche la domenica. Alla stessa ora, per la stessa strada, bevendo lo stesso caffè Amaro come la Vita. In macchina fumavo e fumavo ancora, alla faccia del fumo passivo. Sembrava di stare dentro un libro di MILLER, nella frenetica New York degli anni '20.

Operai e impiegati che ogni mattina percorrono, al pari dei globuli rossi, i diverticoli anastomizzati della circonvallazione di Palermo. Tutti in fila, uno dietro l'altro, con il nostro carico di smog al seguito, quasi annoiati dal monotono ripetersi di quel caos ogni mattina.

La bambina imbragata al seggiolino nella macchina accanto mi guarda. Occhi azzurri, ciuffo biondo di capelli tenuti da un elastico con Winnie the Pooh, ha lo sguardo dell'innocenza.

Una vecchia e suo marito sono nell'auto che mi sorpassa, osservano immobili ciò che succede davanti a loro, hanno i finestrini chiusi, strano per un afoso giorno di aprile, nei loro occhi soltanto indifferenza per tutto quello che succede oltre il parabrezza.

Un tizio nella sua scassatissima station wagon Ford butta via una sigaretta, ne tira fuori un'altra dal pacchetto e se l'accende. Ha gli occhi rossi di chi ha dormito poco, barba lunga di un paio di giorni, capelli arruffati come l'edera, è il ritratto della rassegnazione.

Questa monotonia autostradale non è qualcosa che si addica molto al mio modo di essere e di vedere il mondo, anche se sono consapevole che un giorno arriverà il momento di cominciare a cercare *un posto dove appendere il cappello* e magari inconsapevolmente mi ritroverò nuovamente dentro di essa. Ma per adesso lungi da me questi pensieri, c'è altro in programma. Tra un paio di giorni si parte finalmente, respirerò aria di montagna, mangerò qualcosa alla buona e rivedrò i vecchi amici lasciati mesi addietro.

Cap. 2 – La Partenza

Chi non viaggia non conosce il valore degli uomini

(IBN Battuta).

Come mio solito ho messo in valigia molto più di quello che mi è necessario. Il borsone sembra un sacco salma con le rotelle. Trapano. Anelli, moschettoni e fix quanto bastano. Attrezzatura completa da progressione verticale, fettucce, cordini e kevlar. Cavalletto, due reflex e obiettivi vari. Bussola, disto, rullina, GPS, penne e il mio immancabile taccuino. Neanche dovessi stare fuori un mese. Ma il tempo è poco e non sai mai di cosa puoi avere bisogno all'ultimo momento.

Passo a prendere Giovanni sotto casa. La temperatura è ottima per un giorno di Aprile. Maciniamo chilometri e dopo poco siamo già a Cefalù. Alla nostra sinistra lo spettacolo delle Eolie, mai viste così nitide e così vicine. Vulcano e Lipari sembra di poterle tirar fuori dall'acqua con indice e pollice. Facciamo strada verso Messina. L'illuminazione delle sue interminabili gallerie si riflettono velocemente sulle cromature della maniglia e un'ondata di luce mi abbaglia ad ogni uscita dal tunnel. Sbaglio strada. Messina Centro, invece dovevo uscire a Messina Bocchetta. Ritardiamo di quel quarto d'ora che ci fa perdere Fata Morgana, poco male, i traghetti di questo periodo partono a brevi intervalli. Ci imbarchiamo su Caronte, non so chi dei due sia peggio o meglio. Le antenne sopra la plancia fanno da meridiana proiettando sul ponte la loro ombra che si muove velocemente alle rapide virate dello scafo. Il sole e il vento ci accompagnano.

Poco dopo sbarchiamo in Calabria. Italia, così dicono gli atlanti. Arriviamo dopo qualche ora insieme al buio, mentre il sole tramonta alle spalle dello Stromboli. Incontriamo Ciccio e Felice, arrivati dopo due minuti, alla faccia del sincronismo e del traffico sulla statale.

Saliamo verso Serra d'Aiello. Sistemazione minimale. Due letti, una scrivania, nessun televisore su cui vedere Benedetta Parodi aspettando il turno per la doccia. Salvatore cucina solo per noi. Un omelette tarchiato dagli occhi azzurri, nascosti da un'espressione perennemente aggrottata. Il cibo è ottimo come pure il vino. Il Mirto fatto in casa è una delizia. Come dice spesso Carmine a Pertosa: non so se è peggio darvi da bere o darvi da magnà!!!

Cap. 3 – La Signora Novanta

Se il verde risponde al verde e il rosso al suo eguale, allora niente si perde, tieni la rotta tale e quale
(FRANCISCO COLOANE – Terra del Fuoco).

La notte passa veloce, anche se si dorme poco. I letti stranieri sono sempre donatori di insonnia. Ma noi non siamo lì per villeggiare, si deve esplorare. Ci svegliamo presto, tutto il vicinato dorme ancora. Salvatore ancora non è arrivato. C'è chi si fuma la prima sigaretta della giornata e chi il primo mozzicone di Toscano...il sole comincia a scaldarci.

Ci spostiamo sopra le pareti, andando alla ricerca dei Fix messi da Giulio e Rosario. Trovati!!! Ma sono da 10. Eccecaz...!!! Non possiamo usare i nostri anelli, che sono per Fix da 8. Allora, vedendoci perduti, rendiamo lode al "sacro arbusto" che viene sempre in soccorso di colui che ha perso l'artificiale su parete e dona, col suo fusto e le sue radici, un ottimo attacco naturale. Il fusto è tripartito, ben radicato nella roccia sottostante. Armo in serie e via. Saltino di pochi metri e si entra. Pochi minuti per i saluti col buio e lasciamo Ciccio e Felice ai loro caposaldi. Io e Giovanni andiamo ad armare.

Attraverso i miei ricordi e le poche foto panoramiche della parete volevo fare un traverso aereo simil-tirolese tra le due grotte. Mezza giornata, al limite anche parte del primo pomeriggio e domani si entra senza bisogno di calarsi dall'alto. Anche perché non abbiamo che fare senza anelli da 10.

L'intera mattinata era passata per mettere quattro miserabili fix da 8, in quella dannatissima roccia che sembrava una schermata di tetris tanto era fratturata, ma ogni tanto beccavi una placca integra e allora potevi dirti "in sicura". Comincio a scendere lungo la parete, aprendomi la strada a colpi di machete attraverso la selva oscura.

Partenza. Armo doppio con coniglio. Frazionamento a sinistra – 5 metri. Frazionamento a sinistra – 10 metri. Frazionamento a destra – 10 metri con armo naturale su radice.

Mi sporgo stando con i piedi su una grossa radice, il mio sguardo è al livello del terreno del "Gruttone", roccia bastarda, ti sfracelli solo a toccarti. Tenta la traversata. Chiave di Meredith. Mi sporgo più che posso. Attacco il rampino su uno spuntone per iniziare a trapanare. Lo spuntone si trasforma in tante zollette di roccia e volano giù.

- Miseria Ladra!!! Ma chi me l'ha fatto fare?!?
- Tu l'hai voluto fare. Chista è a zita. Se non volevi farlo te ne stavi a casa a leggere Gobetti e Lanfranconi!!!
- Cioè, ma ti rendi conto che ho i piedi sopra una radice e sotto c'è un vuoto di almeno 15 metri?
- La radice tiene l'albero che tiene la montagna e non deve tenere te che sei una canna da stendere?
- E se salta l'attacco?
- Mò però non entriamo nella fantaspeleomitologiadelladisgrazia. Mi pare che la catena di sicurezza sia a norma di CNSS. Dai, calmati e fatti stò traverso.
- Effettivamente c'hai ragione. Vediamo un pò...
- Sempre a fare il pavido Questo, menomale che ci sono sempre io a metterlo in riga, la Signora Novanta. La paura.
- Forse se faccio un lancio con un anello di cordino su quello spuntone posso metterci un moschettone. Mi calo su corda quel tanto che basta, lo afferro e mi allungio. Che ci vuole? Lì c'è un terrazzino dove posso mettere i piedi. Perfetto. Passo e poi mi tiro il trapano. Metto un altro fix, mi tiro su ed entro, no problem. Dov'è il cordino da 9? ... Fettuccia ... Kevlar ... Cordino da 7... Eccolo!!! Tre metri di cordino dinamico da 9mm, il famoso cordino del "non si sa mai". Nodo galleggiante e via...aspetta. Sta cippa!!! Lo spuntone dietro è tutto fratturato, appena entro in carico me lo tiro addosso e finisce a schifio...

CACITTI diceva: *...gli dirò di esplorare, di trovare sempre una strada da percorrere; di non aver paura di andare avanti, ma soprattutto di aver anche il coraggio di tornare indietro se la strada dovesse essere quella sbagliata e non sentirsi sconfitti per questo...* mi sa che è meglio fermarsi e pianificare il tutto nuovamente a tavolino. È sempre cosa buona evitare di farsi male, soprattutto se la pellaccia puzzolente è la tua. L'istinto roccioso sviluppato negli anni a qualcosa è servito alla fine, se la testa ti dice di no allora non c'è motivo di andare avanti. È solo una questione di buon senso, tutto qui.

Cap. 4 – Il Buio

Coi quesiti che poniamo, da noi stessi c'inganniamo, limitati nel pensiero, da quel che di scorgere scegliamo
(DAVE MARCHANT – Geologo. Boston University).

La grotta è piccola, un magico triangolino fatato che ti porta per pochi metri dentro la montagna. Nel buio tutti cominciano a cercare qualcosa. Chi cerca cocci, chi cerca industrie, chi cerca ossa e tu cosa cerchi? Io cerco l'uomo!!! Molte persone ci chiedono spesso che cosa ci andiamo a fare là sotto, e questo accade periodicamente alla notizia di un incidente in grotta. Molti rispondono che si va per cercare se stesso, ma sono stato sempre scettico su questa motivazione, come se fosse una frase preconfezionata da spacciare a chi non è addetto ai lavori. Quando lo domandano a me dico sempre: se venissi là sotto lo capiresti anche tu.

All'interno, la luce del sole si abbatteva come una mannaia in mezzo all'oscurità, separando in maniera netta e distinta le pareti destra e sinistra, poi si affievoliva man mano che continuava il suo percorso, fino a illuminare pallidamente i nostri volti, quasi che fosse una sorta di illuminazione divina verso chi era entrato in quel luogo. Troviamo tracce di visite precedenti. Si comincia a fantasticare su chi erano e cosa hanno fatto. Il buio visivo diventa anche buio mentale. Quello che vediamo lo conosciamo perché illuminato ma il passato ci è oscuro, possiamo solo immaginare ciò che non possiamo vedere.

Ciccio racconta del povero tizio martoriato dai mercenari armati di "Scramasax", un nome che a molti non dirà nulla, ma che fu oggetto di risate continue fino a fine giornata.

- Aspetta com'è che si chiama stò coso?
- Scramasax.
- Scramataz?
- No. SCRA – MA – SAX.
- Ahhh, tipo saxofono.
- Esatto.
- E che sarebbe?

- Un mezzo spadone per tagliar teste e arti a caso mentre stai a cavallo.

- Sembra il nome di una crema per le emorroidi. Problemi di emorroidi? Usa SCRAMASAX!!! Oppure, la tua ragazza ti tradisce con il tuo migliore amico? Usa SCRAMASAX!!!

E vi risparmio tutte le altre fesserie che ci siamo inventati e continuiamo a inventarci su questo arnese ancora oggi.

Mentre mi racconta del malcapitato principino, però non si rende conto che mi sta accecando con tutti i suoi 90 lumen di elettrico. È capitato a tutti le prime volte in grotta di parlare al proprio compagno come si farebbe in condizioni epigee, guardandosi in faccia l'un l'altro, ma in grotta è diverso. Hai una luce sul casco che punta in direzione del tuo sguardo e capita così che se non stai attento nell'interloquire col tuo collega lo "allampi" con il tuo fascio di luce. È buona norma quindi che uno dei due spenga la sua luce o che la direzioni verso il basso.

Altra storia era il carburo, lo provai la prima volta all'Abisso del Vento, prendendo in prestito una bomboletta del gruppo. Ne rimasi incantato. Ai tempi si stava passando tutti all'elettrico come illuminazione principale, dei nuovi solo Simone resisteva imperterrita. Io lo affiancai. Il mio piezo l'avevo già, era incluso nel caschetto, ma mi mancava la famigerata e puzzolente bomboletta a carburo. Una settimana come "picciotto dall'anneratore" e al primo ordine la comprai.

Quando dici carburo nel mio gruppo lo associ subito ad Alberto, non credo di averlo mai visto usare l'elettrico, o se l'ha fatto qualche volta per sbaglio era sempre un elettrico caldo, alogeno. Gli raccontai del mio acquisto, ne fu felice, adesso eravamo di più ad essere "Vintage". Mi disse che le lampade ad acetilene hanno aperto uno squarcio nel buio assoluto a generazioni di speleologi, oltre ad essere stato il pennarello indelebile delle grandi imprese, aggiungerei. Era vero, verissimo. Hanno aperto uno squarcio tanto profondo nel buio da far precipitare all'interno del nostro mondo una miriade di mostri fantastici in fuga perenne all'arrivo della fiammella cranica. Si nascondono dietro a ogni curva della roccia, a ogni cannula, alle stalattiti. Assumono le forme più assurde, ma devi essere attento per vederli, non si mostrano a tutti. Scelgono i più romantici e sognatori, quelli che dalla grotta portano via solo ricordi. Alle volte possono fare paura, diventano enormi, sbucano fuori dagli anfratti dietro cui si nascondevano appena la tua luce diventa più fioca, ma basta dare mezzo giro in più alla valvola rossa e agitare forte la bomboletta, il risultato sarà quasi accecante, parola di speleo. E poi diciamolo, quando sei fermo e al freddo, non c'è sensazione più bella di stringerti la tua bomboletta calda tra le mani gelide e infilartela dentro la tuta a scaldarti il Cuore.

Il buon vecchio Giovanni (classe 1929) un giorno mi diede la sua bomboletta ad acetilene, quando me lo disse mi aspettavo una vecchia Fisma, invece tira fuori questa bomboletta con un beccuccio e uno specchietto di alluminio, un passaggio di consegne direi. Come un marinaio dona il suo coltello o un sarto le sue forbici, noi speleologi ci doniamo la luce.

Cap. 5 – Il pane

"Pane nostru de ogni die, no manches mai a mie, no manches mai a perunu. Mai conoscat jeunu sa zente venturera"/ Pane nostro quotidiano, mai tu mi manchi, non mancare a nessuno. Mai conosca il digiuno la gente che va alla ventura

(CARLOS SOLITO – Il contrario del Sole).

Finalmente era ora di pranzo. Dai Cì, prendi i panini. Panini? Ma hai visto quanto sò?

Una volta ero con Marco a rilevare la grotta Ciavuli, per pranzo avevamo gli stessi panini che stavamo per mangiare, anche se il diminutivo anche lì era fuori luogo, neanche riuscivi a dargli un morso tanto erano spessi. Lo stomaco comincia a brontolare.

- Dai, un altro punto e poi mangiamo...

- Hai detto la stessa cosa al punto 89, ora siamo al 130...

- Vabbè, un altro punto e basta. Dai, prendi i panini...

- Amunì, un altro punto e poi mangiamo... gli rispondevo spostandomi verso il punto 131... 148... 155... così andavamo avanti per ore senza sentire più la fame.

Invece, quando siamo andati a Pozzo Fiandra, ci siamo accorti arrivati al fondo che tutti e quattro gli aereocefali che eravamo ci siamo portati una bottiglia da due litri di acqua a testa, ma nessuno aveva pensato a portar da

mangiare. Fortunatamente Simone aveva trovato una micro barretta di Ritter Sport nel suo personalino, dimenticata lì dai tempi di Pangea e Panthalassa, ma a mali estremi, estremi rimedi e così ci dividemmo quello sputo di cioccolato in quattro persone.

Mentre alla Grotta dell'Eremita avevo con me solo caramelle e frutta secca. Si doveva solo fotografare, la grotta era piacevolmente calda e non dovevamo starci tanto. Non avevo tanta fame ma accettai di buon grado un panino "col prosciutto" da Angelo.

Premetto che ho mangiato di tutto in grotta, finanche i panini farciti col Ketchup dell'Abisso del Vento (noto per il suo fango ricco di saporiti e gustosi ossidi ferrosi), quelli col salame-fichi-arachidi e addirittura quello con la buccia di banana (che te possino!!!). Ma il panino col prosciutto di Angelo non lo scorderò finché vivo, come pure tutti gli altri che erano con me.

- Ma dove l'hai comprato questo prosciutto? Fa schifo...

- Al Discount, ieri sera. Stava chiudendo e ci sono arrivato all'ultimo per prenderlo...

- Potevi lasciarglielo, sembra prosciutto di cane...

Mio Nonno diceva che ciò che non strozza ingrassa. Nato nel primo decennio dello scorso secolo lo poteva dire forte. Si è fatto la guerra. Alla fine della seconda ha disertato, tornando a casa dalla Puglia a piedi con alcuni suoi compaesani.

Diceva anche, e molto più spesso, che buttare il cibo è peccato. Capì molto tempo dopo cosa voleva dire. Noi due non la intendevamo allo stesso modo. Per me era come dire, una cosa che si sarebbe potuta evitare, per Lui invece buttare il cibo, soprattutto il pane, era peccato in senso molto più profondo. Nella sua visione fortemente Cristiana della vita, il pane è il corpo di Cristo e buttarlo via con leggerezza equivaleva a una mancanza di rispetto verso colui che con il proprio corpo ci sfamava ogni giorno; difatti quando era costretto a buttarlo, prima lo baciava e poi si faceva il segno della croce.

Ma per il prosciutto di Angelo non c'erano compromessi di natura Cristiana, Musulmana, Buddista o Shamanica che tenessero, faceva schifo. Punto.

Questi panini erano un po' meglio, bastava togliere il mezzo chilo di mollica sopra e sotto e magari metà potevi mangiarlo. Felice toglie la parte sopra e si fa un semi-Sandwich...l'inglesino. Ciccio come al solito ingordo, tenta di mangiarlo tutto senza nulla togliere... "ti puterisi strafucà ccu prusuttu" gli dico. Io e Giovanni non avevamo tanto appetito e per non buttarlo lo lasciammo all'uscita in mezzo all'erba, cosicché qualche animale si potesse sfamare o la natura stessa ne trasformasse nuovamente la materia.

Cap. 6 – Il dolore

...l'è sempru püssèe dūr el sàcch in sōe la spàla; l'è sempru püssèe sciiür de nòcc el sentè.../...è sempre più duro il sacco sulla spalla; è sempre più scuro di notte il sentiero... (DAVIDE VAN DE SFROOS – De Sfroos).

Mentre facevo la doccia, l'acqua calda mi doleva le mani. I palmi doloranti, le nocche incartate, le dita graffiate dai rami. Però ero contento di aver ampliato il mio album di figurine delle ferite da attività speleo-alpinistica. *Più botte ti prendi fuori e meno ti faranno male in grotta...* direbbe Qualcuno, pare che t'hanno menato... risponderrebbe qualcun'altro.

L'acqua calda sulle ferite leniva parzialmente il mio dolore. Ero stanco. Ma di una stanchezza che non provavo da tempo. Quella dell'acido lattico alle gambe e del dolore a tutti gli spigoli del corpo. Una stanchezza fisica da urto roccioso piuttosto che una stanchezza mentale da sclero incipiente. Quella la cui unica cura è l'abbandono totale e disinteressato all'erba di un prato, con la tuta stesa ad asciugare al filo spinato e la testa sul sacco corde.

Forse sono diventato vecchio o forse ho solo esaurito prima le batterie. Ci fu un periodo in cui non c'era domenica o sabato o giorno feriale in cui non si andasse in grotta. E dopo questi due o tre anni circa ci siamo guardati in faccia con Antonio e Simone, come chi ha appena finito una cavalcata selvaggia nella pampa e ci siamo detti: "mi sa che è arrivato il momento di riposarci un po'".

Poi si cresce e arrivano le responsabilità, gli incarichi, si inizia a mettere da parte la lotta corpo a corpo negli intestini calcarei per la penna e si comincia ad avvertire un leggero dolore sparso, per ciò che si è coscienti non potrà più tornare; però, meno male che c'è ancora qualcuno che vuol fare il lucifer...qualcuno di *giovane e bello*.

Cap. 7 – Epilogo

...e il verde vigor rude ci allaccia i malleoli, ci intrica i ginocchi...

(GABRIELE D'ANNUNZIO – La pioggia nel pineto).

L'erba alta della rupe, mossa dal vento, mi avvolgeva le gambe e le braccia, come se non volesse che andassimo via. Ehhhh lassame!!! gli grido mentre salgo il ripido pendio con qualche chilo di troppo in bilico sulle spalle.

Simone una volta mi disse: ma quanti chilometri avremo percorso in questi anni per andare in grotta? Non ci si pensa mai vero? Troppo pochi, sempre troppo pochi. Forse è questo quello che diceva il grillo parlante con Tu l'hai voluto. Sì, Io l'ho voluto. Ho voluto l'erba pungente negli scarponi, l'odore di terra sulla felpa, la puzza di carburo nell'anima e i metri di corda che sembrano non finire mai e anche se per avere tutto questo dovrò far consumare agli pneumatici centinaia di chilometri in cerca di nuovo buio.

Mentre percorrevamo per l'ultima volta quel sentiero, mi è tornato alla mente quando abbiamo concluso le esplorazioni dei rami dell'Aracuan a Monte Conca. Quanto sei stata stronza quella volta. Non mi sei stata mai simpatica. Ci facevi i trabocchetti. Ci vediamo dopo e poi ti inventi una scusa e non ti presenti. Ti fai desiderare. Tra caschetti e stivali dimenticati, batterie che si scaricano d'improvviso, camini che nascondono altri camini e piene improvvise, mi hai fatto fare così tanto sangue marcio che alla fine non rimaneva altro da fare che mandarti a quel paese.

La notte dell'ultima risalita è stata una liberazione per tutti. Finchè la grotta continua si deve andare, anche contro voglia, questo è un dogma. I sacchi erano pesanti del fango dragato nel cunicolo dei rami nuovi e poi inzuppati nella risalita dei vari pozzi; ti spezzavi la schiena a portarli in spalla e ti frantumavi i *cabasisi* con il sacco che faceva il pendolo di Foucault durante la risalita.

Quella sera in cielo non c'era lo stregatto, ci mancava solo lui, quel dannato felino rigato pare che ce l'abbia proprio con me...

Quella sera la luna splendeva immensa, circondata da un'aura soffusa, illuminando con la sua fredda luce la campagna assonnata, sarà stata l'una di notte...

Quella sera i nostri led illuminavano il sentiero verso le macchine. Sotto i mandorli prima, lungo i campi poi...

Anche questa è finita, penso adesso, mentre attraverso la via creata in mezzo ai cespugli...

Avevo le mani doloranti, le falangi scorticate e le ginocchia indolenzite. Dovevo percorrere tanta strada per tornare a casa, ma ero sicuro che per ogni fine c'è sempre un nuovo inizio e non sarebbe passato molto tempo dal ripercorrere quella strada in senso opposto...

...calpestata, l'erba diventa sentiero

(BLAGA DIMITROVA).

Ringraziamenti

Alle persone che mi hanno ispirato, anche se ad alcuni non arriverà mai questa dedica. Bruce Chatwin per avermi fatto appassionare al romanzo di viaggio. Francisco Coloane per avermi fatto iniziare a scrivere a trent'anni. Carlos Solito per condividere con me la paura dei pozzi lunghi. Andrea Gobetti per non aver dato fuoco alla stamberga. Alberto Lanfranconi per il primo libro speleo che lessi. Giovanni "Giovannino" Surdi per dividere con me le merende. Francesco "Ciccio" Breglia per il suo Scramasax. Felice "Grande Luce" Larocca per la buccia di banana. Salvatore e Carmine per aver cercato di sfamare e dissetare degli speleo. Benedetta Parodi per avermi intrattenuto aspettando il turno per la doccia. Giulio Cotechini e Rosario Selvaggio per i fix da 10. Meredith per la chiave di Meredith. Manuel "Califfo" Cacitti per aver scritto Homo Spelaeus. Simone "Sterco" Inzerillo e Antonio "Lombrellone" Domante per aver condiviso con me i miei anni più belli in grotta. Alberto Terranova per il supporto tecnico/storico/speleologico. Giovanni Mannino per aver condiviso qualcosa di suo (e so che non è stato facile). Marco Vattano per avermi insegnato a mettere l'imbrago. Angelo Provenzano per il suo prosciutto di cane. Antonina "Nina" Scrima e Luisa "Lulù" Sausa per aver dimenticato il cibo al pozzo Fiandra. Simona Arrabito per la pazienza nel rileggere tutte le mie opere e, in ultimo, Domenico Quaglino, semplicemente, mio Nonno.

“PROGETTO PROTEUS”

PER INIZIARE A CONOSCERE LE GROTTI, LA SPELEOLOGIA E GLI SPELEOLOGI

NADIA RE ¹, GIANPAOLO FORNASIER ¹

¹ *Unione Speleologica Pordenonese CAI, Pordenone; gianpaolo.bat@libero.it*

Riassunto

Il presente lavoro analizza una delle esperienze didattiche inerenti al “Progetto Proteus”, realizzate dall’Unione Speleologica Pordenonese CAI.

Proteus è una grotta artificiale, realizzata come supporto alla didattica, rivolta per lo più ai bambini in età pre-scolare o delle primarie. Queste iniziative hanno come scopo l’avvicinamento al mondo delle grotte e della speleologia, per familiarizzare con alcuni concetti chiave e guidare alla comprensione dell’ambiente ipogeo, prima delle uscite sul campo.

Parole chiave: educazione ambientale, chiroteri, introduzione alla speleologia, progetto Proteus.

Abstract

PROTEUS PROJECT: TO BECOME FAMILIAR WITH CAVES, SPELEOLOGY, AND CAVERS - *This paper analyzes one of the several educational experiences related to the "Proteus Project" undertaken by the Unione Speleologica Pordenonese CAI (Pordenone, Italy).*

“Proteus” is an artificial cave, designed as a teaching support, aimed mostly at children in pre-school or primary school. These initiatives aim at approaching the world of caves and caving, to let the kids familiarize with some key-concepts and guide to the understanding of the environment before the field trips.

Key words: environmental education, bats, introduction to caving, Proteus project.

Introduzione

“Proteus” è il nome attribuito alla “grotta artificiale” progettata e costruita dai soci dell’Unione Speleologica Pordenonese CAI (USP) nel 2006.

Il “progetto Proteus” si è sviluppato come supporto ai momenti di incontro, didattica, divulgazione ed educazione ambientale che l’USP porta avanti sul territorio del pordenonese, rivolgendosi per lo più ai bambini in età pre-scolare o delle classi primarie. Inoltre, attraverso lo slogan “*se i bambini non vanno dal proteo, Proteus va dai bambini...*”, la struttura itinerante è stata impiegata in diverse manifestazioni ed eventi, di carattere sportivo o associazionistico, sul territorio regionale o nelle regioni limitrofe.

Il principale utilizzo è rimasto comunque quello presso le scuole dell’infanzia o primarie, in affiancamento o in sostituzione alle lezioni frontali, in associazione a mostre fotografiche a tema ed escursioni finali in grotta (ove possibile). Bonariamente soprannominata “la quasi-grotta”, Proteus si presta a una serie di attività modulabili, in base all’età e alle capacità cognitive dei bambini coinvolti.

L’idea che da sempre l’USP porta avanti è quella di divulgare e far conoscere, anche giocando, un ecosistema tanto affascinante quanto fragile.

In questo lavoro, si fa riferimento ai dati di una delle esperienze maggiori che ha coinvolto i soci dell’Unione Speleologica Pordenonese CAI ed altri volontari, presso le primarie del plesso scolastico di Azzano Decimo (PN), nell’anno scolastico 2013-2014 (Fig. 1).

Inquadramento

Proteus è una struttura componibile, costituita da binari ed archi di alluminio, che compongono dei tunnel di 2 m di lunghezza, modulabili lungo il percorso. La parte centrale di Proteus è un “igloo” di 3,30 m di diametro e 2 m di altezza, richiudibile su se stesso “a ventaglio”. L’intera struttura è ricoperta di PVC ignifugo.

Proteus può essere assemblato sia all'esterno (ammesso che il terreno sia sufficientemente pianeggiante), che all'interno di edifici idonei, come le palestre scolastiche.

Al di sotto della struttura, specie se montata all'interno di una palestra, viene posizionato un tessuto di rivestimento per pavimenti (simile alla *moquette*), sul quale solitamente i bambini accedono senza scarpe (o con scarpe da ginnastica utilizzate solo per la palestra).



Figura 1. Proteus incontra i bambini di Azzano Decimo.

Figure 1. Proteus meets the scholars at Azzano Decimo.

Proteus è stato colorato con tempere ad acqua. L'interno dei tunnel è stato spugnato ad "effetto roccia", con uno sfondo che vira tra grigio e marrone. L'esterno dei tunnel è rimasto bianco, sugli ingressi dei tunnel sono stati apposti il nome del gruppo speleologico ed il logo di Proteus. All'esterno di alcuni tunnel, a riempimento, i bambini coinvolti hanno potuto lasciare una scritta con il loro nome e il profilo della loro mano. L'igloo principale è stato dipinto all'esterno con motivi speleologici (effetto roccia, caverna, speleologi, pipistrelli e felci), mentre all'interno è stata rappresentata una grotta con le sue principali caratteristiche geomorfologiche, più una serie di elementi utilizzati durante la didattica (insetti e animali ipogei, reperti fossili, acqua, disegni rupestri, immondizia abbandonata, personaggi di fantasia che nelle leggende sono associati alle grotte).

Il percorso dei tunnel può essere composto a piacere, in base alle esigenze spaziali, i tunnel aderiscono l'un l'altro grazie a bande di velcro particolarmente ampie. La struttura per essere completata richiede la presenza di almeno 3 persone e un impegno di circa 3 ore di lavoro.

Una volta montata correttamente, la struttura non lascia entrare luce, l'ambiente risulta realisticamente "buio come una grotta". I bambini accedono all'interno della struttura indossando un elmetto protettivo munito di luce frontale.

Metodi

Il progetto si basa su una serie di punti cardine principali, che vengono sviluppati di volta in volta in base alle

richieste ed alle esigenze didattiche:

- indagine e valorizzazione del patrimonio conoscitivo dei bambini (attraverso la pratica della scoperta delle teorie ingenuie: “come è fatta una grotta?”, “come si è formata una grotta?”, “chi vive in grotta?”);
- esperienza interattiva diretta (attraverso l’esplorazione della realtà il bambino costruisce una conoscenza intuitiva del mondo naturale);
- ricorso alla metodologia scientifica per la fase sia di insegnamento che di apprendimento;
- discussioni di gruppo e costruzione di saperi collettivi;
- introduzione della figura di un esperto (in questa specifica esperienza la dottoressa NADIA RE, biologa e speleologa), mediatore tra il sapere scientifico e la conoscenza dei bambini (Fig. 2).



Figura 2. Discussione e collaborazione tra gli alunni, clima di fiducia.

Figure 2. Discussion and collaboration among students, confidence.

Sviluppo dell'esperienza.

Data la quantità di classi coinvolte e le poche forze volontarie in gioco, l'esperienza di Azzano Decimo è stata strutturata dividendo in due ogni classe e proponendo un'attività in due fasi, per entrambi i gruppi.

A seguito di una breve introduzione, i bambini vengono divisi casualmente, grazie ad un piccolo *escamotage*, in “esploratori” e “scienziati”. Alla classe viene spiegato che, successivamente, i ruoli sarebbero stati scambiati e che, quindi, entrambi i gruppi avrebbero svolto entrambe le attività. In questo modo si è cercato di evitare attriti competitivi non-virtuosi tra i compagni di classe.

Il gruppo degli esploratori è stato il primo a recarsi nella grotta, ignari di ciò che avrebbero trovato, muniti solo di casco con luce frontale. Alla fine della loro permanenza in grotta, avrebbero dovuto presentare un rapporto riguardo alla loro missione esplorativa.

Il gruppo degli scienziati, rimasto all'esterno della grotta, avrebbe dovuto discutere e formulare ipotesi su cosa si aspettava di trovare in grotta. Una volta usciti gli esploratori, gli scienziati li avrebbero sostituiti e sarebbero andati a verificare di persona se le loro ipotesi fossero corrette o meno.

Per entrambi i gruppi sono stati predisposti dei semplici fogli in A3, con alcuni disegni stilizzati rappresentati oggetti o animali, riconducibili all'ambiente ipogeo o meno, in modo da stimolare la loro fantasia e la loro discussione. I bambini erano liberi di cerchiare o colorare gli elementi che avevano visto, o ipotizzavano di osservare, in grotta.

Alla fine dell'esperienza, entrambi i gruppi sono stati riuniti e spronati a verbalizzare la loro esperienza; è stata così animata una discussione di classe e sono stati analizzati i risultati dei loro rapporti/ipotesi. La figura dell'esperto, agganciandosi alle teorie ingenuie dei bambini coinvolti, guida la discussione, introducendo un linguaggio tecnico e definizioni appropriate, stimolando la curiosità su più livelli (materiale ed esperienziale) e gestendo un punto di vista condiviso con la classe, che diventa gruppo di ricerca vero e proprio.

Gli incontri sono calibrati su una durata di 1 ora, mediamente.

A conclusione dell'esperienza è stato consegnato a ogni bambino un "diploma" di esploratore (Fig. 3) da colorare e completare, assieme ad un diploma "ricordo", di maggiori dimensioni, per l'intera classe.



Figura 3. Diploma rilasciato agli alunni.
Figure 3. Proteus diploma to students.

Risultati

Dati

Il progetto didattico è stato concordato per l'anno scolastico 2013-2014 e si è svolto, compatibilmente con gli impegni dei volontari coinvolti e le esigenze scolastiche, nei mesi di settembre, ottobre e novembre 2013.

La scelta di calendarizzare gli incontri didattici con Proteus nella prima parte dell'anno scolastico è stata concordata con il vicario del plesso di Azzano Decimo e con gli insegnanti maggiormente attivi durante questa attività, in modo che, durante tutto l'anno scolastico, il materiale raccolto potesse essere utilizzato per introdurre molti degli argomenti in programma per gli alunni, in particolar modo per la parte dedicata alla geografia, alle scienze ed alla conoscenza dei biotopi naturali. Ciò ha dato la possibilità di organizzare successivi incontri di approfondimento in tema di caratterizzazione dell'habitat ipogeo e della conservazione ambientale, sfruttando il filo conduttore della tutela dell'acqua.

Nel totale l'esperienza ha coinvolto:

- 5 sedi scolastiche;
- 25 classi (9 classi prime, 7 classi seconde, 8 classi terze, 1 classe quarta);
- 509 bambini (di cui 7 con disabilità).

Discussione

La procedura utilizzata sembra particolarmente funzionale e lascia ampio spazio di adattabilità tra le diverse situazioni contingenti, i diversi contesti scolastici, i tempi didattici e la composizione delle classi coinvolte.

L'esperienza conoscitiva diretta crea, tra i bambini e lo speleologo, un clima di fiducia funzionale al processo di apprendimento e interiorizzazione dei concetti. L'acquisizione di nuove informazioni porta i bambini alla costruzione di nuovi concetti e ad una visione del mondo meno superficiale. Le prime interpretazioni grossolane e basate su aspetti esteriori vistosi, vengono sostituite da teorie più complesse e da modelli di spiegazione culturalmente mediati dall'esperto speleologo e dall'insegnante.

Conclusioni

Proteus risulta essere un ottimo strumento per avvicinarsi alla dimensione del gioco e conquistare quindi l'attenzione dei più piccoli, superando in parte alcune delle paure che sono legate alle prime vere e proprie esperienze speleologiche in una reale grotta.

Il sostegno delle reciproche professionalità tra lo speleologo e l'insegnante risulta fondamentale, sia ai fini pratici dello svolgimento dell'esperienza, sia ai fini dell'introduzione dei nuovi modelli cognitivi. La collaborazione tra le due figure sopra citate, inoltre, fornisce un'idea di continuità tra il mondo scolastico e il mondo esterno, come per altro già evidenziato in altri lavori sulla didattica ambientale e speleologica.

L'esperienza con i bambini diversamente abili, si è rivelata particolarmente soddisfacente. Grazie al sostegno dei loro insegnanti e superando le barriere fisiche che una reale escursione in grotta potrebbe creare ad alcuni di questi bambini, Proteus si configura come uno strumento immediato ed efficace durante il percorso di apprendimento dei bambini, in grado di risvegliare il loro interesse e facilitare la comunicazione con noi speleologi.

Ringraziamenti

A tutti coloro che si sono sempre prodigati per Proteus e quello che rappresenta, siano essi parte dell'Unione Speleologica Pordenonese CAI o meno. Un ringraziamento particolare a GUIDO TINTINAGLIA, il papà spirituale e materiale di Proteus.

Un sentito grazie a PIERGIUSEPPE GREGORIS, AGOSTINO ROSSET e a tutta la squadra di Associaziano e della Protezione Civile di Azzano Decimo, per il loro entusiasmo e la loro disponibilità.

Grazie ad ALESSANDRO VENERUS, dirigente scolastico del plesso di Azzano Decimo, che ha fortemente creduto nel progetto e ci ha aperto le porte, "armato" di curiosità e meraviglia.

Bibliografia

NICOLINI P., CAMPAGNOLI A., 2010. *Progetto grotte. Bambini*, 2, 19-23.

VYGOTSKIJ L., 2007 [1990]. *Pensiero e linguaggio: ricerche psicologiche*. Laterza.

LA FALSA CONDIVISIONE DEL SOCIAL NETWORK E IL BISOGNO DI UN RITORNO AGLI ARCHIVI

ANDREA SCATOLINI¹

¹Associazione "La Scintilena", Narni; scintilena@gmail.com

Riassunto

Prima dell'avvento dei social network eravamo pieni di speranze per la trasformazione in atto degli utenti, da fruitori a produttori di contenuti attraverso le proprie bacheche elettroniche. Facebook alla fine è stato quello che ha vinto attraendo "tutti" sulle sue pagine, speleologi compresi. Tra giochi, inviti, commenti ad eventi politici e di costume, sornioni abbiamo infilato la speleologia tra le righe di un testo senza fine, per divulgare la speleologia oltre le nostre grotte. La facilità di creare pagine di eventi e pagine di attività ci ha spinto ad utilizzare facebook sempre, divulgando in rete concetti finora difficili da raccontare al mondo altro. Questo credevamo.

In realtà il nostro facebook ha un orizzonte limitato al numero di nostri amici, quindi le notizie se non condivise finiscono per girare all'interno di gruppi di amici con gli stessi interessi: un italiano dopo molti anni ha vinto il Tour de France, ma su facebook non ho trovato niente, perché non ho amici ciclisti. L'utente facebook è chiuso in un orizzonte limitato ai propri interessi e talvolta alla sua territorialità. L'archivio di facebook non esiste, è solo una lavagna su cui scorrono le ultime notizie, impossibile ritrovare un testo di una settimana fa.

Google, il motore di ricerca ancora più usato, non fornisce risultati di pagine facebook, ci passa i suoi spider per vedere collegamenti a pagine esterne, ma non indicizza bene le pagine facebook.

Chi utilizza solo facebook per le proprie attività sta di nuovo chiudendosi nel proprio orizzonte di amici e i suoi dati storici sono destinati a perdersi.

Ancora una volta è necessario far riferimento ai portali, ai siti di riferimento, ad una organizzazione di un archivio facilmente consultabile, alle directory, che devono necessariamente interfacciarsi a facebook che è solo una lavagna su cui i testi compaiono per un giorno o due.

Parole chiave: facebook, social network, abbaglio.

Abstract

THE FALSE SHARING OF SOCIAL NETWORK, AND THE NEED TO GO BACK TO ARCHIVES - Before the advent of social networks we were full of hope for the ongoing transformation of users, from users to producers of content through its bulletin boards. Facebook resulted successful in attracting "everyone" on its pages, including cavers. Between games, invitations, events and politic comments of customs, we slyly slipped caving between the lines of a text without end, to explain caving beyond our caves. The ease of creating event pages and pages of activity has led us to always use facebook, disclosing network concepts far more difficult to tell the world. This we thought.

Our facebook has a horizon that is limited to the number of our friends; so, if the news are not shared, they end up being limited within groups of friends with the same interests: an Italian, after many years, won the Tour de France, but on facebook I have not found anything about, because I do not have friends cyclists. The facebook user is locked within a horizon limited to its own interests and sometimes its territoriality. The archive of facebook does not exist, it is just a blackboard on which the latest news runs; it is impossible to find a text written a week ago.

Google, the search engine still most widely used, does not show the results of facebook pages, his spider to see links to external pages, but does not index the pages facebook.

Who uses facebook only is once again closing in its horizon. It is therefore necessary to refer to the portals, sites of reference, an organization to an easily accessible archive, directories, which must necessarily be interfaced to facebook, that is just a blackboard on which the texts appear for a day or two.

Keywords: facebook, social network, blunderKey.

Introduzione

Con l'avvento del web 2.0 la condivisione dei dati in rete è cambiata notevolmente, in quanto la capillarità della distribuzione delle notizie da uno a molti che era la caratteristica di ogni media tradizionale o innovativo fino alla fine degli anni '90 è stata usata per divulgare contenuti non più concentrati nelle mani di pochi, ma attraverso i social network ogni fruitore è diventato autore di contenuti.

Inquadramento sociale

I primi blog nascono negli Stati Uniti intorno al 2000 e dopo i primi siti gratuiti degli anni '90 di America On Line e Digilander, sono i primi contenuti messi in rete in comunità estese su piattaforme gratuite come Splinder e Blogger, mentre in Italia i maggiori portali per comunità erano IOL e Tin.it negli anni '90, e per quanto riguarda i blogger Clarence la fece da padrone.

Per la Speleologia italiana, molti siti vennero costruiti dentro Digilander, IOL, Tin.it, mentre Speleo.it offriva spazio gratuito; con l'avvento dei blog su Clarence Scintilena fu il blog più attivo della comunità.

In seguito le grandi piattaforme si uniformarono sulla disponibilità gratuita di blog precompilati determinando una notevole esplosione di siti su struttura blog affiancati ai più convenzionali portali SSI, Geo Cai Bassano, ecc.

Con i social network e soprattutto con facebook cambiano i gusti degli utenti, in quanto ogni fruitore/lettore tende a condividere frasi scritte da altri piuttosto che a creare contenuti con senso critico e spirito di iniziativa, così che le informazioni perdono credibilità, attendibilità, referenzialità, in quanto chiunque può esprimere pareri soggettivi e diffondere notizie false.

Analisi

Punti di Forza:

- a. La piattaforma Facebook che è il social network attualmente più usato permettere di condividere contenuti apparentemente infiniti in una comunità apparentemente infinita illimitatamente nello spazio e nel tempo.
- b. E' possibile condividere video, documenti e immagini direttamente dentro la piattaforma senza bisogno di un server di appoggio.
- c. E' possibile parcellizzare le informazioni e gli utenti secondo interessi, gusti e passioni, con la creazione di infinite pagine gruppo, eventi, societarie, locali.
- d. C'è interfaccia con Twitter e con altri social network attraverso alcune APP.
- c. Il servizio di iscrizione è gratuito.

Punti deboli:

- e. Problemi di privacy.
- f. Problemi di salvaguardia della proprietà intellettuale dei contenuti pubblicati e condivisi.
- g. Inattendibilità delle informazioni pubblicate per autoreferenzialità delle fonti.
- h. Mancanza di un motore di ricerca interno.
- i. Le notifiche dopo un giorno si perdono tra le centinaia di messaggi pubblicati in pochissimo tempo.
- l. Veniamo a conoscenza solo della attività svolte dai nostri amici che avranno più o meno i nostri stessi interessi, quindi rimaniamo all'oscuro di quello che accade fuori dalla nostra portata.
- m. Molto spesso i contenuti sono assolutamente privi di importanza.

Discussione

Visti pro e contro della piattaforma facebook passiamo ad analizzare effettivamente in cosa si concretizza facebook.

Il social network è un formidabile strumento di divulgazione di contenuti attuali, dell'oggi, verso una ristretta comunità di individui, nel tempo stesso in cui l'azione si compie o nelle giornate e ore immediatamente precedenti.

L'orizzonte divulgativo che possiamo raggiungere difficilmente supera i mille utenti, anche se video virali possono ottenere risultati stupefacenti di decine di migliaia di visualizzazioni, ma la visibilità continua ad essere limitata a poche migliaia di utenti che come primo filtro devono essere iscritti a facebook, in seconda battuta devono essere nostri amici oppure amici di nostri amici che hanno condiviso sulle loro bacheche quel contenuto, e in terza battuta devono essere collegati nel breve arco di tempo in cui quel contenuto passa tra gli ultimi contenuti in ordine di apparizione nella loro *timeline*.

Una notizia pubblicata "su facebook" per quanto riguarda la speleologia, che ci piaccia o no, quando va bene sarà visualizzata da due o tre mila persone, mentre tutto il resto dell'utenza di internauti resterà per sempre tagliata fuori dall'accesso al nostro contenuto.

Il conto di un migliaio di visualizzazioni per un contenuto non virale che tratta di speleologia è presto fatto grazie al numero di iscritti alle pagine di speleologia più attive su facebook, ovviamente riferendoci a pagine italiane, perché la nostra lingua limita l'immediatezza di lettura da parte di utenti stranieri, quindi scordiamoci le decine di migliaia di lettori per contenuti di tipo testo.

Se il numero di utenti possibili a nostra disposizione è semplicemente allarmante se ci poniamo nelle vesti di divulgatori, altrettanto disperata è la situazione del singolo utente lettore di informazioni speleologiche.

Questi non ha a disposizione un motore di ricerca, nè una banca dati, nè una directory, nè un elenco di pagine possibili; deve costantemente collegarsi per non perdersi notizie importanti da selezionare e evidenziare in mezzo ad un mare di scazzi personali, vignette, barzellette, aforismi, inviti a giochi e talvolta anche annunci economici, non sa se quello che legge è vero o meno, attendibile o meno perché risalire alle fonti a volte diventa impossibile. La sua bacheca sarà ricca di notizie locali, limitate ai suoi interessi e a quelli dei suoi amici che molto probabilmente saranno simili ai suoi, quindi attraverso un cortocircuito perverso, si convincerà che il mondo gira attorno alle sue passioni e alle sue convinzioni, rafforzate, anche se magari non corrette, dalla ripetizione nelle bacheche dei suoi amici e di chi condivide gli stessi interessi, contribuendo lui stesso alla diffusione di contenuti imprecisi, rafforzando ipotesi complottiste, di scienze alternative, di minacce inesistenti, talvolta anche pericolose per la società e per se stessi.

Controindicazioni e conclusione

La speleologia come scienza ma anche solo come disciplina non può avvalersi esclusivamente di uno strumento talmente fallace da farci dubitare della sua utilità.

Un gruppo speleologico, organizzato o meno, ma soprattutto le organizzazioni speleologiche di qualsiasi livello e con qualsiasi grado di complessità di struttura, necessitano di pagine internet più o meno tradizionali, che vengano indicizzate, e trovate da un motore di ricerca, che siano messe a disposizione del pubblico mondiale anche se pubblicate solo in italiano, perché comunque le pagine e i contenuti possono essere linkati da altri siti, da portali, da directory.

E' sbagliato affidare il proprio contenuto esclusivamente a facebook sia per i video, che per le foto che rimangono per sempre di proprietà di facebook e oltretutto diventano introvabili in bacheche di privati, singoli, gruppi, eventi.

E' necessario utilizzare la piattaforma facebook per la condivisione dei contenuti già pubblicati in rete sui nostri siti o blog per dare massima visibilità nell'immediato ad un ristretto numero di utenti connessi al nostro sito per unità di intenti e per interessi.

I siti e i portali speleologici nazionali attraverso la creazione di indici, di pagine di link e di cataloghi on line devono linkare altri siti minori di qualità perché questo collegamento riconosciuto, tangibile e fissato nel tempo determina la referenzialità degli autori di pagine non istituzionali, guidando il lettore singolo e i motori di ricerca verso dati oggettivi, attendibili, fruibili e certi.

Ringraziamenti

Si ringraziano i 191 autori di Scintilena e tutti quanti vorranno contribuire alla divulgazione libera, gratuita e quasi referenziata della speleologia italiana.

Bibliografia

CONTI L., CARNERO C., 2014. *Facebook Marketing Comunicare a vendere con il Social network*. Hoepli ,

WEBGIS E MAPPE DIGITALI: UN MODO PER CONDIVIDERE E COMUNICARE SPELEOLOGIA

FILIPPO GREGORI¹

¹ Gruppo Grotte Trevisiol – CAI Vicenza, Vicenza; fgregori@inventati.org

Riassunto

La diffusione dei dati non può prescindere dagli standard internazionali. Benché non sempre ci sia una soluzione economicamente conveniente, l'evolversi della tecnologia *open source* permette a tutti di realizzare dei lavori importanti e condividerli mantenendo alcuni parametri fissi che ne validano il risultato. Il contributo esposto intende illustrare un possibile modello di elaborazione dei dati raccolti e le possibilità di diffonderli tramite i canali web, perché comunicare il mondo ipogeo è anche dargli una collocazione precisa e condivisibile in una determinata area geografica. Lo studio si colloca nell'Altopiano di Asiago.

Parole chiave: webgis, cartografia, acquiferi carsici.

Abstract

WEBGIS AND DIGITAL MAPS: A WAY TO SHARE AND COMMUNICATE SPELEOLOGY - *The dissemination of data cannot disregard the international standards. Although there is not always a cost-effective solution, the evolution of open source technology allows everybody to create and share important works, maintaining some fixed parameters that validate the results. The contribution illustrates a possible model for the processing of data and the ability to spread them through web channels, since communicating the underground world means also to give a precise location, in a given geographical area. The study is situated in the Plateau of Asiago.*

Key words: webgis, worldmap, karst aquifer

Introduzione

Con l'approvazione della direttiva 2000/60/CE è stato necessario, da parte degli Enti amministrativi, adeguarsi ai nuovi parametri europei che dispongono nuovi standard per la qualità delle acque, superficiali e sotterranee. La stessa direttiva indica come necessario il coinvolgimento del pubblico nelle fasi di pianificazione e realizzazione di sistemi e procedure aventi lo scopo di tutelare la risorsa idrica. Se lo studio delle pianure alluvionali è stato approfondito con una certa rapidità, non si è verificato lo stesso per gli acquiferi carsici che, vista la loro complessità, non hanno ricevuto lo stesso trattamento riservato agli altri. Partendo dal presupposto che l'acqua è un bene universale, pur nella difficoltà di arrivare ad un risultato sufficientemente valido con una scarsa dotazione di mezzi, si è cercato di ragionare sul metodo di raccolta e condivisione delle informazioni che tendono a tutelare l'acqua. Si è preso in esame l'acquifero dell'Altopiano di Asiago, in quanto massiccio carsico di grandi dimensioni e ben conosciuto a livello speleologico.

Analisi e comprensione del territorio oggetto di studio

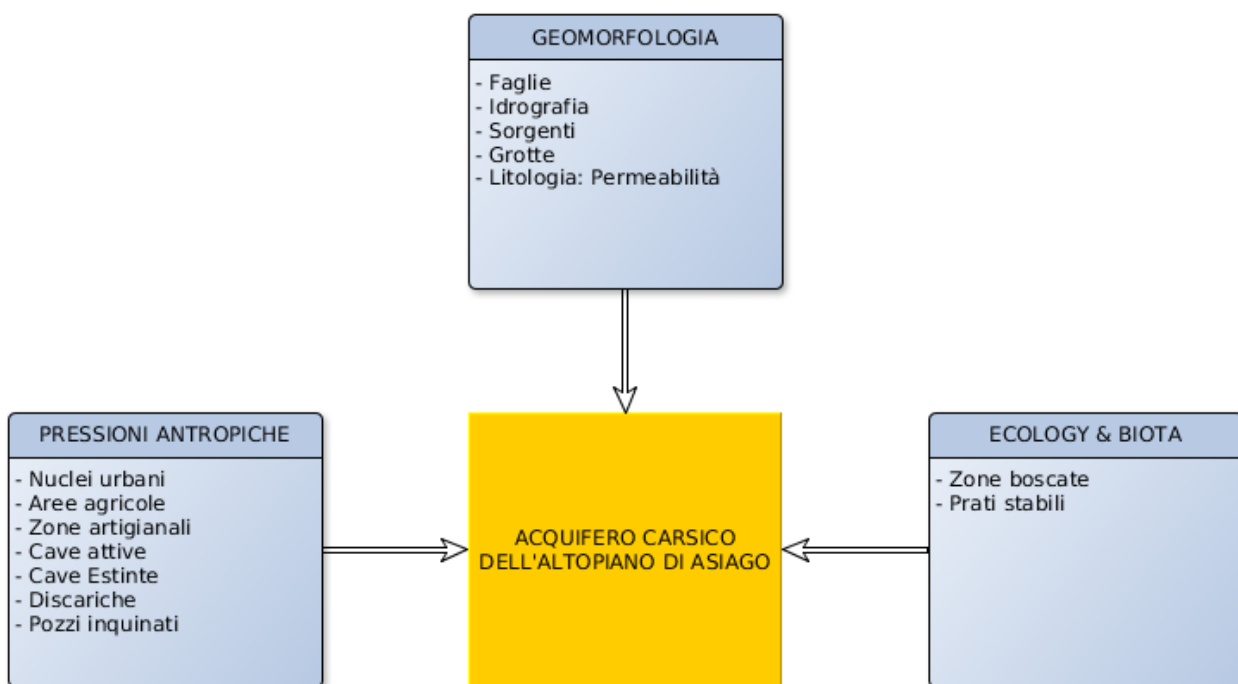


Figura 1. Classificazione del tipo di informazione.

Figure 1. Classifying the type of informations.

Seguendo il diagramma di flusso riportato in figura 1 si è scelto di classificare le informazioni a seconda di ciò che rappresentavano, individuando 3 grandi categorie:

- 1) Geomorfologia;
- 2) Ecologia e biospeleologia;
- 3) Pressioni antropiche.

Ognuna di esse raccoglie dei dati specifici che aiutano a descrivere l'area oggetto di studio.

Le informazioni sono messe a disposizione di tutta la popolazione dalla Regione Veneto e dalla Provincia di Vicenza e sono liberamente scaricabili dai portali cartografici di riferimento.

E' chiaro che le macro-categorie possono essere modificate od integrate in base a nuove o vecchie conoscenze acquisite.

Struttura del webgis

Dopo avere classificato le informazioni è stata nostra intenzione immaginare quale struttura avrebbe dovuto avere il webgis e quindi quale flusso i dati avrebbero seguito.

Viene presentato uno schema che illustra il modello concettuale e i diversi passaggi che stanno alla base del webgis proposto:

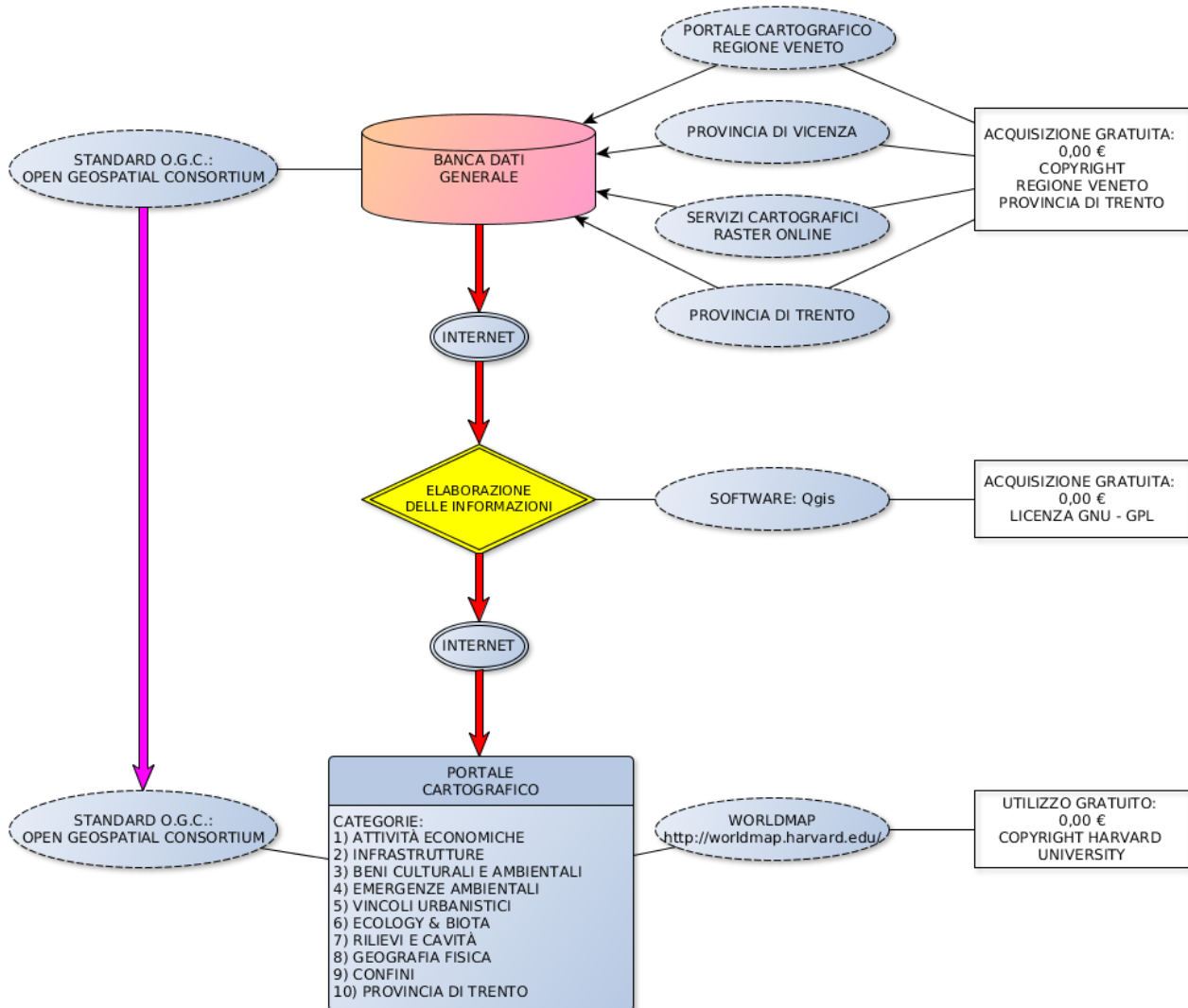


Figura 2. Modello concettuale del Webgis.

Figure 2. Conceptual model of the Webgis

Estrapolazione di dati e/o informazioni puntuali

Avendo la necessità di integrare le macro-informazioni raccolte dagli enti con il lavoro speleologico si è cercato di trovare una soluzione che permettesse la visualizzazione dei rilievi ipogei tramite il webgis realizzato. L'inserimento o la modifica del punto (ingresso grotta) in uno strato informativo può avvenire grazie a qualsiasi GIS o anche attraverso le funzioni messe a disposizione dal software Google Earth. L'estrapolazione dei dati va poi integrata con i contributi che si vogliono divulgare.



Figura 3. Rilievi cavità.

Figure 3. Cave surveys.

La tabella attributi della grotta presa come esempio è così composta:

Identify Results	Feature Details
Reset	Numero 1500
Name	Comune ASIAGO
Abisso di Malga Fossetta	Localita MALGA FOSSETTA
1500	Monte BOSCO DEI LARESE
	Valle
	Area_Carsi SC13
	Nome_Local ABISSO DI MALGA FOSSETTA
	Periodo GIURASSICO LIAS
	Sviluppo 4207.0
	Disl_Posit 0.0
	Disl_Negat 974.0
	Quota 1777
	Rilievo 3d https://skfb.ly/AFq8
	Rilievo cartaceo http://goo.gl/x3aeFE

Figura 4. Tabella attributi.

Figure 4. Attribute table.

Tramite due siti esterni, uno di modellazione 3d e uno di *storage* è stato possibile mettere a disposizione dell'utente il rilievo della cavità. Confrontare un rilievo cartaceo con l'evoluzione nelle 3 dimensioni della stessa ci può aiutare a capire come si sviluppa nello spazio.

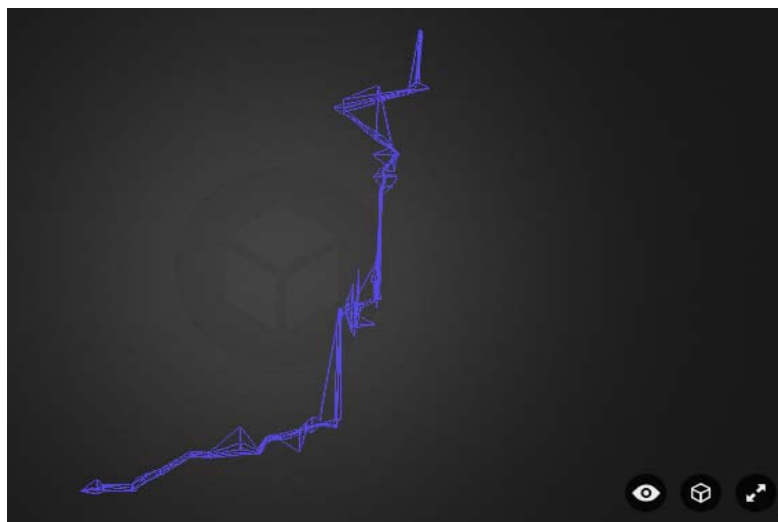


Figura 5. Rilievo 3D.

Figure 5. 3D survey.

Risultati

I risultati sono consultabili dal link:

http://worldmap.harvard.edu/maps/asiago_plateau

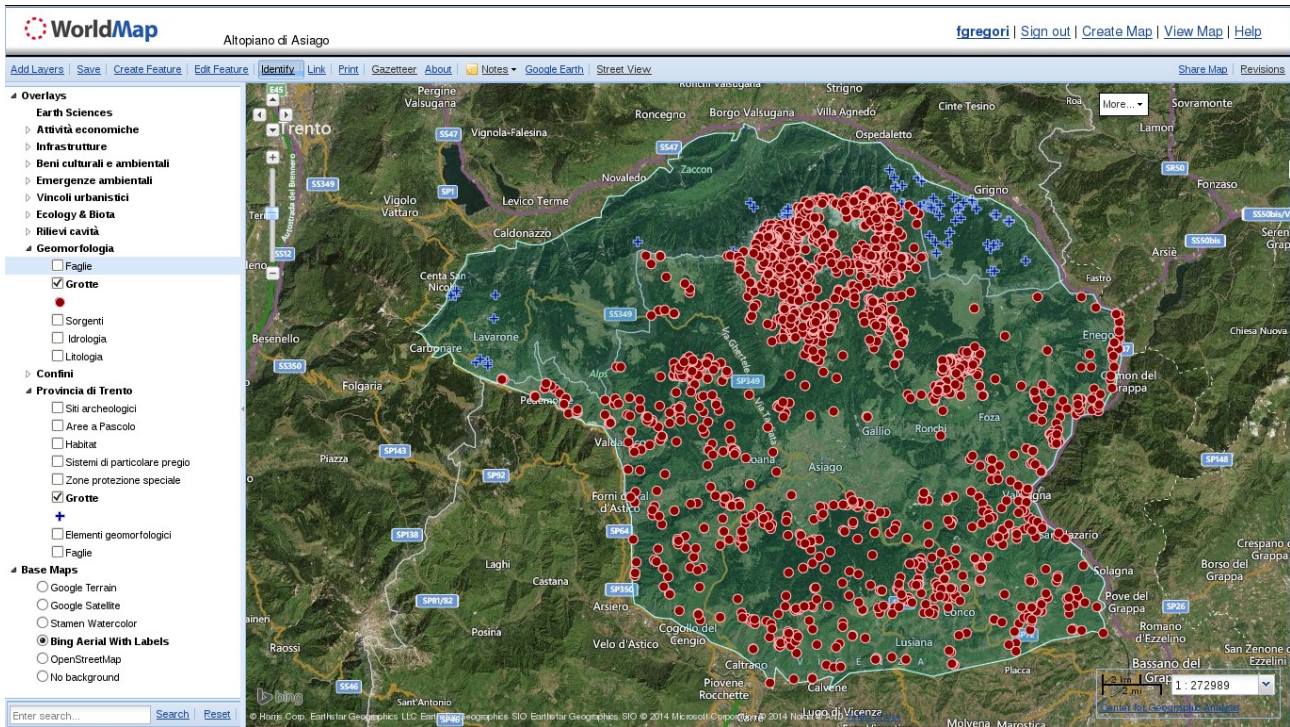


Figura 6. Webgis Altopiano di Asiago

Figure 6. Webgis of the Asiago Highplain.

Conclusioni

La ricerca di un modello informativo che garantisca qualità e semplicità alla diffusione di informazioni geografiche e territoriali ci ha portato a realizzare un'architettura informatica replicabile in ogni area oggetto di studio. Le minime informazioni richieste per l'utilizzo individuale degli strumenti potrebbero permettere ai gruppi speleologici, alle associazioni di ricerca o ai singoli individui di realizzare carte interattive di fondamentale importanza per la divulgazione e la conoscenza del territorio e della speleologia. Il tutto mantenendo costanti i parametri standard OGC, inalterati i diritti d'autore e condividendo allo stesso modo il maggior numero di informazioni possibili.

Ringraziamenti

E' doveroso ringraziare, per l'aiuto offerto nella realizzazione di questo lavoro, tutto il Gruppo grotte Trevisiol di Vicenza che mi ha sempre sostenuto quando mi sono trovato in difficoltà mentre sceglievo che strada dovevo percorrere per valorizzare gli studi che stavo affrontando. Ringrazio inoltre gli amici del Gruppo Grotte Schio per l'aiuto tecnico e materiale nel rilievo delle cavità oggetto di studio ed infine ringrazio tutti gli speleo vicentini con i quali sono stato in grotta e che continuano ad insegnarmi come si fa ad andare sottoterra.

GROTTA GIGANTE: WEB E DISPOSITIVI MOBILI PER LA DIFFUSIONE DELLA CONOSCENZA E DEI DATI

THOMAS DE MARCHI¹, ANTONIO GIACOMIN²

¹*Società Alpina delle Giulie - Sezione di Trieste del CAI, via di Donota 2, 34121 Trieste;
thomas.demarchi@grottagigante.it;*

²*Commissione Grotte "E.Boegan", via di Donota 2, 34121 Trieste; giacomini@fluido.it*

Riassunto

La Grotta Gigante, gestita dalla Commissione Grotte "E. Boegan" della Società Alpina delle Giulie – Sezione di Trieste del CAI, aperta al turismo dal 1908 e visitata attualmente da circa 80.000 persone l'anno, si propone come centro privilegiato di divulgazione della cultura scientifica speleologica verso il grande pubblico. Per meglio riuscire in questo intento la Grotta Gigante ha recentemente intrapreso un processo di modernizzazione degli strumenti di comunicazione utilizzati, abbracciando le nuove opportunità fornite dal web e dai dispositivi mobili.

Nel 2014 sono state infatti sviluppate applicazioni per i-phone e android che propongono in sei diverse lingue l'audioguida della grotta con approfondimenti sul fenomeno carsico e sono state realizzate schede scaricabili su dispositivi mobili tramite QR-code con dettagli sugli argomenti trattati nel Museo Scientifico Speleologico e nel corso della visita alla grotta. Per consentire il download dei dati è stata resa disponibile all'interno della Grotta Gigante una rete internet Wi-Fi libera. Tali strumenti che potenziano ulteriormente la diffusione della conoscenza via web si affiancano agli altri già in uso tra cui il sito internet, il canale Youtube e i social network (Facebook, Twitter e Instagram), nonché ai metodi classici quali visite guidate, attività didattiche, mostre e conferenze.

Parole chiave: divulgazione, web, dispositivi mobili, Grotta Gigante.

Abstract

GROTTA GIGANTE: WEB AND MOBILE DEVICES FOR KNOWLEDGE AND DATA DISSEMINATION - *The Grotta Gigante was opened to tourism in 1908 and it is run by the "Commissione Grotte E. Boegan" of the Società Alpina delle Giulie (Alpine club of Trieste). It has become a site of scientific dissemination of speleological culture for the general public. There are approximately 80.000 visitors per year.*

To keep up with this intent, the Grotta Gigante has started a process of modernization of the communication media enclosing new opportunities offered by mobile devices and the web. In 2014 applications for iPhone and Android have been developed: they provide an audio guide of the cave in six different languages and some in-depth analysis of the karst phenomenon. Further, it is possible to download information concerning the Scientific Speleological Museum and the topics of the visit on mobile devices using the QR-code. To make this possible a free Wi-Fi internet connection is available inside the Grotta Gigante. These instruments enhance the dissemination of knowledge through the web together with the web site, the social networks (Facebook, Twitter and Instagram), the guided tours, didactic works, exhibitions and conferences.

Key words: dissemination, web, mobile, Grotta Gigante.

Introduzione

La Commissione Grotte "E. Boegan" è attiva nell'ambito della speleologia fin dal 1883, e da allora è impegnata sia nell'esplorazione che nella ricerca scientifica collaborando con università, musei, enti ed istituzioni a livello sia nazionale che internazionale. Affianco a quest'attività di "produzione dei dati" la Commissione Grotte "E. Boegan" si pone l'ulteriore missione della "comunicazione dei dati", divulgando le conoscenze acquisite tramite canali differenziati sia a specialisti che al grande pubblico. Si ricordano in merito la stampa della rivista di settore "Progressione" ed il catasto storico delle grotte del Friuli Venezia Giulia disponibile online sul sito web www.boegan.it, dedicati a chi già si interessa di speleologia. Uno strumento di enorme efficacia per raggiungere

il vasto pubblico, composto da semplici curiosi, è invece certamente la Grotta Gigante, cavità carsica turistica situata sul Carso Classico in provincia di Trieste, gestita appunto dalla Commissione Grotte "E. Boegan". Presso la grotta vengono proposte tutto l'anno visite guidate condotte da personale esperto, allo scopo di introdurre i visitatori alla speleologia nei suoi vari aspetti: storia, tecniche, ricerche scientifiche, importanza per la tutela delle risorse idriche.

Dal 2012 presso la grotta vengono proposte alle scuole speciali attività didattiche, mentre nel 2014 è stato rinnovato nel Centro accoglienza visitatori della Grotta Gigante, grazie anche ad un contributo del MIUR, il Museo Scientifico Speleologico, inaugurato nel 1963 quale primo museo speleologico d'Italia. Ogni anno, grazie alle visite guidate condotte nella Grotta Gigante, la Commissione Grotte "E. Boegan" è capace di trasmettere le nozioni base della speleologia e del carsismo a circa 80.000 persone.

Dal 2011 inoltre si è deciso di potenziare gli strumenti di comunicazione web a disposizione della Grotta Gigante per rendere ancora più incisiva l'azione di divulgazione e informazione, con la realizzazione di un nuovo sito internet, l'utilizzo dei social network e la realizzazione di applicazioni per dispositivi mobili.

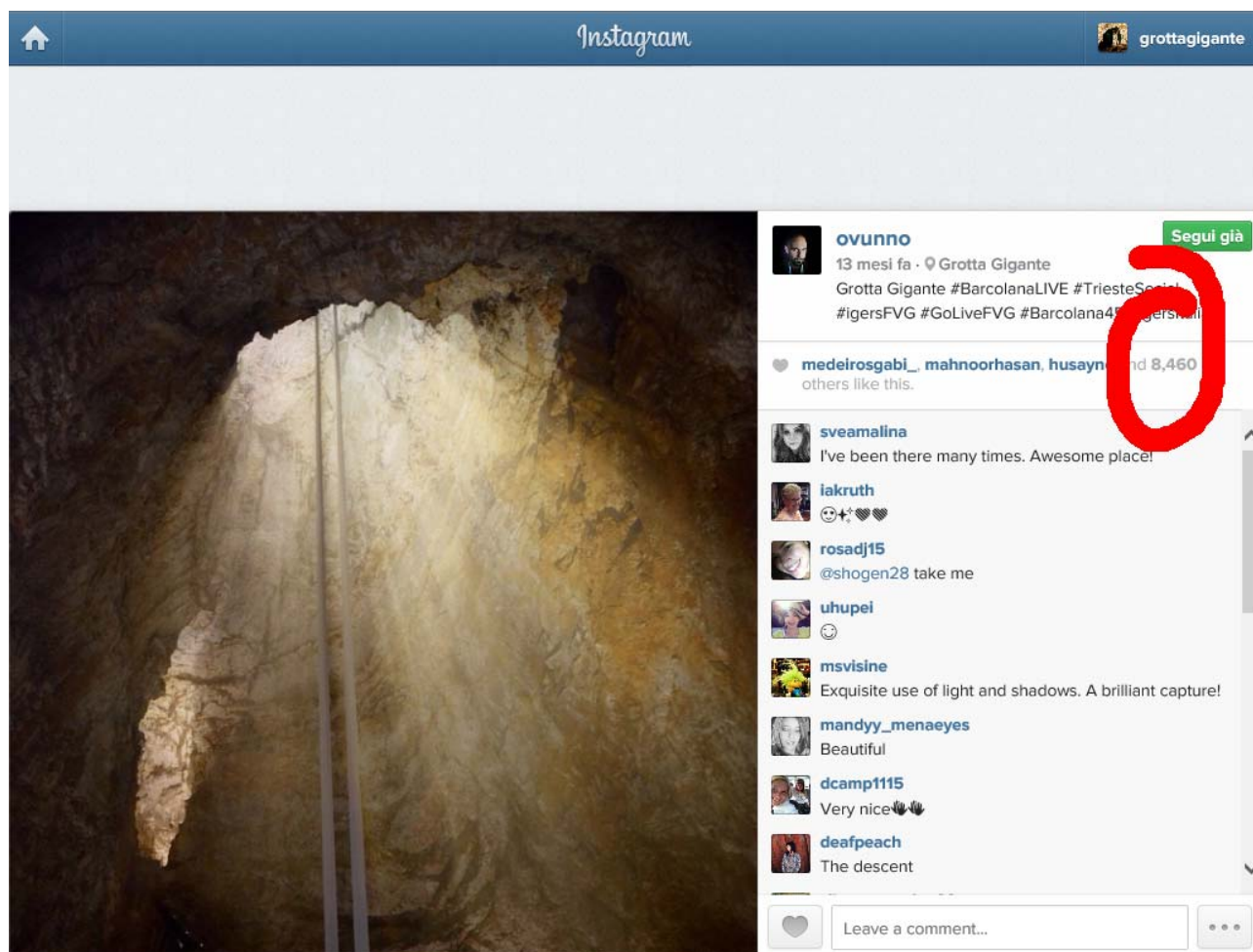


Figura 1. La foto della Grotta Gigante pubblicata su Instagram da @Ovunno che ha ottenuto 8.460 "mi piace".

Figure 1. Picture of Grotta Gigante posted on Instagram by @Ovunno, that obtained 8.463 "like".

Inquadramento geografico/geologico/etc.

La Grotta Gigante è una cavità carsica turistica di eccezionali dimensioni la cui sala principale, rilevata con tecnologia laser scanner dall'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica sperimentale (OGS), misura oltre 300.000 metri cubi. La grotta è situata in località Borgo Grotta Gigante, in comune di Sgonico, a soli 10 km dal centro di Trieste. La posizione facilmente raggiungibile e le dimensioni spettacolari rendono la Grotta Gigante il luogo ideale per formare e informare il pubblico sulle tematiche inerenti la speleologia.

Metodi

La sempre maggior diffusione di internet e dei dispositivi mobili, quali smartphone e tablet, come strumenti di

informazione, ha spinto la Commissione Grotte “E. Boegan” a potenziare i mezzi a disposizione della Grotta Gigante, al duplice scopo di promuovere la grotta stessa e di veicolare tramite i canali web della grotta i dati acquisiti nel corso di esplorazioni e ricerche speleologiche.

Nel 2011 è stato realizzato l’attuale sito internet della Grotta Gigante (www.grottagigante.it), disponibile in italiano, inglese, tedesco e sloveno. Oltre alle informazioni turistiche relative alle visite alla grotta, il sito propone anche la storia dell’esplorazione speleologica del territorio, i risultati delle ricerche scientifiche condotte nella grotta e news sulle attività recenti. Da quando è stato realizzato, le visite al sito internet sono in continua ascesa: i “visitatori diversi” erano 68.617 nel 2012, 85.523 nel 2013 e 115.174 nel 2014 (tenendo conto che i dati per il 2014 sono parziali al momento della stesura del presente lavoro, in quanto limitati al periodo 1 gennaio – 29 ottobre), a dimostrazione dell’importanza tuttora crescente del web per la comunicazione.

Per quanto concerne l’utilizzo dei social network, nel 2011 è stato aperto l’account Facebook (www.facebook.com/GrottaGigante) per aggiornare il pubblico sulle attività della Grotta Gigante ma anche per divulgare informazioni di argomento speleologico, quali la speleobiologia, le tecniche di rilievo, la modalità di formazione e accrescimento degli speleotemi, ecc. Allo stesso scopo sono stati in seguito attivati gli account Twitter (twitter.com/grottagigante) e Instagram (instagram.com/grottagigante), oltre al canale Youtube (www.youtube.com/grottagigantetrieste).

Di grandissimo impatto si rivela su tutti i social network l’utilizzo di immagini (Fig. 1) e video. Molto importante si è dimostrata anche la capacità di interessare rapporti con realtà locali e non, dotate di grande visibilità sui social network (Fig. 2), disposte a condividere tramite i propri account le informazioni divulgate moltiplicandone la diffusione.

Nel 2014, in occasione del rinnovo integrale dell’allestimento del Museo Scientifico Speleologico della Grotta Gigante, si è deciso di migliorare l’efficacia della diffusione delle informazioni divulgate dai tradizionali pannelli esplicativi grazie all’utilizzo di Qr-code (Fig. 3). Pressochè tutti gli smartphone in commercio hanno infatti già installate al momento dell’acquisto, o hanno comunque la possibilità di installare gratuitamente, applicazioni capaci di leggere i codici Qr per scaricare documenti online o visitare pagine web. Nel caso della Grotta Gigante tutti i pannelli esplicativi del Museo e alcuni approfondimenti, correlati di immagini e schemi, sono stati caricati sul sito www.grottagigante.it in formato pdf e sono stati in seguito generati i relativi codici Qr per il download di ogni singolo pannello. I codici Qr sono stati quindi stampati sui pannelli esplicativi esposti nel Museo, per consentire al visitatore curioso di acquisirli con il proprio smartphone “portando a casa” le informazioni che ritiene più interessanti. Sia la visita al Museo che il download dei dati sono gratuiti, per consentire un accesso alle informazioni più ampio possibile.

Un ulteriore modo di utilizzare il web per permettere al pubblico l’accesso ad un maggior numero di informazioni, oltre che di conservarle in modo permanente (un limite della visita guidata alla grotta e al museo è di essere eventi limitati nel tempo), è la realizzazione di applicazioni dedicate a dispositivi mobili (smartphone e tablet). Nel 2014, con finanziamento del MIUR, la Commissione Grotte “E. Boegan” ha realizzato un’applicazione disponibile gratuitamente sia per sistema Android (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.divulgando.grottagigante.app>) che per iOS (<https://itunes.apple.com/it/app/grotta-gigante-trieste/id907077338?mt=8>), contenente l’audio-video guida della Grotta Gigante, con approfondimenti sul fenomeno carsico e sulla speleologia in generale. L’applicazione è disponibile in italiano, inglese, tedesco, spagnolo, francese e russo, per soddisfare il pubblico internazionale. Tale applicazione, oltre che costituire un valido strumento di approfondimento sui temi di carsismo e speleologia, costituisce una guida personale della Grotta Gigante a disposizione gratuita dei visitatori. Per incrementare la diffusione dell’applicazione sono stati generati appositi Qr-code stampati sia sui depliant informativi che su *roll-up* e locandine con il collegamento al relativo *web store* per il download.

Al fine di agevolare l’utilizzo degli strumenti menzionati, presso il Centro accoglienza visitatori ed il Museo Scientifico Speleologico della Grotta Gigante, nonchè all’interno della Grotta Gigante stessa, è disponibile l’accesso gratuito alla rete internet Wi-Fi. In particolare all’interno della grotta sono stati posizionati un *router* che trasporta il segnale dall’esterno grazie a fibra ottica e alcune antenne per la trasmissione del segnale. L’applicazione per Android e iOS precedentemente menzionata è comunque generata per funzionare offline una volta effettuato il download, al fine di evitare problematiche derivanti da possibili guasti o sovraccarichi della linea.

Risultati

Per quanto l’efficacia delle informazioni trasmesse al pubblico sia di difficile valutazione, non possiamo che

ritenere positivo l'utilizzo di una divulgazione “multicanale” dei dati, affiancando alle metodologie tradizionali le nuove tecnologie. Possiamo piuttosto analizzare i numeri di persone raggiunte grazie agli strumenti web utilizzati per trasmettere informazioni scientifiche relative alla speleologia o anche solo per diffondere immagini o video allo scopo di avvicinare il pubblico “profano” alle bellezze del sottosuolo, primo passo per la costruzione di un più radicato interesse e rispetto per l'ambiente sotterraneo.

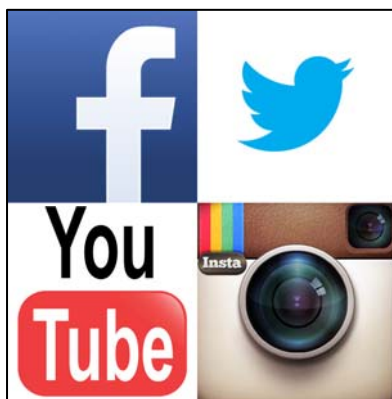


Figura 2. I loghi dei principali social network utilizzati dalla Grotta Gigante: Facebook, Twitter, Youtube e Instagram.

Figure 2. Logos of main social networks used by Grotta Gigante: Facebook, Twitter, Youtube and Instagram



Figura 3. Il codice Qr per il download su dispositivi mobili del pannello esposto nel Museo Scientifico Speleologico della Grotta Gigante dedicato alla nascita della speleologia.

Figure 3. Qr-code for the download of the panel of speleology displayed in the Scientific Speleological Museum of Grotta Gigante.

A tal proposito riportiamo i dati relativi alle visite al sito internet www.grottagigante.it: i “visitatori diversi” erano 68.617 nel 2012, 85.523 nel 2013 e 115.174 nel 2014 (tenendo conto che i dati per il 2014 sono parziali al momento della stesura del presente lavoro, in quanto limitati al periodo 1 gennaio – 29 ottobre). La crescita del numero dei visitatori dimostra l'efficacia dello strumento e l'importanza che il web ricopre nella comunicazione. I “fans” della pagina Facebook, ottenuti senza inserzioni a pagamento, al 29 ottobre 2014 sono 4.095, ed il loro numero si mostra in crescita costante. A dimostrare il successo di Instagram si evidenzia la portata di visibilità di due immagini della Grotta Gigante, la prima (Fig. 1) scattata e condivisa dal fotografo spagnolo @Ovunno in visita alla Grotta Gigante in occasione della “Barcolana 2013” con un gruppo di altri blogger, che ha ottenuto 8.463 “mi piace”, la seconda (Fig. 4) condivisa da @IgersItalia dopo l'evento “InstameetItalia4” che ha radunato a Trieste nel settembre 2014 un folto gruppo di Instagramers nazionali, che ha ricevuto 1.221 “mi piace”.

Per Twitter possiamo menzionare l'importanza di numerose realtà locali particolarmente attive nell'utilizzo dei social network per la promozione del territorio che fungono da “hub” condividendo le informazioni trasmesse da Grotta Gigante moltiplicandone notevolmente l'efficacia. Il successo delle applicazioni per smartphone con l'audio-video guida della Grotta Gigante e dei Qr-code applicati ai pannelli esplicativi del Museo Scientifico Speleologico della Grotta Gigante non è invece tuttora quantificabile in quanto tali strumenti sono disponibili da un tempo eccessivamente ridotto (un mese circa) al momento della stesura del presente lavoro.

Discussione e Conclusioni

La Commissione Grotte “E. Boegan”, impegnata nell'attività di diffondere e divulgare la cultura speleologica nei suoi vari aspetti, ha scelto a partire dal 2011 di intensificare l'utilizzo del web a tale scopo, sfruttando i differenti canali che esso mette a disposizione. Si sono già potuti apprezzare i notevoli risultati di tale azione in termini di pubblico raggiunto. Il maggior vantaggio di internet rispetto ai mezzi di comunicazione tradizionali, oltre all'importante abbattimento dei costi, è certamente la possibilità di raggiungere un pubblico nuovo che da solo difficilmente si avvicinerebbe al mondo della speleologia, ma che grazie alla “viralità” tipica soprattutto dei *social network* viene approcciato in modo “passivo” con l'eventualità di rimanere interessato e coinvolto. L'utilizzo di internet nella comunicazione non deve tuttavia sostituire i metodi di comunicazione e divulgazione tradizionali, ma affiancarli in modo complementare.

Ringraziamenti

Si ringraziano tutti coloro che contribuiscono alla diffusione dei dati trasmessi sui canali internet dalla Grotta Gigante aumentandone la visibilità: in particolare @TriesteSocial, @Triesteraccontatrieste, @Tourpertrieste, @GoodMorningTrieste, @Igersitalia, @Igersfvg, @Igersud, @fluidotv.



Figura 4. La foto della Grotta Gigante pubblicata su Instagram da @Igersitalia che ha ottenuto 1.221 “mi piace”.

Figure 4. Picture of Grotta Gigante posted on Instagram by @Igersitalia obtaining 1.221 “like”.

RECENTI INDAGINI SUL SISTEMA CARSIKO DI SANT'ANGELO MUXARO (SICILIA CENTRALE)

MARCO VATTANO^{1,2}, MARCO M. INTERLANDI³, GIOVANNI BUSCAGLIA^{3,4}, GIULIANA MADONIA^{1,2}

¹ Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare, Università di Palermo, via Archirafi 22, 90123 Palermo; marco.vattano@unipa.it, giuliana.madonia@unipa.it

² ANS "Le Taddarite", via Terrasanta 46, 90141 Palermo

³ Legambiente CRS, via Messina 1, 92020 Sant'Angelo Muxaro (AG); s.angelomuxaro@legambienteriserve.it

⁴ GS Kamikos, Via Michelangelo 26, 92020 Sant'Angelo Muxaro (AG)

Riassunto

Il sistema carsico di Sant'Angelo Muxaro si sviluppa in corrispondenza del rilievo gessoso su cui sorge l'abitato omonimo, nel centro Sicilia, in provincia di Agrigento. Tale sistema è costituito da due inghiottitoi attivi (Grotta di Sant'Angelo Muxaro o localmente Grotta Ciavuli e Inghiottitoio Infantino), che si aprono al termine di due valli cieche alla base del versante meridionale del rilievo, e da una risorgenza attiva, ubicata alle pendici del versante nord-occidentale dello stesso rilievo.

Le prime esplorazioni speleologiche e l'attività di ricerca in questo sistema nei gessi messiniani della Sicilia, escludendo le segnalazioni del geografo Olinto Marinelli, sono cominciate tra la fine degli anni '80 e la metà degli anni '90, quando è stata topografata e descritta la Grotta di Sant'Angelo Muxaro ed esplorato l'Inghiottitoio Infantino. Solo a partire dal 2004 le ricerche si sono rivolte anche alla risorgenza. Nell'ambito di studi di carattere geomorfologico effettuati nell'area, è stato realizzato un nuovo rilievo topografico e geomorfologico della Grotta di Sant'Angelo Muxaro. In questa occasione sono stati scoperti alcuni rami nuovi, caratterizzati dalla presenza di particolari speleotemi gessosi. In questo contributo verrà descritto il sistema carsico nel suo complesso, anche alla luce delle nuove scoperte.

Parole chiave: Grotta di Sant'Angelo Muxaro, Riserva naturale speleologica, sistema carsico nei gessi

Abstract

RECENT SURVEYS IN THE KARST SYSTEM OF SANT'ANGELO MUXARO (CENTRAL SICILY) - *The Sant'Angelo Muxaro karst system is developed in a gypsum relief on which stands the homonymous village, in the center of Sicily, in the province of Agrigento. This system consists of two active sink caves (Grotta di Sant'Angelo Muxaro or locally Grotta Ciavuli and Inghiottitoio Infantino), which open at the end of two blind valleys at the base of the southern slope of the relief, and an active resurgence, located at the foot of the northwestern slope of the same relief.*

The first speleological explorations and research activity in this Messinian gypsum karst system, excluding the study carried out by the geographer Olinto Marinelli, began in the late 80s and mid-90s, when the Grotta di Sant'Angelo was surveyed and described, and the Inghiottitoio Infantino was explored. Only since 2007, the research was directed to the resurgence. Within the framework of geomorphological studies carried out in the area, a new topographical and geomorphological survey of the Grotta di Sant'Angelo Muxaro was made. In this occasion some new branches characterized by the presence of particular gypsum speleothems were discovered. The aim of this paper is to describe the whole karst system, also in the light of the new discoveries.

Key words: Sant'Angelo Muxaro cave, speleological nature reserve, gypsum karst system.

Introduzione

Ubicato nel centro Sicilia il sistema carsico di S. Angelo Muxaro si sviluppa in corrispondenza del rilievo gessoso su cui sorge l'abitato omonimo. Il sistema è costituito da due inghiottitoi (Grotta di S. Angelo Muxaro o Grotta Ciavuli e Inghiottitoio Infantino), che si aprono alla fine di due valli cieche alla base del versante meridionale del rilievo, e da una risorgenza attiva, ubicata alle pendici del versante nord-occidentale dello stesso rilievo (Fig. 1). Dal 2000 la Grotta di Sant'Angelo Muxaro, l'Inghiottitoio Infantino e una parte del loro bacino di alimentazione, per un totale di circa 21 ettari, sono tutelati come Riserva Naturale Integrale, istituita dalla

Regione Sicilia, in quanto cavità che rivestono un notevole interesse per lo studio della circolazione idrica attuale e passata e della speleogenesi in rocce gessose. Attualmente la risorgenza è al di fuori dell'area tutelata, ma sono in corso le procedure da parte dell'ente gestore - Legambiente Sicilia - per inserirla all'interno dell'area protetta.

I primi studi su questa area carsica si devono a MARINELLI (1917, *cum bibl.*), il quale aveva effettuato una descrizione degli inghiottitoi, a quel tempo tutti accessibili, e delle rispettive valli cieche. La Grotta di S. Angelo Muxaro, conosciuta da sempre dalla popolazione locale, è stata per la prima volta rilevata e descritta negli anni novanta (PANZICA LA MANNA, 1995), ma nuovi rami scoperti e studi eseguiti al suo interno, hanno richiesto l'aggiornamento della topografia.

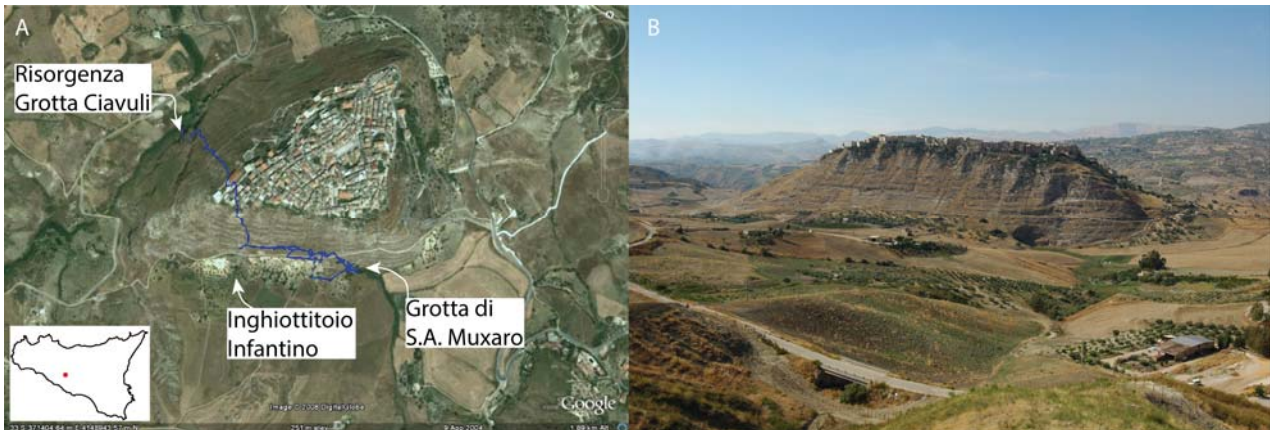


Figura 1. A: Immagine satellitare del rilievo su cui sorge l'abitato di S. Angelo Muxaro, con indicate le grotte che compongono l'omonimo sistema carsico. In azzurro le poligonali delle cavità rilevate (mod. da Google Earth); B: Vista della valle cieca che alimenta la Grotta di S. Angelo Muxaro (foto M. VATTANO).

Figure 1. A: Satellite image of the S. Angelo Muxaro relief with the localization of the caves composing the karst system. The blue lines highlight the surveyed caves (after Google Earth); B: View of the blind valley which feeds the Grotta di S. Angelo Muxaro (photo M. VATTANO).

Inquadramento geologico e geomorfologico

Nell'area in cui si sviluppa il sistema carsico affiorano rocce evaporitiche appartenenti al Gruppo Gessoso-Solfifero del Messiniano (DECIMA & WEZEL, 1971; CATALANO et al., in CITA, 2007). Le evaporiti sono qui rappresentate da gessi selenitici in spessi banconi, gessi laminati, gessi detritici, con sottili intercalazioni di marne gessose, marne e carbonati evaporitici. I gessi giacciono al di sopra di argille, argille marnose e sabbiose del Serravalliano medio-Tortoniano inferiore e, a luoghi, su diatomiti e marne tripolacee della formazione Tripoli (Messiniano inferiore). La successione rocciosa è interessata da sistemi di faglia N-S, NE-SW e NW-SE di età plio-pleistocenica (VATTANO, 2008) che hanno determinato contatti laterali tra le unità gessose e quelle terrigene. L'area è contraddistinta dalla presenza di rilievi gessosi isolati e di estesi versanti a componente argillosa che hanno favorito da un lato lo sviluppo di numerose forme carsiche (karren, bolle di scollamento e cupole, doline di soluzione), dall'altro estese valli cieche allogeniche, tra cui le tre che, dopo un decorso circa nord-sud, terminano alla base del versante meridionale del rilievo sui cui sorge il centro abitato, alimentando il sistema carsico sotterraneo (MACALUSO & SAURO, 1996; FERRARESE et al., 2002; VATTANO, 2008).

Il sistema carsico

Inghiottitoio Infantino

L'Inghiottitoio Infantino si apre alla fine della valle cieca immediatamente a ovest della Grotta di S. Angelo Muxaro (Fig. 1). La cavità è attiva in funzione degli apporti meteorici, ma tende ad essere periodicamente occlusa da sedimenti, rami e tronchi trasportati dal corso d'acqua.

Durante le attività di un campo speleologico tenutosi agli inizi degli anni '90, l'inghiottitoio venne esplorato fino al raggiungimento della galleria attiva della Grotta di S. Angelo Muxaro (PANZICA LA MANNA, comunicazione personale), ma purtroppo in quell'occasione non venne effettuato il rilievo topografico e negli anni a seguire l'accesso alla grotta è risultato impossibile. La comunicazione tra questa due cavità ha fatto sì che anche questa grotta venisse inclusa nell'area della RNI e tutelata come zona A.

L'Inghiottitoio Infantino, per quanto oggi possibile visitare, è costituito da un ingresso di notevoli dimensioni

caratterizzato dalla volta piatta, in relazione alla giacitura sub-orizzontale degli strati gessosi (Fig. 2A). Nella parte più settentrionale di questoantro è presente un pozzo, profondo circa 10 m, che conduce ad una piccola galleria periodicamente non percorribile a causa della sua occlusione.



Figura 2. A: Inghiottitoio Infantino, ingresso della cavità con volta piatta; B: Grotta di S. Angelo Muxaro, seconda sala con in evidenza il piano di faglia e le breccie sul tetto; C: Grotta di S. Angelo Muxaro, rami di nuova scoperta caratterizzati dal controllo strutturale e massi di crollo (foto M. VATTANO).

Figure 2. A: Entrance of the Inghiottitoio Infantino with a flat roof due to gypsum bedding; B: Grotta di S. Angelo Muxaro, big chamber carved along a fault zone; C: One of the new branches of the Grotta S. Angelo Muxaro, characterized by a strong structural control and breakdown deposits (photo M. VATTANO).

Grotta di S. Angelo Muxaro o Grotta Ciavuli (Si/AG 2008)

La Grotta di S. Angelo Muxaro si apre alla fine della valle cieca più orientale tra quelle che alimentano l'intero sistema. Si imposta lungo linee di discontinuità orientate prevalentemente in direzione circa E-O e N-S e subordinatamente NE-SO, articolandosi su due livelli sovrapposti, per uno sviluppo complessivo di 1760 m e un dislivello di -34 m (Figg. 3 e 4).

Il livello superiore inattivo è caratterizzato quasi interamente da ambienti ampi, la cui morfologia è influenzata dalla struttura e da imponenti fenomeni gravitativi. Il tratto iniziale è costituito da due grandi sale di crollo, separate da una breve galleria meandriforme, impostate lungo un piano di faglia orientato E-O, coincidente con le pareti nord delle sale. Il movimento tettonico è testimoniato anche dalla presenza di breccia di faglia sul tetto della sala più interna (Fig. 2B). Diffusi crolli modificano l'originaria morfologia di questi vani. La grotta si articola quindi, lungo la stessa direttrice tettonica, attraverso una galleria a forra, individuata durante le recenti fasi di studio della cavità, interessata da numerosi crolli e dalla presenza di cospicui depositi alluvionali a componente argillosa che a luoghi ne hanno favorito un'evoluzione paragenetica (Fig. 2C). Questo ramo prosegue sovrapponendosi per circa 80 m alla galleria inferiore attiva, alla quale si collega tra i blocchi di crollo in quattro settori. In questi ambienti sono presenti cristallizzazioni gessose di diversa tipologia, tra cui cristalli di gesso lenticolari accresciutisi tra i sedimenti argilloso-sabbiosi, cristalli di gesso coralloidi legati alla risalita capillare da piccoli ristagni d'acqua (Fig. 5A).

Il ramo attivo della grotta, ubicato a quota inferiore, è costituito da due gallerie collegate tra loro solo idrologicamente tramite un sifone. Si distingue una galleria, estesa circa 170 m, alimentata direttamente dall'inghiottitoio, e una galleria drenante che non presenta connessioni percorribili né con il suo punto assorbente, né con quello di risorgenza e che costituisce gran parte della grotta ad oggi conosciuta. La prima galleria dopo un tratto iniziale interessato da crolli diffusi, prosegue con un andamento prevalentemente meandriforme e con un progressivo abbassamento della volta fino a un sifone (Fig. 5B). Le acque sifonanti riemergono circa 20 m a nord, nel settore più occidentale della galleria drenante. Quest'ultima presenta un andamento prevalentemente rettilineo impostandosi inizialmente lungo linee di frattura orientate E-O e SO-NE.

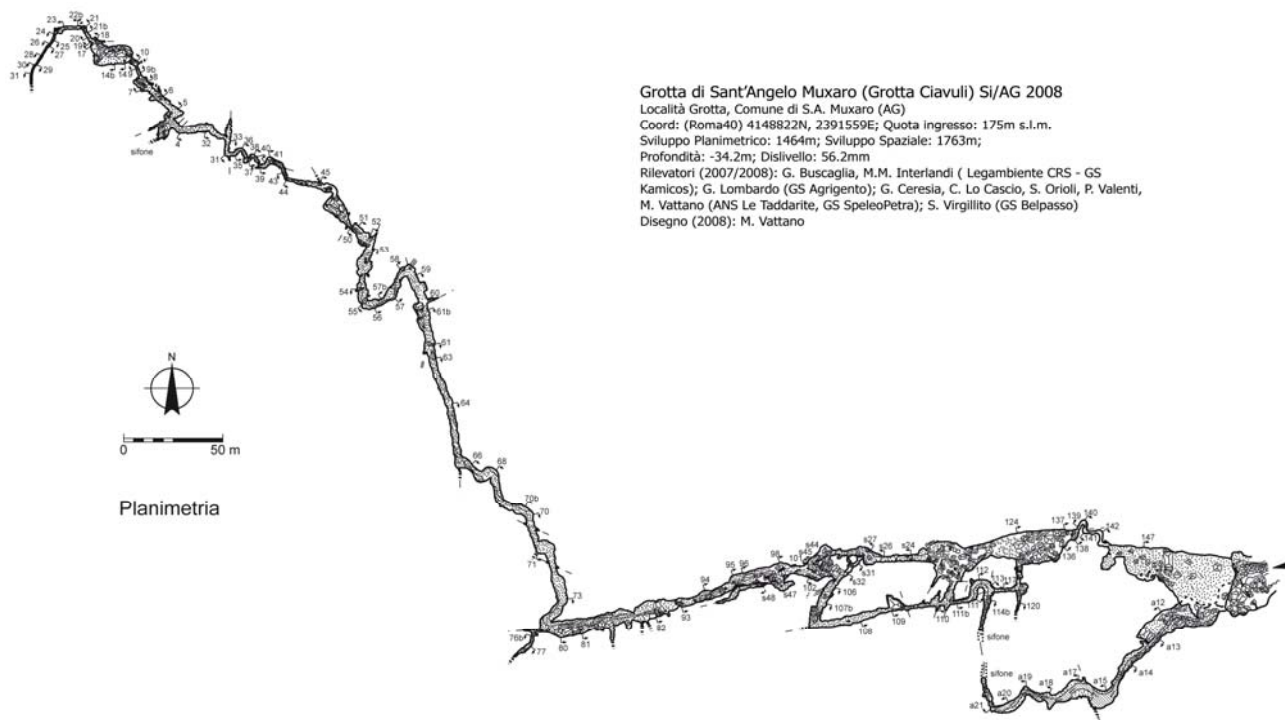


Figura 3. Planimetria della Grotta di S. Angelo Muxaro (mod. da VATTANO, 2008).

Figure 3. Plan of the Grotta di S. Angelo Muxaro (after VATTANO, 2008).

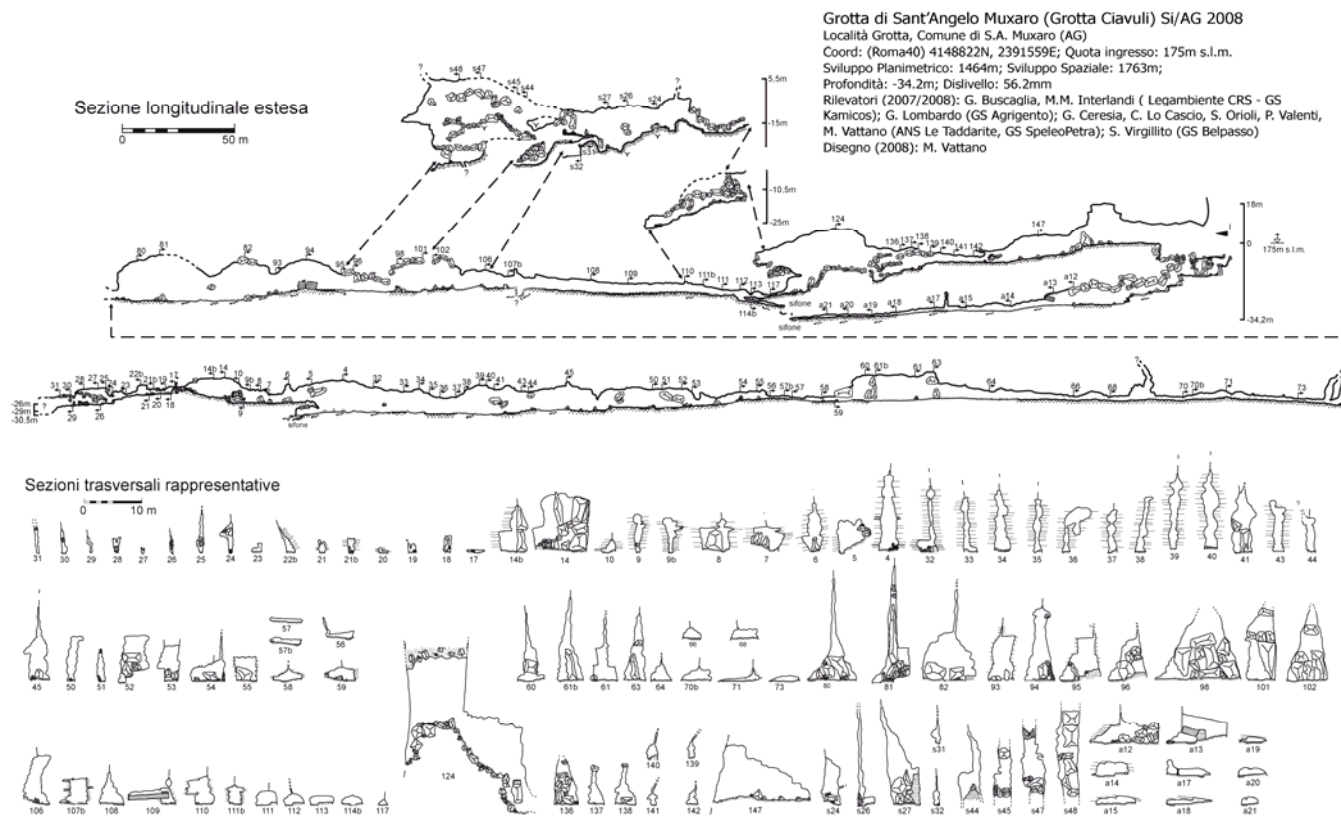


Figura 4. Sezione longitudinale estesa e sezioni trasversali rappresentative della Grotta di S. Angelo Muxaro (mod. da VATTANO, 2008).

Figure 4. Longitudinal and representative cross-sections of the Grotta di S. Angelo Muxaro (after VATTANO, 2008).

Le pareti sono incise a diverse altezze da marcati incavi di dissoluzione testimoniati i vari livelli di scorrimento dell'acqua (Fig. 5C), e sono interessate da movimenti gravitativi, favoriti da fenomeni di scalzamento alla base da parte del corso d'acqua sotterraneo, che a luoghi sono responsabili dell'asimmetria della morfologia delle

pareti stesse. Proseguendo verso il fondo la galleria si sviluppa in direzione prevalente SE-NO alternando tratti a volta bassa e tratti con morfologia a forra, fino ad una piccola sala dove l'acqua sifona. Laddove avviene il cambio di direzione è ipotizzabile che confluiscono i rami dell'Inghiottitoio Infantino. Dalla sala in cui è ubicato il sifone si sviluppa un altro ramo inattivo diretto verso il versante nord del rilievo gessoso. Questo ramo è costituito da ambienti abbastanza ampi in cui sono presenti ingenti depositi a componente argillosa che hanno



Figura 5. Grotta di S. Angelo Muxaro. A: Speleotemi gessosi nei rami di nuova scoperta; B: Galleria del Ramo attivo C: Galleria inferiore con incavi di dissoluzione a pelo libero; D: Risorgenza della Grotta Ciavuli, laghetto in prossimità dell'uscita (foto M. VATTANO).

Figure 5. Grotta di S. Angelo Muxaro. A: Gypsum speleothems in the new branches; B: Passage of the active branch; C: Lower gallery with several dissolution notches; D: Risorgenza della Grotta Ciavuli, small pool near to the exit of the cave (photo M. VATTANO).

permesso la formazione di diverse forme paragenetiche. Questo ramo, che si restringe progressivamente fino a diventare impraticabile, si trova a pochi metri dalla superficie esterna, poco più a nord dell'attuale risorgenza del sistema carsico.

Risorgenza della Grotta Ciavuli (Si/AG 2065)

La Risorgenza della Grotta Ciavuli è una piccola cavità sub-orizzontale, che si sviluppa per circa 45 m in direzione SE-NO, localizzata alla base del versante nord-occidentale del rilievo gessoso (Figg. 1 e 6). Il primo ambiente della grotta è costituito da una galleria oggi non più percorsa dalle acque, dove tuttavia la presenza di più livelli di incavi parietali testimonia una passata fase di attività. Da qui si sviluppa una piccola sala in cui è presente un laghetto che per anni ha segnato il limite conosciuto della cavità (Fig. 5D). Indagini recenti hanno portato alla scoperta di un tratto ascendente costituito da una stretta galleria rettilinea orientata in direzione circa S-N, ricca di depositi fangosi che si arresta in corrispondenza di ambienti di crollo (INTERLANDI et al., 2007). Attualmente la connessione idrogeologica fra l'inghiottitoio e la risorgenza avviene attraverso condotte ubicate nelle porzioni più basse delle due grotte e pertanto diversi rami delle due cavità non rivestono più una funzione drenante.

Conclusioni

Le nuove scoperte effettuate nella Grotta di S. Angelo Muxaro, grazie anche alla stretta ed efficace collaborazione con l'ente gestore della riserva naturale, portano questa cavità ad essere attualmente la seconda grotta nei gessi siciliani per sviluppo.

Analogamente a molte grotte gessose della Sicilia, questo sistema costituisce un classico esempio di sistema carsico nei gessi in condizione di carso esposto, caratterizzato da una condotta attiva principale sub-orizzontale, su cui confluiscono alcuni tributari non più attivi, formati in equilibrio con la superficie piezometrica, durante fasi di stasi del livello di base carsico.

La possibilità di effettuare nuove indagini nell'Inghiottitoio Infantino e di connettere questo alla Grotta di S. Angelo Muxaro rappresenterebbe un'importante tappa per ampliare la conoscenza di questo sistema sia in

termini di sviluppo spaziale sia in termini di evoluzione speleogenetica.

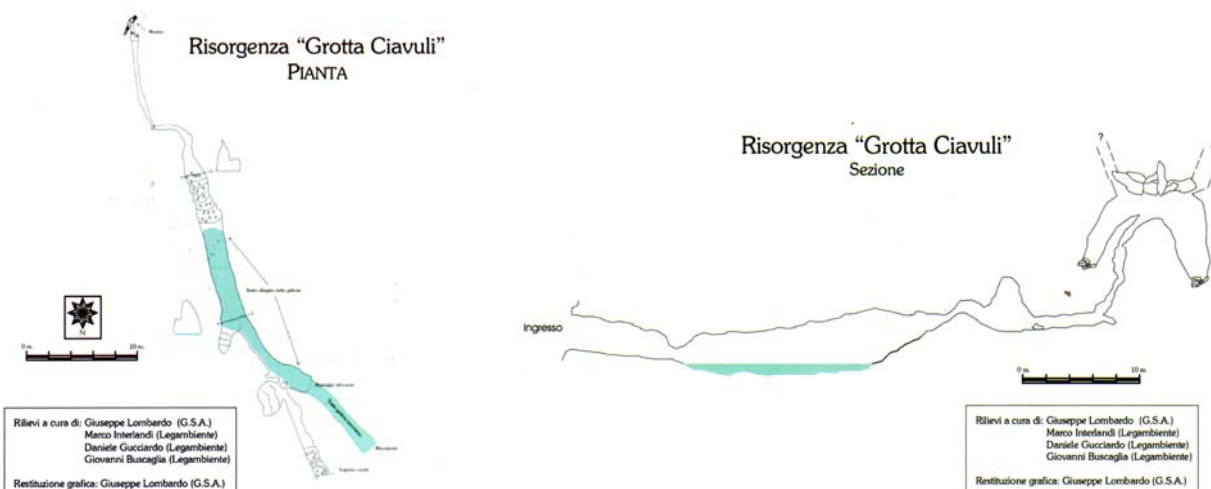


Figura 6. Rilievo topografico ipogeo della Risorgenza della Grotta Ciavuli (da INTERLANDI et al., 2007).

Figure 6. Topographic survey of the Risorgenza della Grotta Ciavuli (from INTERLANDI et al., 2007).

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare gli speleologi dell'ANS Le Taddarite, del GS Belpasso, del GS Agrigento che hanno collaborato nelle fasi di rilievo e documentazione delle diverse cavità.

Il lavoro è stato realizzato con fondi dell'Università di Palermo FFR 2012/2013, resp. Prof. C. Di Maggio.

Bibliografia

- CATALANO R. et al. in CITA M.B. et al., 2007. *Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Catalogo delle formazioni – Unità tradizionali (2)*. Quad. Serv. Geol. d'Italia, ser. III, **7**, 382.
- DECIMA A., WEZEL F., 1971. *Osservazioni sulle evaporiti siciliane della Sicilia centro meridionale*. Riv. Min. Sic., **132-139**, 172-187.
- FERRARESE F., MACALUSO T., MADONIA G., PALMERI A., SAURO U., 2002. *Solution and re-crystallization processes and associated landforms in gypsum outcrops of Sicily*. Geomorphology, **49 (1-2)**, 25-43.
- INTERLANDI MM., LOMBARDO G., GUCCIARDO D., BUSCAGLIA G., 2007. *Il sistema carsico della Riserva Naturale "Grotta di Sant'Angelo Muxaro" (AG)*. Speleologia Iblea, **12**, 119-124.
- MACALUSO T., SAURO U., 1996. *Weathering and karren on exposed gypsum surfaces*. International Journal of Speleology, **25 (3-4)**, 115-126.
- MARINELLI O., 1917. *Fenomeni carsici nelle regioni gessose d'Italia*. Suppl. Riv. Geogr. It., 264-289.
- PANZICA LA MANNA M., 1995. *Il sistema carsico ipogeo di Sant'Angelo Muxaro (AG)*. Atti del I° convegno regionale di speleologia della Sicilia, **1**, 47-53.
- VATTANO M., 2008. *Geomorphological evolution of evaporite karst areas in South-Central Sicily by relationship analysis between hypogean karst landforms and surface landforms*. PhD thesis, Univ. Palermo, 250 pp.

RICOSTRUZIONI PALEOCLIMATICHE DEL PERI-ADRIATICO ATTRAVERSO SPELEOTEMI: PRIMI RISULTATI

VERONICA CHIARINI^{1,2}, ANDREA COLUMBU³, JO DE WAELE¹,
ISABELLE COUCHOUD², FABIEN ARNAUD², RUSSELL DRYSDALE^{2,3}

¹ *Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali, Sezione di Geologia (BIGEA), Via Zamboni 67, 40126 Bologna; e-mail: vero.ch88@hotmail.it; jo.dewaele@unibo.it*

² *Laboratoire EDYTEM, UMR CNRS 5204, Pôle Montagne, 73376 Le Bourget du Lac cedex, Université de Savoie, France; e-mail: isabelle.couchoud@univ-savoie.fr; fabien.arnaud@univ-savoie.fr*

³ *Department of Resource Management and Geography, University of Melbourne, VIC, 3010, Australia; e-mail: acolumbu@student.unimelb.edu.au, rnd@unimelb.edu.au*

Riassunto

Nell'ambito di una tesi di dottorato presso l'Università di Bologna e l'Université de Savoie (Francia), ed in collaborazione con l'Università di Melbourne (Australia), si sta portando avanti un ambizioso progetto di ricerca con l'intento di individuare dei record paleoclimatici in speleotemi campionati in grotte d'Italia e del Carso dinarico. In questa prima fase di campionamento, grazie al coinvolgimento degli speleologi locali, sono state raccolte stalagmiti e colate già rotte in precedenza in grotte della Puglia, dell'Emilia Romagna, del Triestino, della Slovenia, e della Bosnia Erzegovina. I campioni sono stati tagliati longitudinalmente lungo l'asse di accrescimento e poi lucidati. Dei campioni più promettenti (con laminazione ben visibile, calcite primaria pulita, senza evidenti segni di ricristallizzazione) sono stati datati *bottom* e *top* per il loro inquadramento cronologico. Il successivo campionamento a *microdrilling* ha permesso di ricavare le polveri utili per le analisi degli isotopi stabili dell'ossigeno e del carbonio, effettuate tramite spettrometria di massa. Tali studi permetteranno di ricostruire il clima del passato delle aree di campionamento, fornendo un valido contributo allo studio paleoclimatico del Mediterraneo centrale.

Parole chiave: speleotemi, ricostruzioni paleoclimatiche, datazioni U/Th, isotopi stabili

Abstract

PALAEOCLIMATIC RECONSTRUCTIONS OF THE PERI-ADRIATIC AREA THROUGH SPELEOTHEMS: FIRST RESULTS
- *In the framework of a PhD thesis at the University of Bologna and the University of Savoie (France), and in collaboration with the University of Melbourne (Australia), an ambitious scientific project is being carried out with the aim of finding palaeoclimatic records in speleothems sampled in caves of Italy and the Dinaric Karst. In this first sampling phase, thanks to the collaboration with local cavers, already broken stalagmites and flowstones have been taken in caves of Apulia, Emilia-Romagna, Trieste, Slovenia, and Bosnia Erzegovina. The samples have been cut along their length and polished. The bottom and top of the most promising samples (with well visible growth layers, clean primary calcite, without evident signs of recrystallization) has been dated to get their age of growth. The following microdrill sampling has allowed to take powders to be analysed at Mass Spectrometer for the stable isotopes of oxygen and carbon. These studies will allow to reconstruct the climate of the past in the areas of these caves, delivering a valid contribution to the palaeoclimate studies in the Central Mediterranean.*

Key words: speleothems, palaeoclimate reconstruction, U/Th dating, stable isotopes

Introduzione

Situata al confine tra la circolazione atmosferica subtropicale Africana e quella continentale Europea, l'area Mediterranea è particolarmente sensibile ai cambiamenti climatici. Considerando la densità di popolazione presente in quest'area, la comprensione delle risposte locali ai cambiamenti climatici globali risulta essere di grande importanza in vista di una più corretta gestione delle risorse e del territorio. In tale prospettiva, lo studio della variabilità climatica del passato a scala regionale può fornire importanti informazioni relative all'evoluzione climatica futura di queste regioni.

Sebbene la variabilità climatica Olocenica dell'area Mediterranea sia stata e continui ad essere studiata in modo sempre più approfondito, solamente pochi studi vertono sulle regioni Adriatiche, soprattutto se si considerano quelli che utilizzano gli speleotemi come sorgente di informazioni paleoambientali.

Infatti, considerando il versante orientale della penisola Italiana e la porzione Adriatica della regione Balcanica, solamente stalagmiti provenienti dalla Grotta Savi (Friuli Venezia Giulia; FRISIA et al., 2005; BELLI et al., 2013) e speleotemi sommersi della costa Croata (SURIC' et al., 2005) sono stati studiati per ricostruire l'evoluzione climatica Olocenica di quest'area. In aggiunta, alcuni studi che ricoprono solo parzialmente l'Olocene sono stati effettuati su sedimenti lacustri in Puglia, Macedonia, Albania e Montenegro.

Lo scopo di questo progetto è quindi quello di analizzare le variazioni climatiche Oloceniche a scala regionale attraverso lo studio di speleotemi prelevati in diverse grotte delle regioni Adriatiche. Particolare attenzione sarà riposta nell'analisi delle risposte contrastanti registrate in numerosi studi (es. MAGNY et al., 2003) nel corso dell'Olocene nelle regioni settentrionali e meridionali dell'area Mediterranea.

Il gruppo di ricerca impegnato in questo progetto comprende esperti in carsismo, paleoclimatologia e limnologia provenienti dalle Università di Bologna, della Savoia e di Melbourne. Nella prima fase di lavoro sono stati campionati speleotemi da alcune grotte in Puglia, Emilia Romagna e Bosnia per essere sottoposti a datazioni radiometriche e analisi isotopiche, mineralogiche e geochimiche. Un progetto di monitoraggio delle precipitazioni e dell'acqua di stillicidio di una grotta è inoltre iniziato in Emilia Romagna.

Infine i record di dati ottenuti saranno paragonati con record provenienti da altri archivi paleoclimatici, in particolare sedimenti lacustri, con lo scopo di migliorare la precisione e la comprensione delle fluttuazioni climatiche a scala locale/regionale nel corso dell'Olocene nell'area Adriatica.

Inquadramento geografico

La sensibilità ai cambiamenti climatici delle regioni Adriatiche e, più in generale, di tutta la regione Mediterranea, dovuta alle interazioni tra la circolazione atmosferica subtropicale Africana e quella continentale Europea, fa sì che il minimo cambiamento a livello atmosferico si ripercuota in maniera importante nel clima locale e venga registrato negli archivi climatici dell'area.

Ad esempio, le più importanti variazioni nella circolazione atmosferica attuale dell'emisfero settentrionale consistono nell'Oscillazione Nord Atlantica (NAO – *North Atlantic Oscillation*), indicata da un indice (NAO *index*) che si basa sulle differenze di pressione registrate tra la circolazione subtropicale e quella sub polare. Sono state individuate fasi positive e fasi negative relative alla *North Atlantic Oscillation* con importanti ripercussioni sul clima dell'emisfero settentrionale, e, di conseguenza, dell'area Mediterranea, soprattutto in termini di variabilità nelle precipitazioni (LÓPEZ-MORENO & VICENTE-SERRANO, 2008; Fig. 1). Considerando l'area Mediterranea, fasi positive risultano in uno spostamento verso Nord del percorso delle maggiori perturbazioni, mentre fasi negative vedono l'opposto.

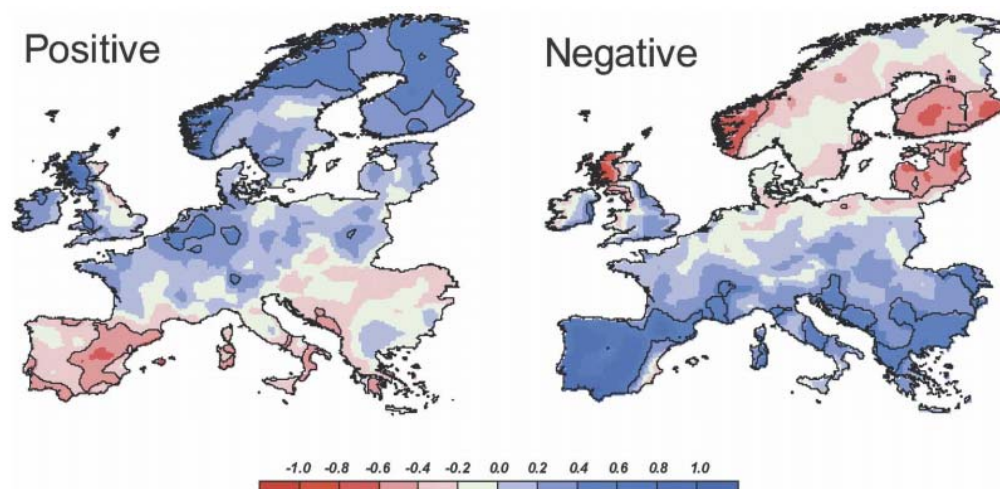


Figura 1. Valori medi di SPI (standardized precipitation index) nel mese di Agosto durante fasi positive e negative di NAO (da LÓPEZ-MORENO & VICENTE-SERRANO, 2008)

Figure 1. Average values of SPI (standardized precipitation index) in August during the positive and negative phases of NAO (from LÓPEZ-MORENO & VICENTE-SERRANO, 2008)

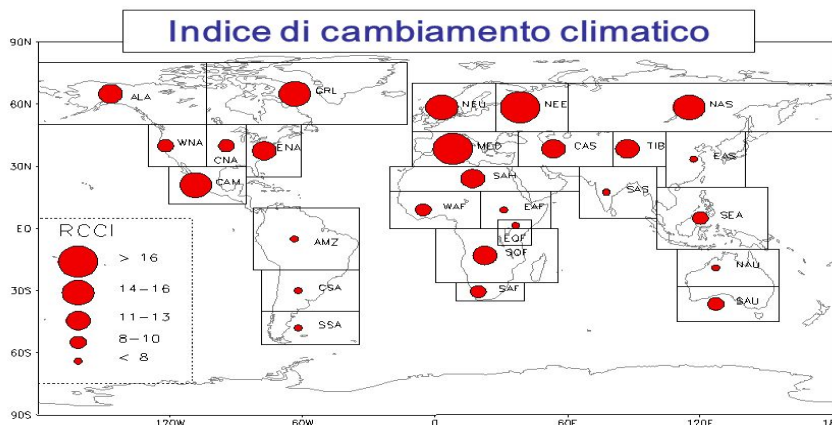


Figura 2. Indice RCCI (Regional Climate Change Index) calcolato in 26 aree del pianeta. Questo indice sottolinea la sensibilità delle aree studiate ai cambiamenti climatici (da GIORGI, 2006).

Figure 2. RCCI (Regional Climate Change) index over 26 regions of the World. This index shows the sensitiveness to climate changes of each studied area (from GIORGI, 2006).

Per queste e altre ragioni l'area Mediterranea è considerata un hot spot climatico di grande importanza per quanto riguarda le oscillazioni climatiche passate e future (Fig. 2; GIORGI et al., 2006).

In questo progetto sono state quindi prese in considerazione diverse grotte situate sul versante orientale della penisola Italiana e nei Balcani. In particolare sono stati campionati speleotemi in alcune grotte delle regioni Puglia ed Emilia Romagna, in Italia e in grotte situate in Bosnia per quanto riguarda il versante Balcanico (Tab. 1; Fig. 3). Inoltre ulteriori campionamenti e collaborazioni con gruppi di ricerca locali sono previsti in Slovenia e Croazia.

Paese	Regione	Nome della Grotta
Italia	Emilia-Romagna	Spipola
		Buco dei Buoi
		Peroni
		Rio Basino
		Tanaccia
		Re Tiberio
	Puglia	Castelli
		Pozzo Cucù
		Sant' Angelo
		Zaccaria
		Torre di Lesco
		Trullo
		Meraviglie
		Satrea
		Stinge
		Bosnia
Banja Sjena		
Altopiano Romanija	Krnjije 1	
Sinjevo (Pale)	Orlovača	

Tabella. 1. Elenco delle grotte in cui sono stati campionati speleotemi.

Table 1. Caves where speleothems have been sampled.



Figura 3. Localizzazione dei campionamenti. I cerchi rossi indicano le aree in cui si trovano le grotte campionate (elencate in Tab. 1), i bianchi indicano possibili campionamenti futuri.

Figure 3. Sampling location. Red dots show regions where caves (listed in Table 1) have been sampled. White dots show regions where sampling will be probably scheduled.

Metodi

Il progetto verte sullo studio di segnali paleoclimatici registrati negli speleotemi e sul confronto di questi con dati esistenti ottenuti da carote di sedimenti lacustri in diverse località della penisola italiana e dei Balcani (es. arco alpino, Trentino, Toscana, Calabria, Sicilia, Croazia, Bosnia e Slovenia).

Nella prima fase del lavoro si è proceduto al campionamento di concrezioni (stalagmiti e colate) da varie grotte della regione Periadriatica (Fig. 3; Tab. 1). Il campionamento è avvenuto nel massimo rispetto degli ambienti carsici, prelevando solamente stalagmiti già trovate rotte, o effettuando piccoli carotaggi in presenza di colate (Fig. 4a). In quest'ultimo caso è stata utilizzata una carota da trapano con punta diamantata del diametro di 3 cm. Il foro lasciato dal campionamento è stato opportunamente riempito in modo da minimizzare l'impatto visivo del campionamento (Fig. 4b). Insieme alle concrezioni, in ogni grotta è stato prelevato almeno un campione di acqua di stillicidio.



Figura 4. a: campionamento di una carota da una colata ; b: mimetizzazione del foro a campionamento avvenuto.

Figure 4. a: core sampling of a flowstone; b: hole camouflage after sampling.

Gli speleotemi sono poi stati tagliati longitudinalmente utilizzando una sega a nastro e successivamente lucidati (Fig. 5). Campioni di calcite sono stati prelevati al *top* e al *bottom* delle concrezioni utilizzando una punta da trapano da 0.8 mm. Questi sono stati destinati alle datazioni preliminari effettuate in spettrometria (MC-ICPMS) con la tecnica U/Th presso i laboratori del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Melbourne (Australia) sotto la supervisione di RUSSELL DRYSDALE e ISABELLE COUCHOUD.



Figura 5. Seghe a nastro utilizzate per tagliare i campioni.

Figure 5. Wet saws used to half cut the samples.



Figura 6. Microdrilling di una stalagmite.

Figure 6. Microdrilling of a stalagmite.

Le datazioni preliminari permetteranno di scegliere i campioni più promettenti che verranno sottoposti a ulteriori analisi. In particolare verranno investigati gli isotopi stabili di ossigeno e carbonio della calcite costituente gli speleotemi. A tal proposito le concrezioni scelte verranno campionate con un *microdrill* (Fig. 6) e

analizzate presso i laboratori EDYTEM dell'Università della Savoia. In parallelo, analisi petrografiche e degli elementi in traccia verranno condotte presso le Università della Savoia e di Melbourne.

I dati ottenuti verranno infine confrontati con dati provenienti da altri archivi climatici, in particolare sedimenti lacustri, grazie alla collaborazione del team di ricerca esperto in limnologia dell'Università della Savoia.

Risultati preliminari

Nella prima fase del progetto si è proceduto al campionamento e alla preparazione dei campioni per le analisi. In particolare sono state campionate 18 stalagmiti in Puglia, 30 stalagmiti in Bosnia e 17 colate in Emilia

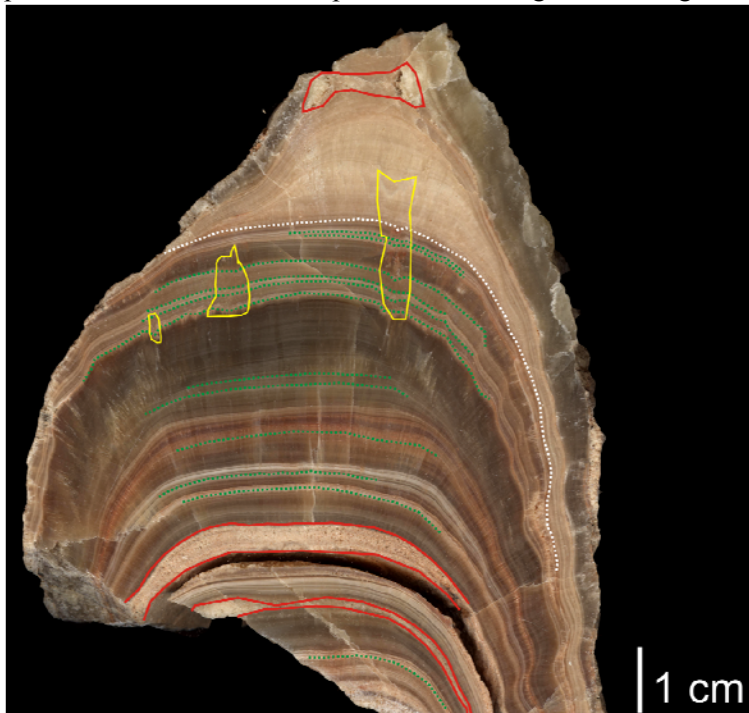


Figura 7. Scansione modificata di una stalagmite proveniente da una grotta in Puglia (Italia). Le linee rosse delimitano intervalli visibilmente porosi. Le linee gialle identificano aree dove una parziale dissoluzione potrebbe essere avvenuta. Le linee verdi identificano laminae caratterizzate da evidenti terminazioni a cuspidate.

Figure 7. Modified scan of a stalagmite sampled in a cave in Apulia (Italy). Red lines identify porous intervals. Yellow lines identify areas where dissolution may have occurred. Green lines identify laminae characterised by protruding crystal terminations.

Romagna. Le concrezioni sono state quindi trattate come descritto nel paragrafo precedente. Una volta tagliate e lucidate sono state scansionate ad alta risoluzione e successivamente descritte (Fig. 7). È stato quindi creato un catalogo con schede descrittive di ogni singolo speleotema campionato che verranno aggiornate con l'avanzare delle analisi. In ogni scheda sono stati indicati i dettagli riguardanti la grotta (nome, coordinate e quota dell'ingresso, *bedrock* e breve descrizione della grotta) e il campionamento (data, ubicazione del campione segnalato sul rilievo della grotta, ove disponibile ed eventuale campionamento dell'acqua di stillicidio). Nelle stesse schede è stata inserita la descrizione delle concrezioni con immagini del campione intero e la scansione delle metà lucidate. In particolare la descrizione è stata suddivisa secondo i seguenti campi: laminazione, colore e struttura. Questa schematizzazione è servita per rendere la descrizione di ogni campione consistente e confrontabile. Sulla base di queste osservazioni preliminari sono stati scelti i campioni visibilmente più promettenti il cui *top* e *bottom* sono stati campionati per le datazioni preliminari. Un progetto di monitoraggio dell'acqua di stillicidio è inoltre iniziato in una grotta della Vena del Gesso Romagnola (Emilia Romagna, Italia), insieme con un monitoraggio e campionamento ad alta

risoluzione delle acque di precipitazione. I risultati preliminari delle datazioni radiometriche hanno portato ad individuare alcune concrezioni Oloceniche: quattro nella grotta di Banja Stjena, una di Govjestica, una di Orlovača, tutte in Bosnia, due campioni della grotta di Sant'Angelo in Puglia (inizio Olocene), e tre delle grotte Spipola, Tanaccia e Peroni rispettivamente, in Emilia Romagna. Tra queste, le quattro concrezioni provenienti dalla grotta Banja Stjena (Bosnia) coprono l'intero arco degli ultimi 10.000 anni e potrebbero consentire di ricostruire le variazioni climatiche dell'intero Olocene.

Discussione e Conclusione

Il clima è caratterizzato da oscillazioni e cicli naturali che vedono l'alternarsi di periodi caldi e periodi freddi con variazione nell'intensità e abbondanza delle precipitazioni sia a scala annuale che stagionale. L'analisi delle oscillazioni climatiche avvenute in passato e, soprattutto, l'analisi della tendenza ad un inaridimento oppure ad un aumento della piovosità, così come la tendenza ad un aumento o una diminuzione delle temperature nel corso dell'Olocene, e, quindi, nel periodo interglaciale in cui ci troviamo, possono fornire interessanti informazioni riguardo l'andamento climatico futuro, ponendo le basi per un confronto e un'analisi dell'impatto umano sulla variabilità climatica naturale.

Questo progetto, basandosi sull'esame di numerosi speleotemi, che costituiscono archivi paleoclimatici continentali eccellenti (es. GENTY et al., 2003; DRYSDALE et al., 2006; FAIRCHILD & BAKER, 2012), permetterà una ricostruzione paleoclimatica indipendente e attendibile, basata sul confronto di molteplici record ottenuti da un unico tipo di archivio. I risultati di questo confronto dovrebbero aiutare a chiarire le dinamiche degli andamenti idrologici contrastanti registrati nel corso dell'Olocene nelle regioni settentrionali e meridionali della penisola italiana, fornendo informazioni riguardanti la circolazione atmosferica associata. Infine, il confronto del record climatico così ottenuto con altri record sedimentologici (in particolare sedimenti lacustri, ma anche marini) fornirà nuove delucidazioni riguardo le complesse risposte ambientali alle variazioni climatiche. Considerando che ogni archivio naturale utilizzato per studi paleoclimatici (es. carote Antartiche, dinamiche dei ghiacciai, sedimenti marini, sedimenti lacustri, sedimenti di pianura, pollini, microfossili e speleotemi) registra solamente alcuni degli aspetti legati alle oscillazioni climatiche, risulta di fondamentale importanza la correlazione dei dati ottenuti con record provenienti da archivi climatici differenti per poter produrre ricostruzioni paleoclimatiche attendibili e dettagliate e per poter meglio comprendere quale parametro studiato nello speleotema stesso meglio riflette determinate variabili climatiche/ambientali.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Gruppo Speleologico Faentino e la Federazione Speleologica dell'Emilia Romagna per aver contribuito con un finanziamento all'avanzamento del progetto e per aver collaborato nelle attività di campionamento. Si ringraziano inoltre il Gruppo Speleologico Bolognese, il GAM di Mezzano, il Gruppo Speleologico Martinese di Martina Franca, il CARS di Altamura, LUCA GRILLANDI, ROBERTO EVILIO, KATIA POLETTI, ALESSANDRO PIRAZZINI, ALAN NARDI, LUCA TAROZZI, GARIBALDI SANSAVINI, MASSIMO ERCOLANI, PIERO LUCCI, MICHELE CASTROVILLI, ROBERTO CORTELLI, FRANCESCO GRAZIOLI, FABIO GIANUZZI, ILENIA MARIA D'ANGELI, CLAUDIO PASTORE, MICHELE MARRAFFA, PIERO LIPPOLIS, GIGI LOPERFIDO, GIOVANNI RAGONE, SALVATORE INGUSCIO e MARIO PARISE per il supporto fornito nella raccolta dei campioni.

Bibliografia

- BELLI R., FRISIA S., BORSATO A., DRYSDALE R., HELLSTROM J., ZHAO J.-X., SPÖTL C., 2013. *Regional climate variability and ecosystem responses to the last deglaciation in the northern hemisphere from stable isotope data and calcite fabrics in two northern Adriatic stalagmites*. *Quaternary Science Reviews*, **72**, 146-158
- DRYSDALE R., ZANCHETTA G., HELLSTROM J., MAAS R., FALICK A., PICKETT M., CARTWRIGHT I., PICCINI L., 2006. *Late Holocene drought responsible for the collapse of Old World civilizations is recorded in an Italian cave flowstone*. *Geology*, **34**(2), 101-104.
- FAIRCHILD I.J., BAKER A., 2012. *Speleothem science: from process to past environments*. Ed. Wiley-Blackwell.
- FRISIA S., BORSATO A., SPÖTL C., VILLA I.M., CUCCHI F., 2005. *Climate variability in the SE Alps of Italy over the past 17.000 years reconstructed from a stalagmite record*. *Boreas*, **34**(4), 445-455.
- GENTY D., BLAMART D., OUAHDI R., GILMOUR M., BAKER A., JOUZEL J., VAN-EXTER S., 2003. *Precise dating of Dansgaard-Oeschger climate oscillations in western Europe from stalagmite data*. *Nature*, **421**, 833-837.
- LÓPEZ-MORENO J.I., VICENTE-SERRANO S.M., 2008. *Positive and Negative Phases of the Wintertime North Atlantic Oscillation and Drought Occurrence over Europe: A Multitemporal-Scale Approach*. *Journal of Climate*, **21**, 1220-1243.
- MAGNY M., BÉGEOT C., GUIOT J., PEYRON O., 2003. *Contrasting patterns of hydrological changes in Europe in response to Holocene climate cooling phases*. *Quaternary Science Reviews*, **22**, 1589-1596.
- SURIĆ M., JURAČIĆ M., HORVATINČIĆ N., BRONIĆ I.K., 2005. *Late Pleistocene-Holocene sea-level rise and the pattern of coastal karst inundation: records from submerged speleothems along the Eastern Adriatic Coast (Croatia)*. *Geology*, **214**, 163-175.

DATAZIONE DI SPELEOTEMI CARBONATICI NEI GESSI DELL'EMILIA-ROMAGNA: IMPLICAZIONI SPELEOGENETICHE E PALEOCLIMATICHE

ANDREA COLUMBU¹, VERONICA CHIARINI^{2,3}, JO DE WAELE²,
PAOLO FORTI², RUSSELL DRYSDALE²

¹ *Department of Resource Management and Geography, University of Melbourne, VIC, 3010, Australia; e-mail: acolumbu@student.unimelb.edu.au*

² *Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali, Sezione di Geologia (BIGEA), Via Zamboni 67, 40126 Bologna; e-mail: vero.ch88@hotmail.it; jo.dewaele@unibo.it; paolo.forti@unibo.it*

³ *Laboratoire EDYTEM, UMR CNRS 5204, Pôle Montagne, 73376 Le Bourget du Lac cedex, Université de Savoie, France*

Riassunto

In Emilia-Romagna la stragrande maggioranza delle grotte si sviluppa nei gessi, sia triassici che messiniani. Tali rocce evaporitiche, pur rappresentando solo l'1% delle superfici affioranti, ospitano oltre 600 grotte, tra cui la grotta epigenica nei gessi più lunga del mondo (il Sistema Spipola-Acquafredda nei gessi Bolognesi con oltre 11 km di passaggi rilevati) e quella più profonda (il Sistema del Monte Caldina, profondo 265 metri). A causa della rapida dissoluzione del gesso queste grotte sono sempre state considerate di origini relativamente recenti (ultimi 20000 anni o poco più). In presenza di importanti concentrazioni di CO₂, dalle acque saturate in calcio e solfati presenti in queste cavità naturali, precipita calcite portando alla formazione di concrezioni carbonatiche. Tali concrezioni, diffuse in molte grotte emiliano-romagnole, possono essere datate con il metodo dell'U/Th, fornendo delle età minime di formazione dei condotti in cui si sono depositate. Nell'ambito di due tesi di dottorato sono state campionate e datate concrezioni di calcite in una decina di grotte e località esterne della Vena del Gesso e dei Gessi Bolognesi. Tali analisi hanno identificato colate con età fino a 316 mila anni, testimoniando che le grotte esistevano già da allora. Il sistema carsico più antico ancora attivo oggi è quello del Re Tiberio, nella Vena del Gesso, che ha iniziato a formarsi almeno 130 mila anni fa.

Parole chiave: speleotemi, evaporiti, speleogenesi, datazioni U/Th.

Abstract

DATING CARBONATE SPELEOTHEMS IN THE EVAPORATES OF EMILIA-ROMAGNA: SPELEOGENETIC AND PALAEOCLIMATIC IMPLICATIONS - *Most caves in Emilia-Romagna are developed in Triassic and Messinian gypsum outcrops. These evaporite rocks, although representing only around 1% of the surface outcrops, host over 600 caves, among which the longest epigenic cave in the world (the system Spipola-Acquafredda close to Bologna, with over 11 km of surveyed passages) and the deepest one (the Monte Caldina system, 265 metres deep). Because of the fast dissolution of gypsum these caves have always been considered as having formed rather recently (last 20,000 years, or slightly more). In presence of important concentrations of CO₂, from the waters saturated in calcium and sulphates flowing in these caves, calcite is precipitated leading to the formation of carbonatic flowstones. These speleothems, known from many caves of Emilia-Romagna, can be dated by the U/Th method, giving a minimum age of the formation of the passages in which they deposited. In the framework of two PhD theses, calcite flowstones have been sampled and dated in a dozen of caves and surface locations in the Vena del Gesso Romagnola, and in the gypsum areas close to Bologna. These analyses have identified flowstones with ages as old as 316 ka, demonstrating some caves to have existed since then. The oldest still active cave system is Re Tiberio, in the Vena del Gesso, that started forming at least since 130 ka.*

Key words: speleothems, evaporites, speleogenesis, U/Th dating

Introduzione

Il significato paleoambientale del carsismo nei gessi risulta ancora poco esplorato in confronto a quello in contesto carbonatico, probabilmente per la minore diffusione delle rocce evaporitiche a scala globale. In ogni caso, lo studio dei fenomeni speleogenetici nel sistema evaporitico emiliano-romagnolo, sviluppato in più di 60 km di cavità carsiche (Fig. 1), offre l'opportunità di colmare questa lacuna, soprattutto per quanto riguarda

l'intercorrelazione fra evoluzione climatica e dinamiche geologico-geomorfologiche e speleogenetiche.

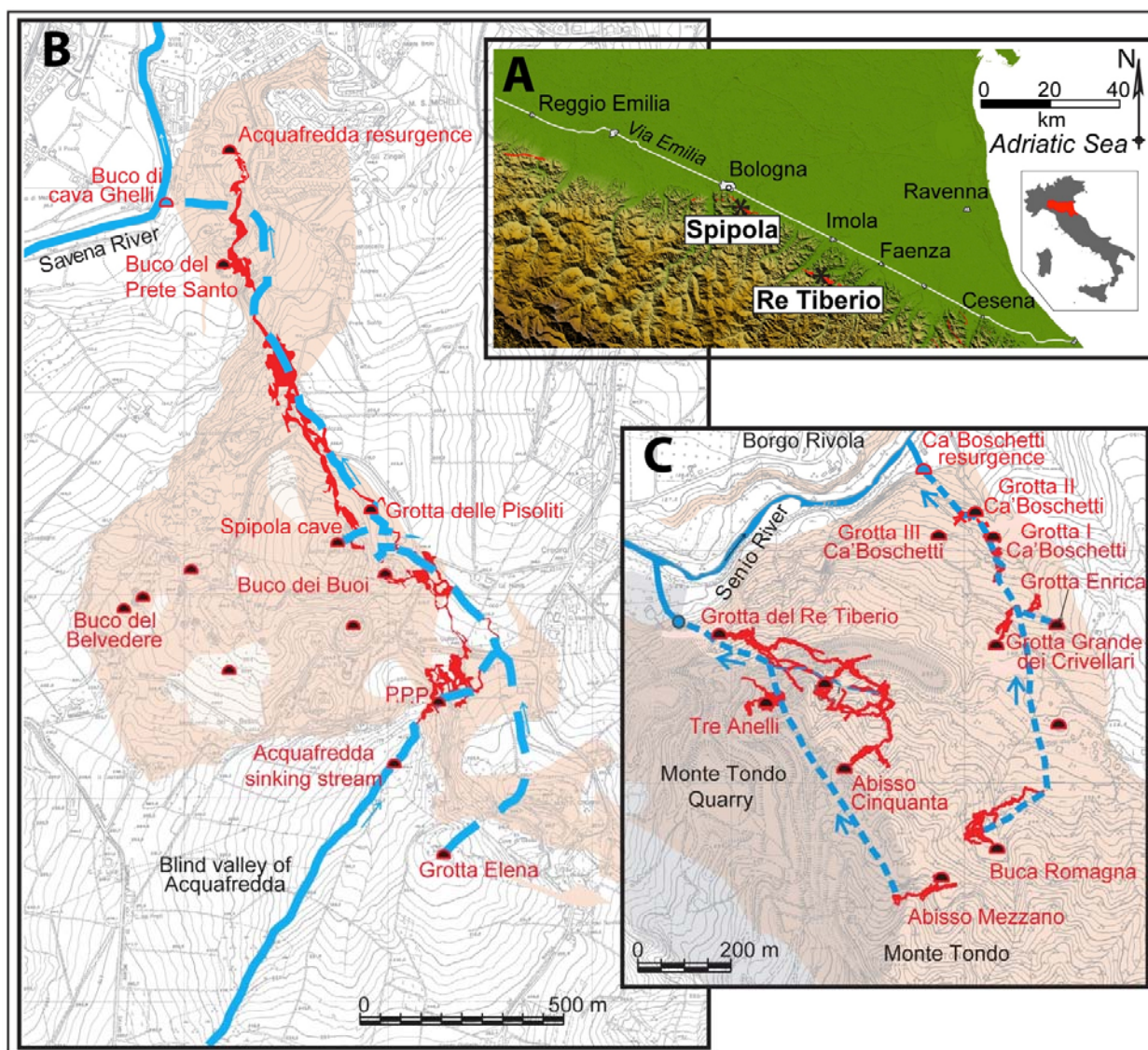


Figura 1. Area di studio. a) Emilia Romagna; b) sistema Spipola-Acquafredda; c) Sistema Monte Tondo. L'ombreggiatura rosa corrisponde all'estensione dei gessi Messiniani.

Figure 1. Study area. a) Emilia Romagna region (Northern Italy); b) Spipola-Acquafredda cave system; c) Monte Tondo cave system. The shading corresponds to the extent of the Messinian evaporite bedrock.

La deposizione di prodotti carbonatici in ambiente gessoso va sostanzialmente attribuita all'effetto dello ione comune (FORTI & RABBI, 1981; FORTI, 1997; CALAFORRA, 1998). L'acqua di infiltrazione meteorica si arricchisce in anidride carbonica percolando attraverso il suolo prima di giungere alla roccia gessosa. La dissoluzione del gesso porta in soluzione $\text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ e immediatamente si instaurano gli equilibri chimici della calcite che, essendo molto meno solubile del gesso, raggiunge rapidamente la sovrasaturazione e viene depositata sotto forma di concrezioni di carbonato di calcio. È quindi intuibile il ruolo primario della CO_2 in questo processo. La presenza di carbonati permette quindi datazioni altamente precise per gli ultimi 600.000 anni con il metodo U-Th (HELLSTROM, 2003), con la possibilità di ottenere età di diversi milioni di anni con il metodo U-Pb (WOODHEAD et al., 2006).

In questo progetto svariate generazioni di speleotemi carbonatici provenienti da 8 grotte differenti sono stati datati con il metodo U-Th. Due le ragioni principali di queste analisi: i) ottenere informazioni sulla tempistica della speleogenesi nel sistema Emiliano-Romagnolo, tenuto conto che l'età di uno speleotema indica l'età minima della cavità nella quale è stato ritrovato; ii) capire la relazione fra clima del passato e deposizione carbonatica, considerando che questa è guidata dalla presenza della CO_2 nel suolo che, a sua volta, deriva dallo stato climatico al momento della deposizione dei carbonati.

Nonostante siano preliminari, i risultati ottenuti dimostrano le grandi potenzialità scientifiche ottenibili dallo

studio del carsismo in gesso. Per queste ragioni sono già in programma analisi su nuovi campioni per ampliare i dati disponibili e trarre delle conclusioni ancor più rilevanti.

Inquadramento geografico-geologico

Le rocce evaporitiche che contraddistinguono il carsismo dell'Emilia Romagna fanno parte della ben conosciuta formazione Gessoso-Solfifera, ora riportata come formazione della Vena del Gesso (VAI & MARTINI, 2001; ROVERI et al., 2003). Questa affiora estesamente lungo la fascia pedemontana appenninica settentrionale, fungendo da raccordo fra la Catena Appenninica vera e propria e l'Avanfossa Padana.

Il sistema Spipola-Acquafredda si trova immediatamente a sud di Bologna e con oltre 12 km di estensione è considerato il più grande sistema di grotte epigenico al mondo (Fig. 1). Le grotte presentano prevalentemente un assetto sub-orizzontale, dato dall'azione del corso d'acqua che progressivamente ha formato cinque livelli di cavità sovrapposte, derivati dalla variazione nel tempo del livello di base locale. Nel sistema di Monte Tondo, situato in località Borgo Rivola (RA), il complesso del Re Tiberio è quello più noto (DE WAELE et al., 2013) (Fig. 1); 11 km di grotte sono stati mappati in cinque livelli carsici differenti, impostati su 250 metri di differenza in altitudine. Questo sistema è stato intercettato in maniera importante dalle attività estrattive di una cava attiva sul territorio dal 1958.

Materiali e metodi

Nessuno degli speleotemi utilizzati in questo studio è stato rimosso dalla propria posizione originale. Questi, infatti, sono stati ritrovati già dislocati prevalentemente all'interno delle grotte o gallerie di cava, anche se in alcuni casi arrivano dalle aree immediatamente vicine all'ingresso delle cavità. I campioni finora datati provengono dalla grotta del Re Tiberio (RT, RTY e Sala), dall'abisso 50 (A50), dai 3 anelli (3A), dal pozzo Pollini (PP), dalla grotta Oliver (GO), dalla grotta della Spipola (Dolina interna, Sp1), dalla Tanaccia (Ta1), dalla Peroni (P2), dalla Dolina della Spipola (spd1) e da Monte Mauro (MM2). Gli ultimi due campioni sono stati trovati all'esterno, il primo sul Monte Croara negli scarti di una cava non più attiva, il secondo vicino alla cima del Monte Mauro. Gli speleotemi, prevalentemente colate, sono stati dapprima tagliati parallelamente alla direzione di crescita, poi finemente levigati per rendere visibile la laminazione interna e permettere l'identificazione dei campioni più idonei per le datazioni.

Otto generazioni di colate sono state scelte per le analisi U/Th. Circa 150 mg di materiale sono stati rimossi dalla cima e dalla base di ogni speleotema, utilizzando un trapano da dentista che montava una punta da 1 mm di diametro, evitando con accuratezza zone in cui era ovvia la presenza di materiale detritico all'interno degli strati carbonatici. Circa 50 mg di ogni micro campione sono stati poi disciolti in HNO₃, diluito in 1.5M HNO₃ ed equilibrato in una soluzione in cui il rapporto ²³⁶U/²³³U/²²⁹Th è noto. Uranio e torio sono stati poi estratti tramite un preciso ciclo di lavaggio in resina EICHRUM TRU-spec a scambio ionico di HNO₃, HF e HCl+HF. Il risultante composto, diluito in 1.5M HNO₃, è stato analizzato con lo spettrometro di massa MC-ICPMS Nu-Instruments Plasma operativo nel Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Melbourne (Australia).

Le metodologie di analisi sono quelle di HELLSTROM (2003) leggermente modificate come descritte in DRYSDALE et al. (2012). Il rapporto di attività isotopica di ²³⁰Th/²³⁸U e ²³⁴U/²³⁸U è stato calcolato dalla misura dei diametri atomici utilizzando una procedura standardizzata di conteggio parallelo di ioni, calibrata con l'equilibrio secolare dello standard HU-1. Per la correzione del torio detritico è stato utilizzato un rapporto di attività iniziale di ²³⁰Th/²³²Th pari a 1.5±1.5. Le età corrette sono state calcolate usando la costante di decadimento ²³⁰Th/²³⁴U di CHENG et al. (2013) e l'equazione 1 di HELLSTROM (2006).

Risultati

Il contenuto di uranio medio-elevato e l'assenza generale di materiale detritico hanno reso possibile le analisi per tutti i campioni con un errore relativo poco elevato. Le età risultanti per la base e il top di ogni speleotema sono riportate nella tabella 1.

Il campione RT è stato depositato fra ~130Ka e 123Ka (Ka = 1000 anni), quando condizioni di pieno interglaciale (Eemiano, MIS5e) si erano già instaurate in Europa (DRYSDALE et al., 2005), durante la deposizione del sapropel 5. Il campione 3A è correlato all'interstadio 24 e all'evento precursore del sapropel 4, essendo cresciuto attorno ai 109Ka. Lo speleotema A50 crebbe fra ~78Ka e ~74Ka, in corrispondenza dell'interstadiale 20 e del MIS5a, mentre la colata PP abbraccia sia l'interstadiale 20 che 21 (MIS5b-5a) (~83Ka e ~75Ka); entrambi i campioni PP e A50 sono correlati al sapropel 3. La deposizione delle colate Ta, P, Sp, GO, RTY e Sala è avvenuta durante l'Olocene (MIS 1), durante e immediatamente dopo il sapropel 1. Il pezzo di colata del Monte Mauro (MM) risulta essere il più antico finora rinvenuto in Emilia Romagna. E' cresciuto in

due fasi diverse, la prima più antica oltre 300Ka fa (MIS9), la seconda intorno a 240 Ka fa (MIS7). Diverso il discorso per il campione Spd1, per la quale la base è risultata ~243Ka (MIS7), mentre la parte superiore è olocenica.

Grotta	Campione	Quota (m s.l.m.)	Età media (Ka)	MIS	I.G.	Sapropel
Re Tiberio	RT-A1	340	130.910	5e	/	5
	RT-D		123.941	5e	/	5
	RTY-1	200	0.515	1	/	1
	RTY-3		0.111	1	/	1
	Sala	170	0.840	1	/	1
Abisso 50	A50-b	275	78.820	5a	20	3
	A50-3		74.686	5a	20	3
3 Anelli	3A-b	215	128.277	5d	24	4
	3A		108.860	5d	24	4
Pozzo Pollini	PP	190	83.141	5b-5a	21-20	3
	PP-2		75.205	5b-5a	21-20	3
Grotta Oliver	GO-1	130	7.098	1	/	1
	GO-2		6.963	1	/	1
Tanaccia	Ta-1	200	1,023	1	/	1
Peroni	P-2	170	7.891	1	/	1
			4.077	1	/	1
Monte Mauro	MM-2	380	316.166	9	/	/
			239.984	7	/	/
Spipola grotta	Sp-1	120	0.628	1	/	1
			0.233	1	/	1
Spipola dolina	Spd1-b	175	243.533	7	/	/
	Spd1-t		1.026	1	/	1

Tabella 1. Risultato delle analisi U-Th e correlazione con gli eventi climatici degli ultimi 300.000 anni. L'età è espressa in migliaia di anni (Ka). MIS = stadio isotopico marino, I.G. = interstadi della Groenlandia.

Table 1. U-Th analysis results and correlation with climate events over the last 300,000 years. Ages are given in thousands of years (Ka). MIS = marine isotopic stages, I.G. = Greenland interstadials.

Discussione

La prima importante conclusione di questo studio è aver stabilito che alcune grotte dell'area della Vena del Gesso Romagnola esistevano già prima di 315Ka (campione preso sul Monte Mauro), mentre anche sui Colli Bolognesi vi erano grotte da almeno 240Ka (la colata trovata nella Dolina della Spipola e proveniente dalle quote alte del Monte Croara). Di queste grotte antiche resta ben poco, probabilmente soltanto frammenti delle concrezioni carbonatiche che le decoravano. L'effettiva formazione delle cavità potrebbe essere anche più antica, in quanto l'età degli speleotemi corrisponde all'età minima delle grotte. Questo rivaluta le teorie che ritenevano questi apparati carsici nettamente più recenti (~20Ka). La più antica grotta ancora oggi attiva è quella del Re Tiberio, che continua ad evolversi da almeno 130Ka.

Valutando in dettaglio l'età degli speleotemi analizzati è evidente come queste coincidano con periodi relativamente caldi e umidi degli ultimi 320Ka (Tabella 1, Fig. 2), permettendo una stretta relazione con gli

stadi isotopici marini caldi (MIS 1, 5e, 7, e 9), interstadiali della Groenlandia ed eventi sapropelitici. La domanda che ne deriva quindi è se il carsismo nei gessi dell'Italia centrale, e più in generale quello Mediterraneo, rispecchi direttamente le oscillazioni climatiche millenarie e intra-millenarie tardo Quaternarie. In questo caso di studio la sensibilità climatica è dimostrata dalla sistematica assenza di depositi carbonatici durante periodi relativamente freddi, in un'area in cui coperture glaciali erano assenti perfino al picco massimo dell'ultima glaciazione. Anche pulsazioni climatiche fredde molto brevi ostacolarono la formazione degli speleotemi fra un interstadiale e l'altro. Così, la formazione di questi speleotemi sembra regolata da una forte soglia climatica che innesca la deposizione carbonatica unicamente durante periodi caldi e umidi. Verosimilmente questo processo è guidato dalla variazione secolare della copertura vegetativa superficiale, che a sua volta regola l'immissione di CO₂ nel suolo che rende possibile la deposizione dei carbonati in ambiente gessoso. Inoltre, la variazione del ciclo delle piogge (intensità annuale e distribuzione stagionale) potrebbe avere ugualmente un ruolo chiave in questo processo considerando che gran parte degli speleotemi crebbe contemporaneamente alla deposizione degli strati sapropelitici Mediterranei, solitamente correlati a periodi di elevata piovosità in questa regione.

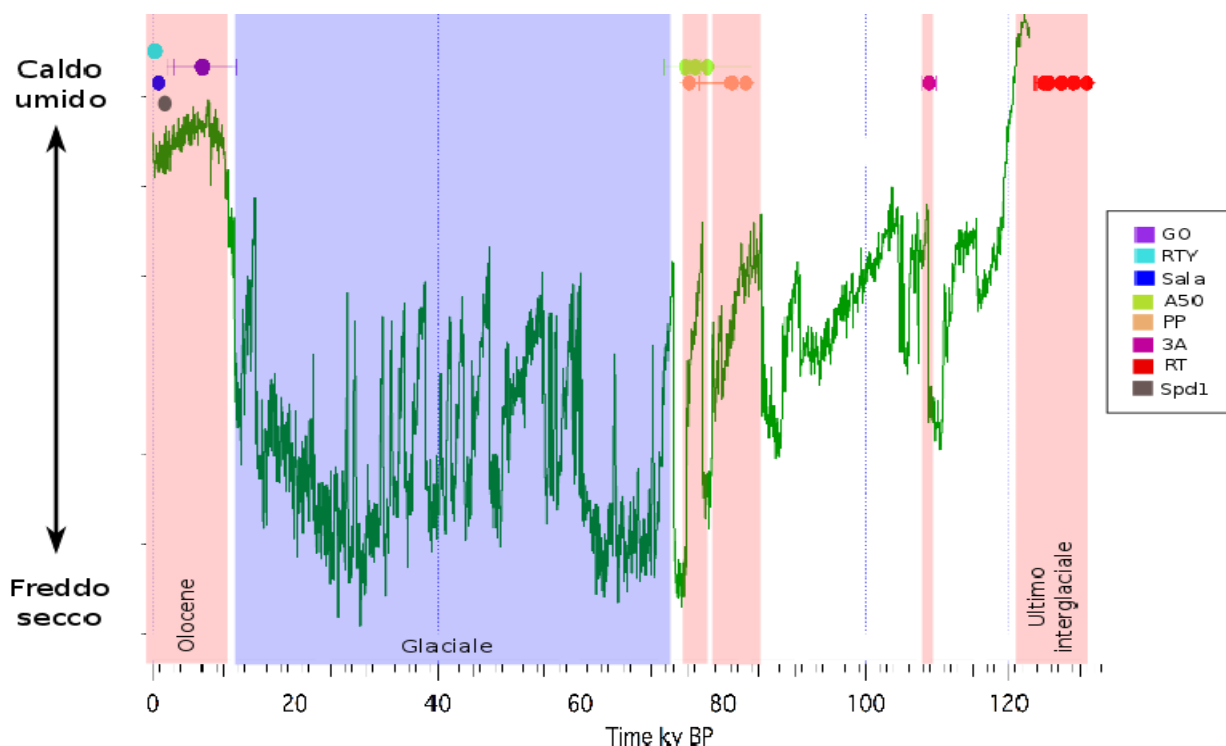


Figura 2. Età degli speleotemi e pulsazioni climatiche tardo pleistoceniche. L'ombreggiatura chiara indica la correlazione fra gli speleotemi e i periodi caldo-umidi, mentre l'ombreggiatura blu corrisponde all'ultima età glaciale che marca la sospensione della deposizione carbonatica.

Figure 2. Age of speleothems vs late Pleistocene climatic oscillations. The pink boxes correlate the speleothems with the warm-wet period, while the blue box corresponds to the last ice age that marked the termination of carbonate deposition.

Conclusioni

Queste osservazioni, ancora preliminari, sottolineano una stretta connessione fra oscillazioni climatiche millenarie e la produzione di speleotemi carbonatici nel contesto carsico evaporitico emiliano-romagnolo. Nonostante una trattazione più approfondita sia ostacolata dal corrente esiguo set di dati, esplorazioni recenti di altre grotte in questi sistemi hanno permesso di collezionare altri campioni che attendono di essere datati. Questi potrebbero portare alla luce cicli carsici ancora più antichi. L'approfondimento più logico di questa ricerca consisterà nell'analisi di ulteriori campioni provenienti da altri sistemi gessosi mediterranei (per esempio Sorbas in Spagna o le grotte negli estesi affioramenti gessosi della Sicilia e della Calabria), per determinare se queste dinamiche hanno un'impronta a scala regionale piuttosto che locale. La validazione di questo modello può dare l'opportunità di ancorare le pulsazioni climatiche mediterranee alla cronologia climatica globale, dando una nuova enfasi allo studio del carsismo nei gessi.

Ringraziamenti

Questa ricerca è stata effettuata nell'ambito di due tesi di dottorato, ancora in corso (AC e VC). Il campionamento dei frammenti di colata è stato fatto con la collaborazione di tanti speleologi dei gruppi della Federazione Speleologica della Regione Emilia Romagna (FSRER), in particolare del GAM Mezzano, del GSB/USB di Bologna, e del GSFa di Faenza. Un particolare ringraziamento a GARIBALDI (BALDO) SANSAVINI, MASSIMO ERCOLANI e PIERO LUCCI per i campionamenti nel Sistema del Re Tiberio, LUCA GRILLANDI, ROBERTO EVILIO, KATIA POLETTI, ALESSANDRO PIRAZZINI, ALAN NARDI, LUCA TAROZZI, MICHELE CASTROVILLI, ROBERTO CORTELLI, FRANCESCO GRAZIOLI, FABIO GIANUZZI ed ILENIA MARIA D'ANGELI. Questo progetto ha goduto di un finanziamento della FSRER e del GSFa.

Bibliografia

- CALAFORRA J.M., 1998. *Karstologia de yesos*. University de Almeria, Spain.
- CHENG H., EDWARDS R.L., SHEN C.-C., POLYAK V. J., ASMEROM Y., WOODHEAD J., HELLSTROM J., WANG Y., KONG X., SPÖTL C., WANG X., CALVIN ALEXANDER E., 2013. *Improvements in ^{230}Th dating, ^{230}Th and ^{234}U half-life values, and U-Th isotopic measurements by multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry*. Earth and Planetary Science Letters, **371-372**, 82-91.
- DE WAELE J., FABBRI F., FORTI P., LUCCI P., MARABINI S., 2013. *Evoluzione speleogenetica del sistema carsico del re Tiberio (Vena del gesso Romagnola): I gessi e la cava di Monte Tondo*. In: ERCOLANI M., LUCCI P., PIASTRA S., SANSAVINI B. (Eds.), *I Gessi e la Cave i Monte Tondo. Studio multidisciplinare di un'area carsica nella Vena del Gesso Romagnola*. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, **II (26)**, pp. 81-101.
- DRYSDALE, R. N., PAUL B. T., HELLSTROM J. C., COUCHOUD I., GREIG A., BAJO P., ZANCHETTA G., ISOLA I., SPÖTL C., BANESCHI I., REGATTIERI E., WOODHEAD J. D., 2012. *Precise microsampling of poorly laminated speleothems for U-series dating*. Quaternary Geochronology, **14**, 38-47.
- DRYSDALE R. N., ZANCHETTA G., HELLSTROM J., FALICK A. E., ZHAO J., 2005. *Stalagmite evidence for the onset of the Last Interglacial in southern Europe at 129 ± 1 ka*. Geophysical Research Letters, **32**, 1-4.
- FORTI P., 1997. *Speleothems in gypsum caves*. International Journal of Speleology, **25**, 91-104.
- FORTI P., RABBI E., 1981. *The role of CO_2 in gypsum speleogenesis: 1st contribution*. International Journal of Speleology, **11**, 207-218.
- HELLSTROM J., 2003. *Rapid and accurate U/Th dating using parallel ion-counting multi-collector ICP-MS*. Journal of Analytical Atomic Spectrometry, **18**, 135-136.
- HELLSTROM J., 2006. *U-Th dating of speleothems with high initial ^{230}Th using stratigraphical constraint*. Quaternary Geochronology, **1** (4), 289-295.
- ROVERI M., MANZI V., RICCI-LUCCHI F., ROGLEDI S., 2003. *Sedimentary and tectonic evolution of the Vena del Gesso basin (Northern Apennines, Italy): implications for the onset of the Messinian salinity crisis*. GSA Bulletin, **115** (4), 387-405.
- VAI G. B., MARTINI I. P., 2001. *Anatomy of an orogen: The Apennines and adjacent Mediterranean*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- WOODHEAD, J., HELLSTROM, J., MAAS, R., DRYSDALE, R., ZANCHETTA, G., DEVINE, P. AND TAYLOR, E., 2006, *U-Pb geochronology of speleothems by MC-ICPMS*: Quaternary Geochronology, **1** (3), 208-221.

CARATTERISTICHE MINERO-PETROGRAFICHE DI ALCUNI PARTICOLARI SPELEOTEMI DELLE GROTTA DI MATANZAS, CUBA

ILENIA MARIA D'ANGELI¹, TOMASO R.R. BONTIGNALI², NICOLA TISATO³, JO DE WAELE¹

¹ *Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali, Sezione di Geologia (BIGEA), Via Zamboni 67, 40126 Bologna; e-mail: ilenia.dangeli@alice.it; jo.dewaele@unibo.it*

² *ETH Zurich, Geological Institute, Soneggstrasse 5, 8092 Zurich, Switzerland;
tomaso.bontognali@erdw.ethz.ch*

³ *University of Toronto, Civil Engineering Department, 35 St. George street, M5S1A4, Toronto, Canada; e-mail: nicola.tisato@utoronto.ca*

Riassunto

Durante la spedizione organizzata da *La Salle 3D – International Team, Photo, Video and Documentation* nel Dicembre 2012 sono state studiate diverse grotte nei pressi di Matanzas, sulla costa settentrionale dell'Isola di Cuba a circa 90 km ad E dell'Avana. In particolare nella Cueva de Santa Catalina è presente una ricchissima associazione di speleotemi tra cui le comuni stalagmiti, stalattiti, colonne, vaschette, colate e perle di grotta, di recente formazione nelle attuali condizioni vadose, ma anche forme più rare come *cave clouds*, coni, calcite flottante, *folia* e "funghi" formati in tempi passati quando la grotta era parzialmente allagata. Sono le ultime ad aver reso famosa la grotta in tutto il mondo. In questo lavoro vengono illustrate le caratteristiche minero-petrografiche di questi rari speleotemi, che insieme alla morfologia degli stessi, portano ad ipotizzare l'ambiente molto particolare in cui si sono formate.

Parole chiave: concrezioni, speleogenesi, sezioni sottili, Cuba.

Abstract

MINERALOGICAL AND PETROGRAPHICAL CHARACTERISTICS OF SOME PECULIAR SPELEOTHEMS FROM THE MATANZAS CAVE, CUBA - *During the expedition organized by La Salle 3D – International Team, Photo, Video and Documentation in December 2012 several caves close to Matanzas, on the northern coast of Cuba 90 km E of Havana, have been investigated. In particular the Cueva de Santa Catalina hosts a wide variety of speleothems among which the common stalactites, stalagmites, columns, gours, flowstones, and cave pearls, that are still forming in the cave, but also rare forms such as cave clouds, cones, calcite rafts, folia and the "mushrooms" formed in the past when the cave was still partially flooded. These last speleothems have made this cave famous all over the world. In this paper the mineralogical and petrographical characteristics of these rare speleothems are illustrated, which, together with their morphology, allow to reconstruct the special environment in which they generated.*

Key words: concretions, speleogenesis, thin sections, Cuba.

Introduzione

La Grotta di Santa Catalina è localizzata lungo la costa N di Cuba a circa 20 km ad E dalla città di Matanzas (Fig.1), in un territorio caratterizzato da una serie di terrazzi marini datati dal Pliocene a oggi (DUCLOZ, 1963). Tali terrazzi sono costituiti da rocce carbonatiche eogenetiche, cioè poco diagenizzate e molto porose. L'ingresso della grotta si apre nel terrazzo di Yucayo (di età Pleistocenica) a circa 20 m s.l.m. e meno di 1 km dalla linea di costa. La grotta è caratterizzata da più di 10 km di gallerie che si sviluppano su tre livelli sub-orizzontali. Il livello superiore è costituito da passaggi labirintici e sale di varie dimensioni e forme connesse a strette gallerie. La morfologia generale degli ambienti indica che si tratta di un tipo di grotta costiera denominata *flank margin cave*, formata nella zona di miscelazione tra acqua marina e acqua dolce (MYLROIE & CAREW, 1990). La grotta di Santa Catalina ospita un'eccezionale associazione di speleotemi (Fig.1), i quali insieme al suo grande valore storico-culturale l'hanno resa, nel 1996, "Patrimonio Nazionale di Cuba".

Gli speleotemi della Grotta di Santa Catalina.

La grotta di Santa Catalina ospita concrezioni continentali come stalattiti, stalagmiti, colonne, colate, vaschette e

pisoliti, ma anche morfologie esotiche come coni, *cave clouds*, folia e i più famosi funghi. La calcite flottante è uno speleotema con forma piatta e spessore di alcuni decimi di millimetro composto da calcite o aragonite o più raramente gesso. Si forma in condizioni di forte evaporazione sul pelo dell'acqua (i.e. zona di interfaccia acqua-aria) che deve avere un alto grado di sovrassaturazione (JONES, 1989; HILL & FORTI, 1997).

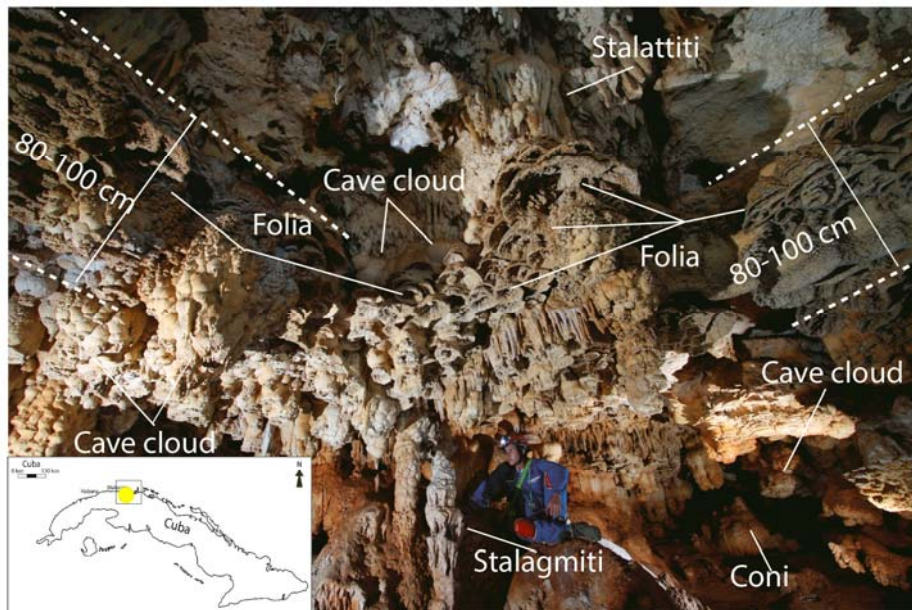


Figura 1. Visione d'insieme degli speleotemi e localizzazione della grotta. Foto: ANTONIO DANIELI (La Salle 3D).

Figure 1. Overview of the speleothems and location of Santa Catalina Cave. Photo: ANTONIO DANIELI (La Salle 3D).

Generalmente è di colore bianco, giallo o marroncino. La parte superiore della concrezione (i.e. lamella) è liscia, mentre la parte inferiore è piuttosto ondulata. Solitamente la larghezza non supera i 15 cm di diametro e 1 mm di spessore. Durante la sua crescita, una volta raggiunta una certa dimensione, il peso può superare la tensione superficiale offerta del pelo dell'acqua, cosicché le lamelle di calcite tendono ad affondare depositandosi sul fondo dello specchio d'acqua e producendo, in tal modo, depositi porosi (calcite e vuoti; Fig. 2A-B). Tali depositi possono raggiungere anche uno spessore metrico. Sotto punti di stillicidio, che favoriscono l'affondamento delle lamelle, si possono creare depositi a forma di cono (Fig. 2C). I cono possono raggiungere dimensioni metriche e, una volta che si trovano in condizioni subaeree, possono presentare un foro sulla sommità dovuto all'azione erosiva del continuo stillicidio. Spesso i cono inglobano speleotemi preesistenti (stalagmiti). Questi depositi di calcite flottante risultano ben cementati.

I cave cloud (Fig. 2D) anche noti come "mammillary calcite" (Kolesar & Riggs, 2004), sono speleotemi mammellonari di calcite o aragonite che generalmente si formano sul soffitto e sulle pareti della grotta. Sono tipici di ambienti sommersi con acqua immobile e un leggero grado di sovrassaturazione (Hill & Forti, 1997). Il soffitto di Santa Catalina è abbondantemente decorato da questi speleotemi. Spesso si presentano corrosi, mostrando forellini sub-millimetrici (Fig. 2E), formati a causa di processi di condensazione-corrosione. Si possono trovare morfologie sferiche oppure oblunghe, talvolta con un foro centrale di corrosione nella parte inferiore, circondato da coralloidi (Fig. 2D).

I baldacchini (o mensole) sono speleotemi sub-orizzontali di forma piatta composti di carbonato di calcio che si formano lungo le pareti della cavità o su altri speleotemi (Fig. 2F). Essi rappresentano la testimonianza di antichi livelli vadosi. Se la tavola d'acqua oscilla, durante la loro formazione, si possono creare più livelli adornati da tali concrezioni.

I funghi sono gli speleotemi che hanno reso Santa Catalina famosa in tutto il mondo (Fig. 2G). Nella parte superiore della grotta se ne contano più di 100 (Nuñez Jimenez, 1973). Si tratta di speleotemi complessi che possono raggiungere un'altezza di 2,5 m, un diametro del gambo di 0,5 m, e uno spessore del cappello di 0,8-0,9 m. I cappelli dei funghi hanno spesso i loro bordi inferiori ornati di vele. Il gambo del fungo è composto da 3 tipi di deposito che sottointendono la formazione attraverso diverse fasi genetiche. Una classica stalagmite è ricoperta da un deposito di calcite flottante (cono), seguito da una crosta di cave cloud. Se il cave cloud viene eroso il gambo mostra delle strutture poligonali. Infine, il cappello del fungo è composto da un deposito poroso di calcite la cui genesi non è ancora chiara.

Le folia sono degli speleotemi molto particolari, descritti soprattutto in grotte termali (AUDRA et al., 2009) (Fig. 2H). Si trovano prevalentemente sui soffitti e sulle pareti aggettanti. La loro direzione di crescita tende verso il basso e questi speleotemi assomigliano a *gours* invertite o coppe concave (HILL & FORTI, 1997). Nella grotta di Santa Catalina *le folia* sono ben sviluppate e si trovano principalmente in passaggi ciechi, nelle nicchie e vicino agli ingressi (connessi con la superficie esterna). Si sviluppano esclusivamente in una fascia verticale limitata di 0,8-1 m di spessore (D'ANGELI et al., 2014). La concavità è spesso coperta da strutture di piccole dimensioni che assomigliano a popcorn. Le folia, i cappelli dei funghi e i baldacchini sono posizionati sullo stesso livello, indicante la quota raggiunta dall'acqua (NUÑEZ JIMENEZ, 1973).

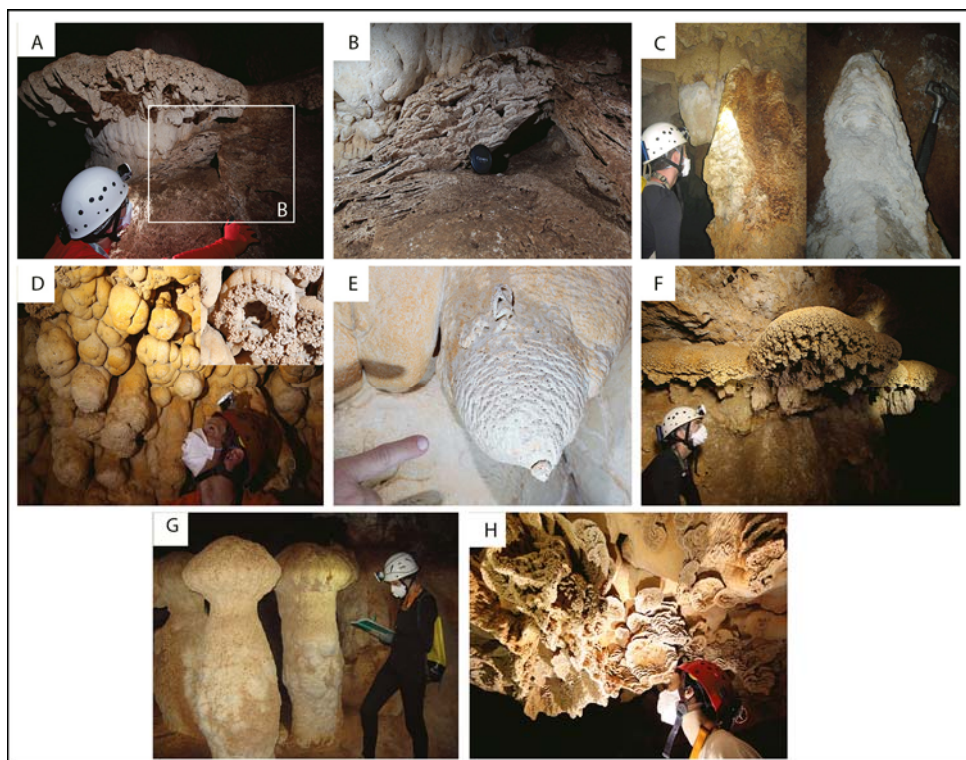


Figura 2. Gli speleotemi di Santa Catalina. A) depositi di calcite flottante e B) dettaglio; C) coni; D) Cave cloud, in alto a destra un dettaglio del foro centrale di corrosione e i coralloidi; E) forellini di corrosione; F) baldacchino; G) i famosi speleotemi a forma di fungo; H) le folia (Foto: NICOLA TISATO A,B,D,E,F,H; JO DE WAELE C,G).

Figure 2. The speleothems of Santa Catalina cave. A) calcite raft deposits and B) detail; C) raft cones; D) Cave cloud, detail of a corrosive hole and coralloids up right; E) millimetric condensation-corrosion holes F) shelfstone; G) the famous mushroom-shaped speleothems ; H) Folia (Photo: NICOLA TISATO A,B,D,E,F,H; JO DE WAELE C,G).

Petrografia degli speleotemi

Studi petrografici sono stati condotti su tutti gli speleotemi precedentemente descritti. Sono stati utilizzati il microscopio ottico a luce trasmessa Zeiss Axioplan dotato di Deltapix DP200 dell'Università di Bologna e un sistema ottico costituito da Optiphot e strumentazione Jenoptik dell'ETH di Zurigo. Tutti gli speleotemi analizzati presentano una struttura interna molto complessa. Nei *cave cloud* è possibile osservare come la parte più interna, ed antica, sia caratterizzata dalla presenza di una stalattite costituita di calcite con tessitura microcristallina (Fig. 3). Nei *cave cloud* a sfera tale stalattite è circondata da una tessitura aragonitica porosa, e da una tessitura aragonitica più compatta, che a sua volta è rivestita da una superficie esterna composta da bande di accrescimento di calcite (Fig. 3A). La parte superiore risulta coperta da uno strato di calcite flottante. Nel *cave cloud* a pera (Fig. 3B), invece, la stalattite è circondata nella parte superiore da una tessitura porosa aragonitica e in quella inferiore da una tessitura formata sia da aragonite che da calcite porosa. Il tutto è poi ricoperto da una concrezione aragonitica la cui tessitura è compatta e la superficie esterna è costituita da bande di accrescimento di calcite. Nella parte inferiore, questa morfologia presenta un foro centrale di corrosione che mostra pareti alterate.

La struttura della folia è costituita da un nucleo centrale pseudo-triangolare con tessitura mista di calcite, aragonite e vuoti (Fig. 4). I lati superiori del pseudocono sono coperti da calcite flottante (cr), e infine ricoperti da bande di accrescimento di calcite. La parte inferiore dello speleotema, che ha morfologia simile a popcorn, è costituita da calcite microcristallina.

Nella concrezione a forma di fungo i vuoti tra le lamelle di calcite del gambo sono riempiti da minerali di silice amorfa, azzurrite e gesso. Il cono è poi coperto da un'incrostazione di *mammillary calcite* o *cave cloud* con composizione aragonitica. Il cappello del fungo è caratterizzato da un deposito poroso costituito da calcite e vuoti spesso riempiti da minerali di cristallizzazione secondaria (calcite allungata).

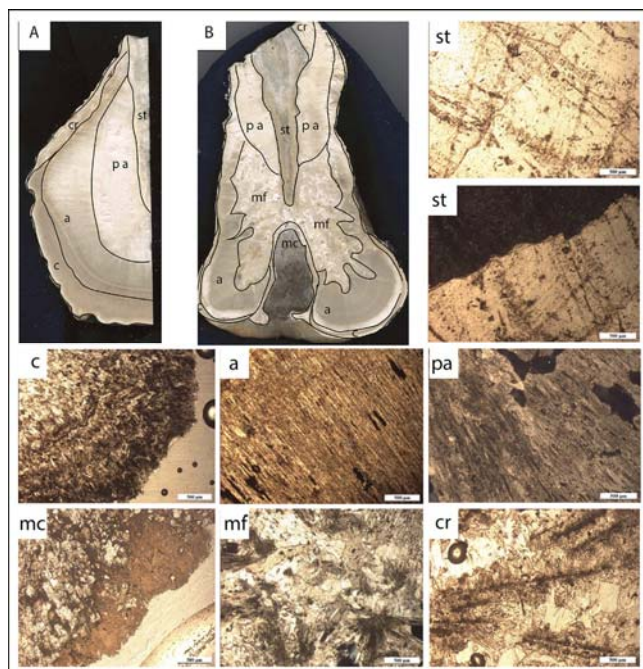


Figura 3. Struttura interna dei cave cloud. A) il cave cloud a forma di sfera; B) a forma di pera. "st" stalattite, "pa" aragonite porosa, "a" aragonite compatta, "c" bande di accrescimento di calcite, "cr" calcite flottante, "mf" tessitura mista composta da calcite-aragonite-vuoti, "mc" tessitura microcristallina dovuta ad alterazione.

Figure 3. The inner structure of the cave clouds. A) sphere-shaped cave cloud; B) pear-shaped cave cloud. "st" stalactite, "pa" porous aragonite, "a" dense aragonite, "c" slightly layered calcite, "cr" calcite raft, "mf" mixed fabric composed of calcite-aragonite-voids, "mc" microcrystalline fabric due to alteration.

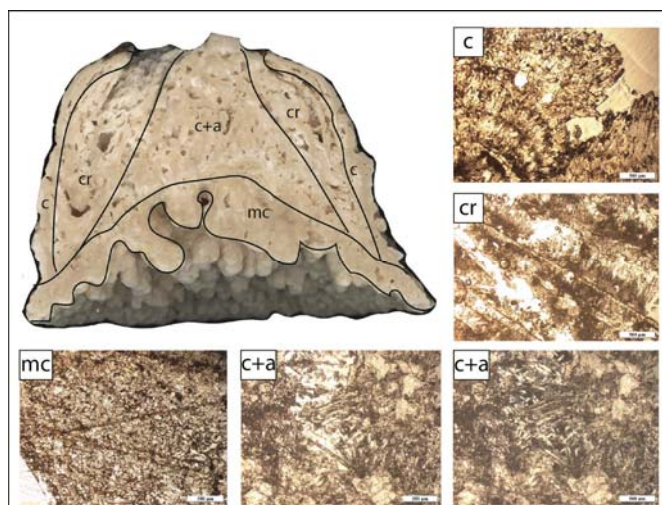


Figura 4. Struttura interna della folia. "c" bande di accrescimento di calcite, "cr" calcite flottante, "c+a" tessitura mista di calcite-aragonite-vuoti, "mc" calcite microcristallina.

Figure 4. Inner structure of the folia. "c" slightly layered calcite, "cr" calcite rafts, "c+a" mixed texture made of calcite-aragonite-voids, "mc" microcrystalline calcite.

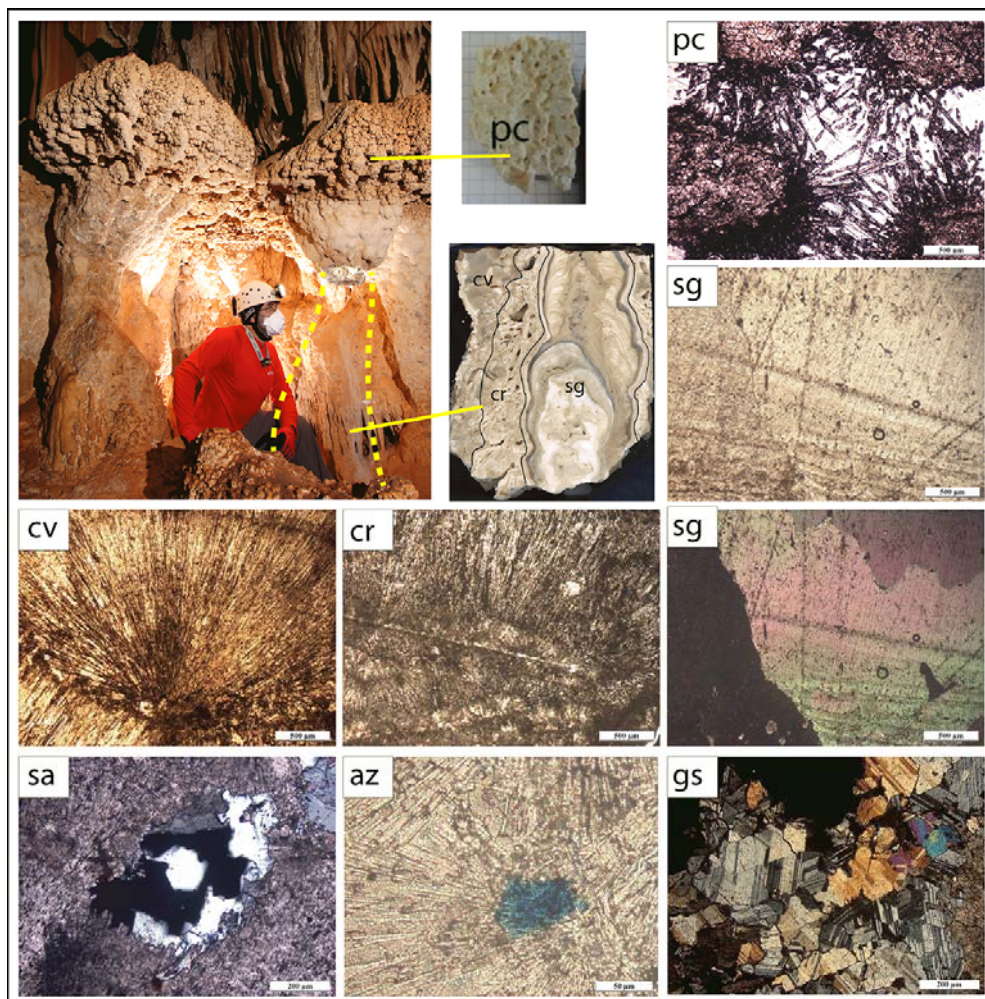


Figura 5. La struttura del fungo risulta piuttosto complessa. Il gambo è costituito da una stalagmite interna “sg” composta da calcite con tessitura microcristallina, circondata da un deposito di calcite flottante “cr” e vuoti coperti da un’incrostazione di cave cloud aragonitici “cv”. I vuoti del deposito di calcite flottante sono riempiti da minerali di silice amorfa “sa”, azzurrite “az” e gesso “gs”. Il cappello del fungo “pc” è costituito da calcite e vuoti riempiti con cristalli allungati di calcite.

Figure 5. The inner structure of the mushroom is complex. The stipe is composed of an inner stalagmite “sg” of calcite with microcrystalline fabric, surrounded by a porous deposit of calcite rafts “cr”, covered by an cave cloud aragonite crust “cv”. The voids of the calcite raft deposit are filled with amorphous silica “sa”, azurite “az” and gypsum “gs”. The mushroom’s hat is composed of porous calcite “pc”, the voids of which are filled with elongated calcite crystals.

Discussione e conclusioni.

La grotta di Santa Catalina è riccamente decorata da un’eccezionale associazione di speleotemi, costituita da morfologie molto rare. Nonostante l’associazione calcite flottante-cave cloud-fovia sia tipica di grotte di origine termale, la morfologia interna degli ambienti e la vicinanza del mare sono indizi di una *flank margin cave*. La volta della cavità non è mai più alta di 6 m e adornata da stalattiti, *cave cloud* e folia. Dei collassi locali hanno interessato il soffitto, producendo circolazione d’aria tra l’interno della grotta e la superficie esterna. Il pavimento è principalmente piatto e interamente coperto da depositi porosi di calcite flottante che raggiungono uno spessore di >2 m. Spesso la calcite flottante è stata depositata sotto forma di coni. Nella parte centrale delle gallerie i depositi sembrano aver subito un evento erosivo locale. Lungo le pareti della cavità e sulla parte alta dei coni si trovano anche delle morfologie a baldacchino, che tendono a creare un livello orizzontale. La presenza di minerali della silice, gesso e la grande quantità di calcite flottante indicano un ambiente con forte evaporazione, legata alla vicinanza con la superficie esterna e alla probabile presenza di intense correnti d’aria. Grazie allo studio geomorfologico di campagna e alle osservazioni effettuate sulla struttura interna degli speleotemi è stato possibile ipotizzare diverse fasi di formazione della grotta. La cavità si sarebbe formata in un periodo di stazionamento di “livello alto” del mare, grazie a processi di miscelazione tra acqua dolce proveniente dall’entroterra e acqua marina. Il seguente svuotamento della cavità ha permesso la formazione di

speleotemi continentali (stalattiti, stalagmiti). Questa fase sarebbe seguita da un riallagamento della cavità da parte di acque provenienti dall'entroterra. Le oscillazioni della tavola d'acqua avrebbero provocato la formazione di *cave clouds* in quei laghetti che presentavano acqua immobile e bassa sovrassaturazione. Mentre la formazione di una grande quantità di calcite flottante è da attribuirsi alla presenza di correnti d'aria e ad una più elevata sovrassaturazione. La formazione del cappello del fungo, dei baldacchini e delle folia sarebbe avvenuta più recentemente, in una zona di fluttuazioni (fascia di 0,8-1 m) della superficie d'acqua, probabilmente dovuta all'influenza delle maree che a Cuba sono di <2 m. Lo svuotamento improvviso della cavità avrebbe provocato l'erosione dei depositi di calcite flottante e delle incrostazioni mammellonari che ricoprivano i coni (Fig. 6).

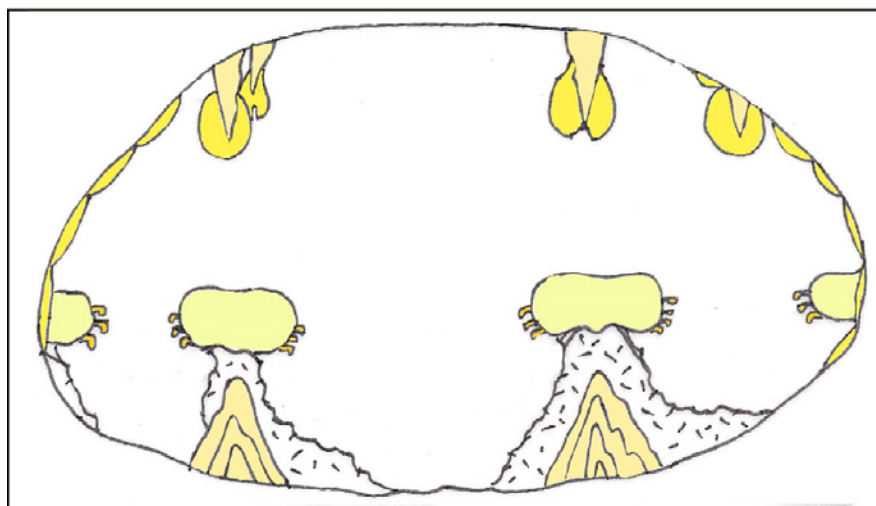


Figura 6. Ultima fase di formazione della grotta, che mostra la situazione attuale.

Figure 6. The last phase of Santa Catalina formation, showing how the cave appears today.

Ringraziamenti

La spedizione speleologica è stata resa possibile grazie all'organizzazione di La Salle 3D. Si ringraziano ERCILIO VENTO CANOSA per l'aiuto fornitoci nell'ottenere i permessi necessari per il campionamento, ed ESTEBAN GRAU e OSMANY CEBALLO per la collaborazione durante il periodo passato a Matanzas. CRISOGONO VASCONCELOS (ETH Zurich) ha fornito il supporto finanziario. Si ringraziano anche STEFANO TORRIANI e ANTONIO DANIELI per il supporto fotografico.

Bibliografia

- AUDRA P., MOCOCHAIN L., BIGOT J.Y., NOBÉCOURT J.C., 2009. *The association between bubble trails and folia: a morphological and sedimentary indicator of hypogenic speleogenesis by degassing, example from Adaouste Cave (Provence, France)*. International Journal of Speleology, **38**, 93-102.
- D'ANGELI I.M., DE WAELE J., MELENDRES CEBALLO O., TISATO N., SAURO F., GRAU GONZALES E.R., BERNASCONI S.M., TORRIANI S., BONTIGNALI T.R.R., 2014. *Genesis of folia in a non-thermal epigenic cave (Matanzas, Cuba)*. Geomorphology, DOI: 10.1016/j.geomorph.2014.09.006
- DUCLOZ C., 1963. *Etude géomorphologique de la région de Matanzas, Cuba*. Archives des Sciences Genève, **16** (2), 351-422.
- HILL C.A., FORTI P., 1997. *Cave Minerals of the World* (2nd ed.). National Speleological Society, Huntsville, Alabama.
- JONES B., 1989. *Calcite rafts, peloids, and micrite in cave deposits from Cayman Brac, British West Indies*. Canadian Journal of Earth Sciences, **26**, 654-664.
- KOLESAR P.T., RIGGS A.C., 2004. *Influence of depositional environment on Devil's Hole calcite morphology and petrology*. In: SASOWSKY I.D., MYLROIE J.E. (Eds.), *Studies of cave sediments: physical and chemical records of paleoclimate*. Kluwer/Plenum Academic Press, New York, 227-241.
- MYLROIE J.E., CAREW J.L., 1990. *The Flank margin model for dissolution cave development in carbonate platforms*. Earth Surface Processes and Landforms, **15**, 413-424.
- NUÑEZ JIMENEZ A., 1973. *Las formaciones fungiformes y su importancia para conocer las fluctuaciones del mar*. Proceedings of the VIth International Congress on Speleology, Olomouc, **1**, 519-527.

RELAZIONI TRA ASSETTO MORFOSTRUTTURALE E CARISMO IPOGEO DEI MONTI ALBURNI (CAMPANIA): RISULTATI PRELIMINARI

SIMONA CAFARO^{1,2}, ERWAN GUEGUEN^{3,4}, MARIO PARISE^{4,5}, MARCELLO SCHIATTARELLA¹

¹Dipartimento di Scienze, Università della Basilicata, Potenza; simona.cafaro@unibas.it,
marcello.schiattarella@unibas.it

²Gruppo Speleo Alpinistico Vallo di Diano

³CNR, IMAA, Potenza; gueguen@imaa.cnr.it

⁴Centro Altamurano Ricerche Speleologiche

⁵CNR, Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, Bari; m.parise@ba.irpi.cnr.it

Riassunto

Il Massiccio degli Alburni in Appennino meridionale è uno dei principali riferimenti per la speleologia dell'Italia meridionale, con circa 250 cavità naturali. Le attività speleologiche sull'area hanno rivelato da tempo il ruolo fondamentale svolto dalla tettonica sullo sviluppo dei sistemi carsici. Questa nota approfondisce tale aspetto e le sue relazioni con le variazioni dei livelli di base, tramite la rappresentazione cartografica delle diverse superfici erosionali sub-orizzontali relitte. I rilevamenti, svolti sia in ambiente epigeo che ipogeo, hanno evidenziato che, oltre ai sistemi tettonici principali che interessano l'intera area del massiccio (secondo le direttrici NO-SE e NE-SO), anche faglie a piccola scala e fratturazione pervasiva hanno una notevole influenza sulla selezione delle direzioni lungo le quali si impostano le cavità. L'analisi statistica delle 243 grotte esaminate ha evidenziato la disposizione del livello terminale delle cavità in 4 gruppi altimetrici, rispettivamente posti tra i 450-500, 800-850, 1050-1100 e 1300-1350 metri sul livello del mare. L'insieme dei dati indica un progressivo abbassamento (relativo) del livello di base, evidentemente connesso al sollevamento tettonico. L'individuazione di antiche superfici erosionali e dei morfolineamenti di origine tettonica, mediante analisi fotogeologica e rilievi sul campo, consente la suddivisione del massiccio in tre diversi settori (blocco occidentale, blocco orientale, blocco di M. Forloso). La discriminazione dei rapporti tra superfici relitte e faglie ed il conseguente riconoscimento dei sistemi tettonici più recenti può permettere di collegare la loro cinematica con quella delle strutture potenzialmente sismogenetiche, in un'area caratterizzata da elevata mobilità verticale.

Parole chiave: carsismo, morfotettonica, superfici erosionali, Monti Alburni.

Abstract

RELATIONS BETWEEN STRUCTURE AND KARST MORPHOSTRUCTURAL HYPOGEOUM MONTI ALBURNI (CAMPANIA): PRELIMINARY RESULTS - The Alburni Mts. represent one of the most important karst features of southern Italy, with about 250 registered caves localized within Mesozoic-Cenozoic carbonates of the Campania-Lucania platform. The whole carbonate massif is crosscut by two main fault sets, respectively trending NW-SE and NE-SW. Previous studies showed the close correlation between karst development and faults. This work aims at identifying the role played by tectonic structures on karst development and to put such structures in relationship with the remnants of erosional flat land surfaces, still recognizable on the carbonate massif. Our preliminary field results, after detailed surface and speleological surveys, beside confirming the correlation between main faults and cave development, also point out to the role played by small-scale faults and pervasive jointing. In fact, karst mainly localizes along mesoscale fault and joint zones, as well as along bedding planes. The statistical analysis of 243 investigated caves is consistent with the cave end levels grouped in four different altitude ranges (450-500, 800-850, 1050-1100, and 1300-1350 meters a.s.l., respectively). The aforementioned data suggest a lowering of the (relative) erosion base level due to tectonic uplift. In order to evaluate the role played by tectonic uplift on karst development, a geomorphological analysis of the several erosional surfaces, cropping out in the surrounding areas of the Alburni Mts. has been carried out. The cross-cutting relationships between faults and land surfaces will permit us to recognize the youngest fault sets and to link their kinematics with those of the closest seismogenetic structures, in an area of intense vertical mobility.

Key words: karst, morphotectonics, erosional land surfaces, Alburni Mts.

Introduzione

Il massiccio carbonatico degli Alburni rappresenta una delle principali aree carsiche dell'Italia meridionale (Fig. 1), ricadente nell'area del Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano ed Alburni, con un carsismo profondo molto sviluppato. L'area di studio è stata oggetto di numerose esplorazioni speleologiche a partire dagli anni '70, ma i dati circa l'architettura dell'intero sistema ipogeo sono ancora carenti. Il nostro lavoro mira a ricostruire la storia morfoevolutiva del massiccio carbonatico, sulla base dell'analisi degli aspetti geomorfologici e strutturali epigei ed ipogei.

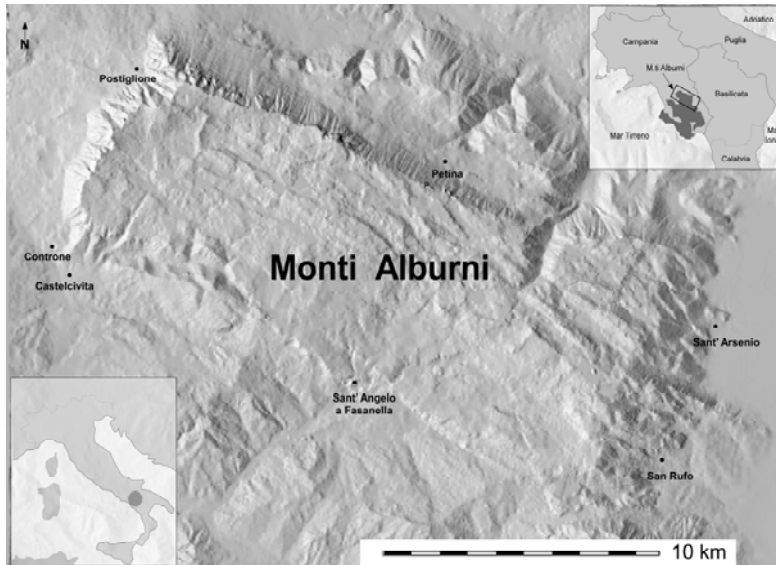


Figura 1. Inquadramento geografico dei Monti Alburni, Campania.

Figure 1. Geographical setting of the Alburni Mts., southern Italy

Inquadramento geologico e geomorfologico

Il Massiccio dei Monti Alburni ha un'estensione di circa 250 km² e asse di allungamento morfostrutturale in direzione NO-SE. Il rilievo è costituito da una potente successione di calcari meso-cenozoici, derivanti dal dominio paleogeografico della piattaforma campano-lucana (D'ARGENIO, 1974; D'ARGENIO ET AL., 1975; PATACCA & SCANDONE, 2007), e riferibili ad un ambiente di retroscogliera. Il Terziario è rappresentato prevalentemente da successioni argilloso-arenacee mioceniche, mentre solo sporadicamente affiorano le formazioni calcareo-marnose del Paleocene-Eocene. Il Cretaceo Superiore affiora invece molto estesamente ed è in questi calcari che il carsismo ha avuto uno sviluppo significativo. La successione degli Alburni afferisce all'Unità Alburno-Cervati-Pollino, caratterizzata da elementi strutturali con direzioni prevalenti N120° e N150°. Il margine nord-orientale del massiccio calcareo è rappresentato da un versante quasi rettilineo impostato lungo una faglia orientata N120° a carattere distensivo. L'altopiano è pervaso da lineamenti ad andamento N110°-120°, che hanno agito sia da svincoli a movimento orizzontale sia da faglie dirette. SANTANGELO & SANTO (1997), in un lavoro sul processo endocarsico degli Alburni, mettono in evidenza che il massiccio, oltre ad essere attraversato da importanti sistemi di faglia regionali orientati N30°, N70° e N120°, presenta picchi di frequenza nelle direzioni N50° e N140°, anche se i dati del sottosuolo delineano l'esistenza di un andamento antico in direzione E-O. Queste strutture hanno avuto un'attività sia normale che trascorrente, creando dei bassi strutturali nei quali sono stati preservati i depositi terrigeni miocenici. Al contatto tra rocce calcaree permeabili e formazioni flyschoidi impermeabili si impostano gli accessi dei principali inghiottitoi. Da un punto di vista geomorfologico, il massiccio studiato ha una fisionomia molto diversa da quelle degli altri rilievi calcarei dell'Appennino centro-meridionale. Presenta infatti un esteso altipiano, senza grandi dislivelli e coincidente con una superficie matura, orlato da versanti molto acclivi impostati su importanti linee di faglia. A queste importanti caratteristiche si aggiunge un diffuso carsismo epigeo, che si manifesta prevalentemente con doline (BRANCACCIO ET AL., 1972).

Presentazione dei dati

Analisi morfostrutturale

Uno studio dettagliato dei morfolineamenti e delle strutture della deformazione fragile è stato eseguito attraverso l'analisi di foto aeree e sul campo. L'assetto ipogeo è stato studiato attraverso indicizzazioni delle cavità carsiche, anche sulla base dei nuovi rilievi in grotta, definendone in tal modo alcune proprietà morfometriche.

L'analisi cartografica ed aereofotogrammetrica ha portato alla costruzione di una dettagliata carta morfostrutturale, sulla base della quale sono state condotte analisi statistiche dei dati di orientazione dei morfolineamenti tettonici. È stato così possibile suddividere la dorsale carbonatica in tre distinte unità morfostrutturali: l'unità Alburni NO, l'unità Alburni SE e l'unità Monte Forloso. Le prime due sono separate da un fascio di morfolineamenti con orientazione NE-SO, che assumono pertanto il ruolo di svincolo cinematico. La faglia bordiera listrica ad andamento N120° (Linea degli Alburni in GIOIA ET AL., 2011) è l'elemento che separa l'unità del Monte Forloso dai due blocchi degli Alburni, causando peraltro una vistosa rotazione degli strati del Forloso. Il diagramma in curva cumulata di Fig. 2, costruito secondo il metodo proposto da Gioia & Schiattarella (2010), mostra il confronto delle orientazioni dei lineamenti tettonici che attraversano le tre unità, evidenziando differenze non così rilevanti, mentre nel riquadro in alto della stessa figura è stato inserito un diagramma a rosetta comprensivo di tutti i morfolineamenti, in cui sono ben evidenti gli andamenti appenninico ed antiappenninico.

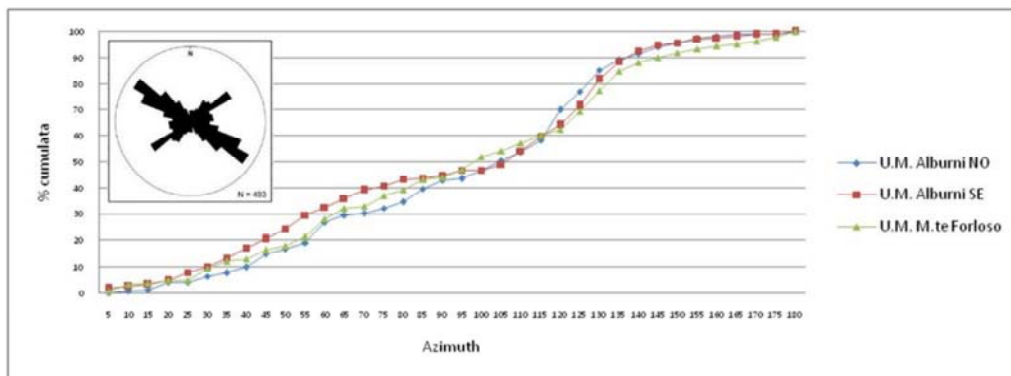


Figura 2. Diagramma in curva cumulata dei morfolineamenti derivanti dalle tre unità morfostrutturali dell'area di studio. Nel riquadro diagramma a rosetta sono riportati tutti i dati delle unità.

Figure 2. Azimuthal cumulative curve of morpholineaments from three different morphostructural blocks of the Alburni massif. In the inset, rose diagram of the overall data.

Il paesaggio fisico sommitale del massiccio è dominato da resti di superfici piane dislocate a varie quote, solo in piccola parte a controllo strutturale. Si tratta, infatti, di paleosuperfici prodotte in coincidenza di periodi di stabilità del livello di base dell'erosione. Questi lembi sub-orizzontali sono stati individuati e cartografati sulla base della loro posizione altimetrica, delle forme che le caratterizzano e delle relazioni con i diversi sistemi di faglie. È stato così possibile riconoscere almeno quattro ordini di paleosuperfici (Fig. 3), in accordo con il quadro morfostrutturale regionale (SCHIATTARELLA ET AL., 2003, 2013).

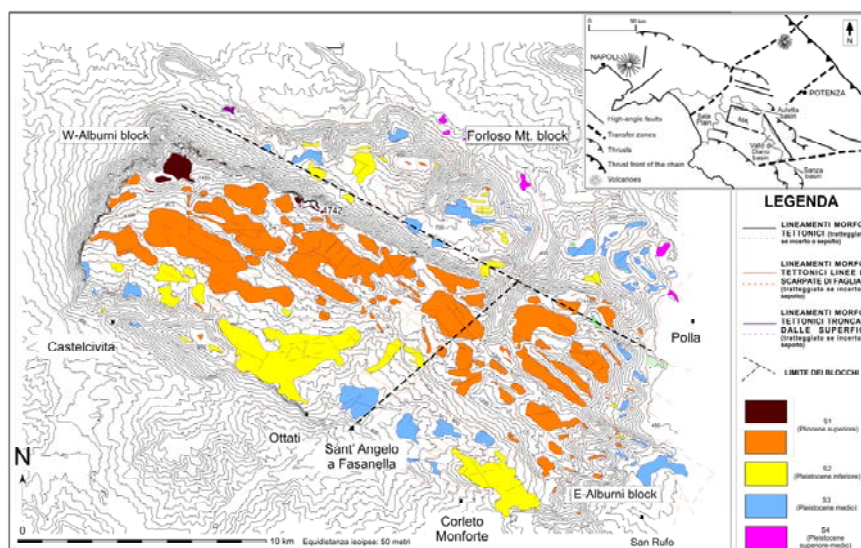


Figura 3. Carta morfostrutturale mostrante i diversi ordini di superfici erosionali relitte degli Alburn, nell'inset uno schema strutturale di una porzione dell'Appennino meridionale, MMA: Massiccio Monti Alburni.

Figure 3. Morphostructural map showing several orders of erosional land surfaces of the Alburni Mts, in the inset structural sketch map of southern Apennine, MMA: Alburni Mts Massif

Analisi morfometrica delle cavità carsiche

La distribuzione delle grotte all'interno del massiccio degli Alburni mostra che una delle aree a maggior concentrazione di cavità carsiche risulta essere localizzata a cavallo tra le unità morfostrutturali Alburni NO ed Alburni SE. Se questo dato non è falsato dalla logistica delle esplorazioni (ad esempio, a causa della presenza di diversi rifugi di montagna in quell'area), sembra probabile che il fascio di discontinuità tettoniche che separa le due unità suddette e le strutture della deformazione fragile associata abbiano pilotato efficacemente il fenomeno endocarsico, come testimoniato dall'esistenza di oltre 250 cavità. Per altro, un fascio di strutture con effetto tamponante i *reservoir* idrici delle due porzioni contigue era stato invocato da CELICO ET AL., 1994), pur con diversa orientazione. Una prima analisi statistica ha riguardato la distribuzione delle quote del fondo delle grotte (caratterizzanti, cioè, il punto più profondo della grotta con un volume dei vuoti tale da permettere l'accesso dell'uomo). Il diagramma (Fig. 4) ha messo in evidenza l'esistenza di almeno cinque *range* altimetrici (400-500, 600, 700-750, 1000-1050 e 1250 m s.l.m.).

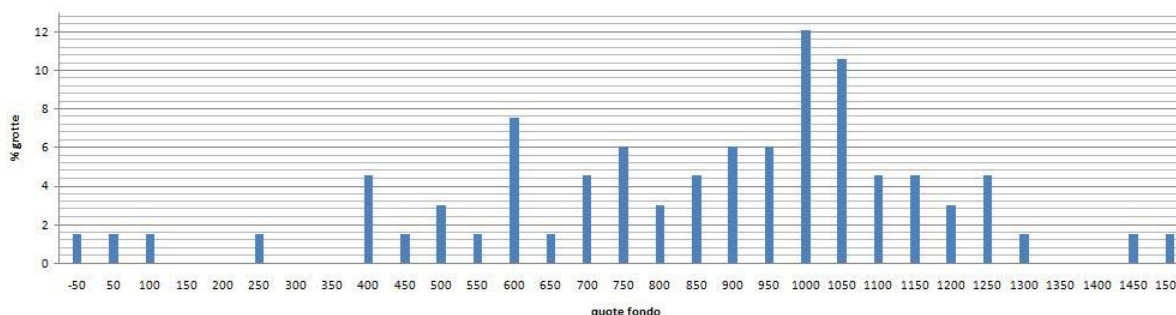


Figura 4. Diagramma delle terminazioni delle cavità carsiche.

Figure 4. Diagram of the end levels of caves.

I dati morfometrici ricavati dai rilievi delle cavità carsiche (lunghezza, area, altitudine, orientazione) sono stati utilizzati per il calcolo di indici geomorfici (PICCINI, 2011), particolarmente significativi per il tipo di studio effettuato. Lo scopo è quello di conoscere la distribuzione superficiale e verticale delle grotte per tentare di stabilire una relazione con l'evoluzione del massiccio in cui esse si sviluppano. Per descrivere la forma di ogni grotta sono stati utilizzati diversi parametri dimensionali che riguardano il loro andamento orizzontale e verticale. La relativa combinazione permette di ricavare semplici indici geomorfici che possono mettere in evidenza importanti caratteristiche morfometriche di una grotta (KLIMCHOUK, 2003; PICCINI, 2011). Gli indici sono: *Indice di verticalità* (V_i) = R_v/L_r , il cui *range* va da 1 a 0 e misura gli effetti delle discontinuità tettoniche sull'andamento planimetrico e soprattutto su quello verticale delle cavità, e *Indice di orizzontalità* (H_i) = L_p/L_r , con un *range* da 1 a 0. Grotte con H_i grande sono quelle con sviluppo prettamente orizzontale. L'indice V_i rende conto del controllo che le discontinuità strutturali hanno sullo sviluppo verticale delle cavità. Come si evince dal grafico di Fig. 5, su un totale di 243 grotte, solo il 20 % possiede un $V_i > 0.6$, denunciando quindi un controllo strutturale su tale percentuale, a fronte di un più generale *driving* tettonico sull'andamento planimetrico delle grotte degli Alburni.

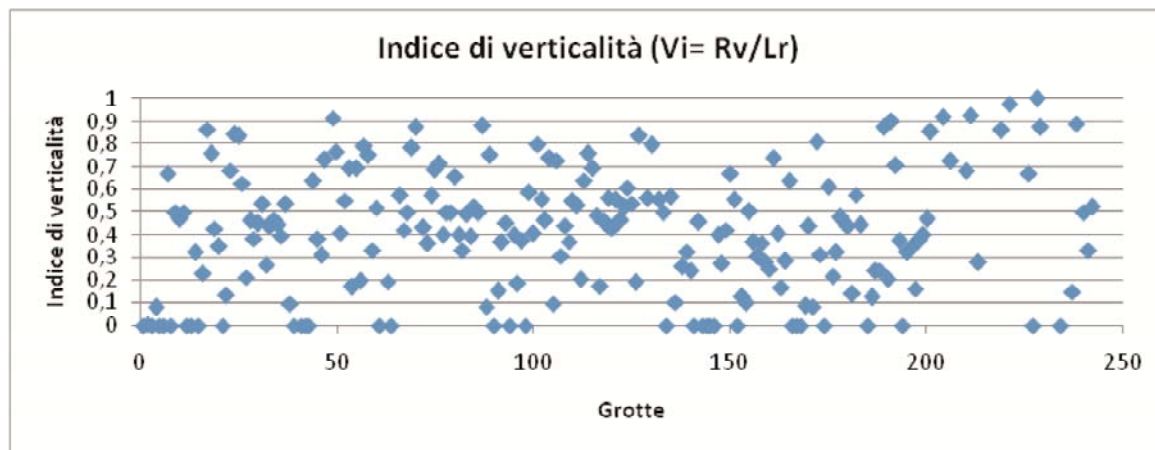


Figura 5. Grafico dell'Indice di Verticalità, che mostra il controllo strutturale sullo sviluppo verticale delle cavità.

Figure 5. Plot of the Verticality Index, showing the structural control on the vertical development of caves.

Per l'indice di orizzontalità H_i sono state prese in considerazione grotte con una lunghezza planimetrica superiore a 20 metri (Fig.6).

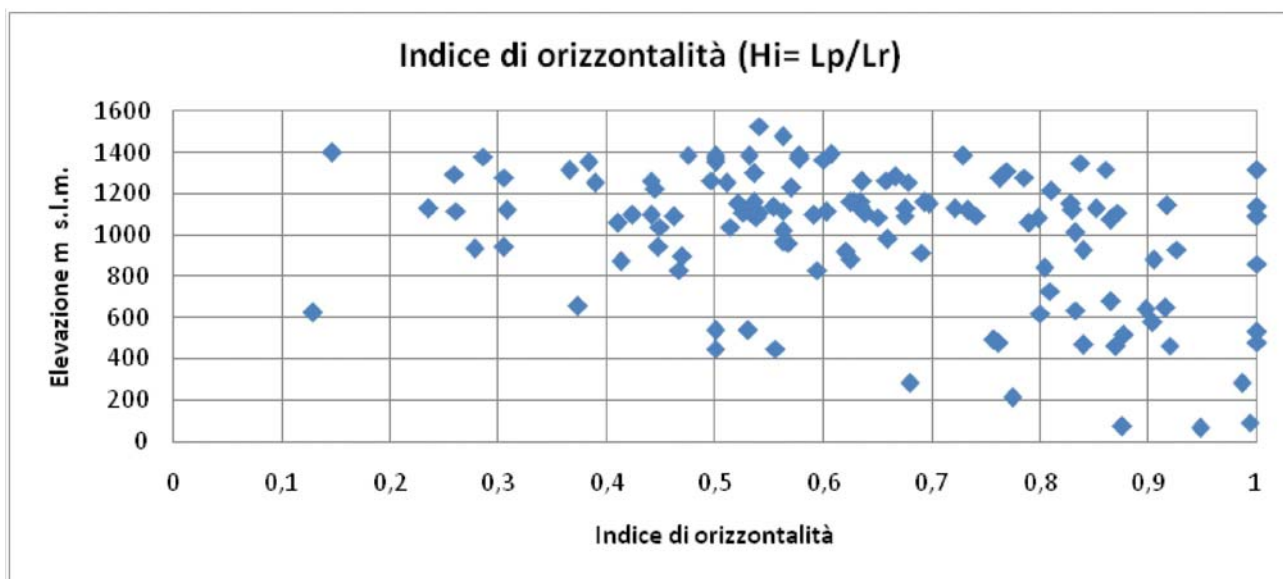


Figura 6. Indice di orizzontalità in relazione all'altimetria delle grotte dei Monti Alburni.

Figure 6. Horizontality Index vs altitude calculated for the caves of the Alburni Mts.

Il diagramma di Fig. 6 ha messo in evidenza che poche grotte possiedono un *Indice di Orizzontalità* ($0.8 \geq H_i \geq 1$) tale da mostrare uno sviluppo prevalentemente orizzontale. Inoltre, è stato verificato che le cavità aventi H_i compreso tra 0.8 e 1 sono rappresentate da risorgenze attive e subordinatamente fossili, e da cavità in cui attualmente c'è ancora scorrimento d'acqua in profondità. Questa osservazione suggerisce che i tratti a sviluppo orizzontale delle cavità carsiche dei Monti Alburni non sono necessariamente in relazione a stazionamenti antichi del livello di base dell'erosione.

Discussione e conclusioni

L'analisi morfostrutturale effettuata sul massiccio degli Alburni mostra che i morfolineamenti tettonici principali hanno *trend* preferenziali in direzione N110°-130° ed in direzione antiappenninica (NE-SO). La suddivisione in tre unità morfostrutturali del rilievo ha permesso di confrontare distribuzione di superfici relitte, deformazione fragile, e sviluppo planimetrico delle cavità carsiche. Nell'area dell'unità Alburni NO si osserva che l'andamento planimetrico delle cavità viene condizionato dalla fratturazione, che sembra invece non incidere in modo così significativo sullo sviluppo verticale delle grotte.

La rappresentazione cartografica dei lembi di paleosuperfici e la loro analisi morfologica ha permesso di riconoscere quattro ordini cronologici. La genesi della superficie più antica (S1) può essere attribuita al Pliocene Superiore (SCHIATTARELLA ET AL., 2013), mentre la disattivazione tettonica di questa e degli altri ordini avviene nel corso del Pleistocene. Alcune famiglie di faglie vengono rasate completamente dalle superfici erosionali sommitali, come nel caso di quelle orientate E-O e N-S, e sono quindi più antiche del Pliocene Superiore. Gran parte dei morfolineamenti tettonici con orientazione N70° e N150° risultano essere troncati erosivamente dalle paleosuperfici dell'ordine S2, e appaiono quindi più antichi del Pleistocene Inferiore, età della disattivazione di quell'ordine di superfici spianate (Fig. 3).

Altre faglie con andamento N120° dislocano le superfici più antiche ma mostrano in genere carattere di *fault line scarp*, e denunciano dunque un'attività piuttosto antica. Le strutture perimetrali con lo stesso *trend* mostrano al contrario un'attività perdurante fino a tempi più recenti, come nel caso della Linea degli Alburni (GIOIA ET AL., 2011), legata alla rapida surrezione dell'intero massiccio carbonatico. In aggiunta a ciò, le analisi morfometriche del carsismo ipogeo hanno messo in risalto l'assenza di cavità antiche a prevalente andamento orizzontale, rafforzando l'ipotesi di un sollevamento tettonico piuttosto veloce, che avrebbe inibito lo stazionamento ad uno stesso livello di base per un tempo sufficientemente lungo da generare tratti orizzontali significativi, mentre promuoveva lo sviluppo di cavità prevalentemente verticali. Le quote fondo delle grotte suggeriscono comunque l'esistenza di più *cluster*, forse correlabili a diversi paleolivelli di base dell'erosione.

Ringraziamenti

Questo lavoro è stato finanziariamente supportato dal Progetto WALL - *Water and Land Legacy* - GAE: PWall-2 (resp. E. Gueguen) e da Fondi di Ateneo RIL 2011-2013 dell'Università degli Studi della Basilicata (resp. M. Schiattarella).

Bibliografia

- BRANCACCIO L., CIVITA M., VALLARIO A., 1972. *Prime osservazioni sui problemi idrogeologici dell'Alburno (Campania)*. Atti Incontri Internazionali di Speleologia, Salerno, 20-23 luglio 1972, pp. 19-35.
- CELICO P., PELELLA L., STANZIONE D., AQUINO S., 1994. *Sull'idrogeologia e l'idrogeochimica dei Monti Alburni (SA)*. *Geologica Romana*, **30**, 687-698.
- D'ARGENIO B., 1974. *Le piattaforme carbonatiche periadriatiche. Una rassegna di problemi nel quadro geodinamico esozioico dell'area mediterranea*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **13** (2), 137-159.
- D'ARGENIO B., PESCATORE T., SCANDONE P., 1975. *Structural pattern of the Campania-Lucania Apennines*. In: L. OGNIBEN, M. PAROTTO, A. PRATURLON (Eds.), *Structural model of Italy*, Quaderni de La Ricerca Scientifica, **90**, 313-327.
- GIOIA D., SCHIATTARELLA M., 2010. *An alternative method of azimuthal data analysis to improve the study of relationships between tectonics and drainage networks: examples from southern Italy*. *Z. Geomorph.*, **54** (2), 225-241.
- GIOIA D., SCHIATTARELLA M., MATTEI M., NICO G., 2011. *Quantitative morphotectonics of the Pliocene to Quaternary Auletta basin, southern Italy*. *Geomorphology*, **134**, 326-343.
- KLIMCHOUK A. B., 2003. *Cave morphometry*. In: J. GUNN (Ed.), *Encyclopedia of cave and karst science*, Fitzroy Dearborn, New York, pp. 1120-1125.
- PATACCA E., P. SCANDONE P., 2007. *Geology of the Southern Apennines*. *Boll. Soc. Geol. It. (Ital. J. Geosci.)*, Vol. Spec. **7**, 75-119.
- PICCINI L., 2011. *Recent developments on morphometric analysis of karst caves*. *Acta Carsologica*, **40** (1), 43-52.
- SANTANGELO N., SANTO A., 1997. *Endokarst processes in the Alburni massif (Campania, Southern Italy): evolution of ponors and hydrogeological implication*. *Z. Geomorph.*, **41**, 229-246.
- SCHIATTARELLA M., DI LEO P., BENEDEUCE P., GIANO S.I., 2003. *Quaternary uplift vs tectonic loading: a case-study from the Lucanian Apennine, southern Italy*. *Quaternary International*, **101-102**, 239-251.
- SCHIATTARELLA M., GIANO S.I., GIOIA D., MARTINO C., NICO G., 2013. *Age and statistical properties of the summit palaeosurface of southern Italy*. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, **36** (2), 289-302.

LA GROTTA DEI PERSONAGGI DI MONTEVAGO (AG), UNA NUOVA SEGNALAZIONE DI CAVITÀ IPOGENICA IN SICILIA

MARCO VATTANO^{1,2}, GIOVANNA SCOPELLITI¹, ANTONIO FULCO^{2,3}, RICCARDO PRESTI², LUISA SAUSA², PIETRO VALENTI², CIPRIANO DI MAGGIO¹, MARIO LO VALVO³, GIULIANA MADONIA^{1,2}

¹ Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare, Università di Palermo, via Archirafi 22, 90123 Palermo; marco.vattano@unipa.it, giuliana.madonia@unipa.it, giovanna.scopelliti@unipa.it

² ANS "Le Taddarite", via Terrasanta 46, 90141 Palermo

³ Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche Chimiche e Farmaceutiche, Università di Palermo, via Archirafi 18, 90123 Palermo; mario.lovalvo@unipa.it

Riassunto

La Grotta dei Personaggi è localizzata in Sicilia occidentale, nei pressi di Monte Magaggiaro, a S del centro abitato di Montevago (AG). Nell'area sono presenti sorgenti termali, caratterizzate da acque cloro-solfate alcalino-terrose con temperatura di circa 40 °C e pH 7. La Grotta dei Personaggi, conosciuta già dai primi anni del 1900 e nota anche per ritrovamenti archeologici, non era mai stata dettagliatamente rilevata e studiata. La cavità si sviluppa prevalentemente in calcari di piattaforma della formazione Inici (Giurassico inf.) e in calcari di scarpata e pelagici della formazione Buccheri (Giurassico inf.-sup.). Si tratta di una cavità sub-orizzontale che presenta uno sviluppo di circa 1,7 km, un dislivello ascendente di 15 m e discendente di 32 m. Il pattern dei condotti è labirintico e strettamente influenzato dalla struttura geologica; non ci sono veri e propri pozzi, ma soltanto fratture che si restringono in profondità; i rami ascendenti sono caratterizzati da cupole che si compenetrano verso l'alto. Tra le altre morfologie si riconoscono buchi da stillicidio, canali di condensazione-corrosione, sfere di condensazione, bocche alimentatrici, pilastri e tramezzi. All'interno della cavità sono presenti anche una colonia di chiroteri e diversi depositi di minerali ancora in fase di studio. L'analisi delle morfologie a grande e media scala e la presenza di acque termali nell'area fanno ipotizzare che la genesi di questa cavità sia legata a processi ipogenici.

Parole chiave: Grotta ipogenica, Grotta dei Personaggi, Monte Magaggiaro, Sicilia

Abstract

GROTTA DEI PERSONAGGI AT MONTEVAGO (AGRIGENTO PROVINCE), A NEW HYPOGENIC CAVE IN SICILY - The Grotta dei Personaggi cave is located in western Sicily, near Monte Magaggiaro, on the S side of the Montevago village. In the area there are thermal springs, characterized by alkaline earth sulphate-chloride water with an average temperature of 40 °C and pH 7. The Grotta dei Personaggi is known since the early 1900s and is famous for the archaeological findings, but it was never surveyed and studied in detail. The cavity developed in platform limestones (Inici fm., Lower Jurassic) and in scarp to basin limestones (Buccheri fm., Lower-Upper Jurassic). It is a sub-horizontal cave that, until now, shows a length of roughly 1,7 km, a rise 15 m and a depth 32 m. The pattern of the cave is mazed, influenced by the geological structure; there are no true shafts, but fractures narrowing at depth; the rising branches are characterized by cupolas interpenetrating upwards. Among the subterranean morphologies drip holes, condensation-corrosion channels, condensation cupolas, feeders, pillars and partitions are recognized. In the cavity there is also a bat colony and different mineral deposits which are both still undergoing study. The analysis of large and mid-scale morphologies and the presence of hot springs in the area do suggest that the genesis of this cave is linked to hypogenic processes.

Key words: Hypogenic cave, Grotta dei Personaggi, Monte Magaggiaro, Sicily.

Introduzione

Gli studi sul processo carsico di tipo ipogenico hanno subito negli ultimi anni una forte accelerazione e questo ha fatto sì che i modelli speleogenetici di molte cavità conosciute siano stati rivisitati, riconoscendo spesso l'azione delle acque salienti. L'acqua ipogenica presenta spesso un certo grado di termalismo e la presenza di

gas come CO₂ o H₂S. Le differenze principali rispetto alle grotte epigeniche sono l'assenza di depositi alluvionali, particolari depositi di minerali, differenti morfologie e meccanismi speleogenetici (KLIMCHOUK & FORD, 2009; PALMER, 2011). In Sicilia, in seguito alle attività del progetto *HypoSicily*, realizzato con la collaborazione tra le Università di Palermo, di Bologna e di Nizza, sono già stati identificati e studiati alcuni sistemi carsici la cui genesi è imputabile a processi di tipo ipogenico (VATTANO et al, 2013). Grazie alle sempre più approfondite conoscenze su questo tipo di processo e agli studi effettuati sul campo, è stato possibile riconoscere e aggiungere ai sistemi ipogenici della Sicilia anche la Grotta dei Personaggi la cui descrizione verrà data nelle pagine seguenti.

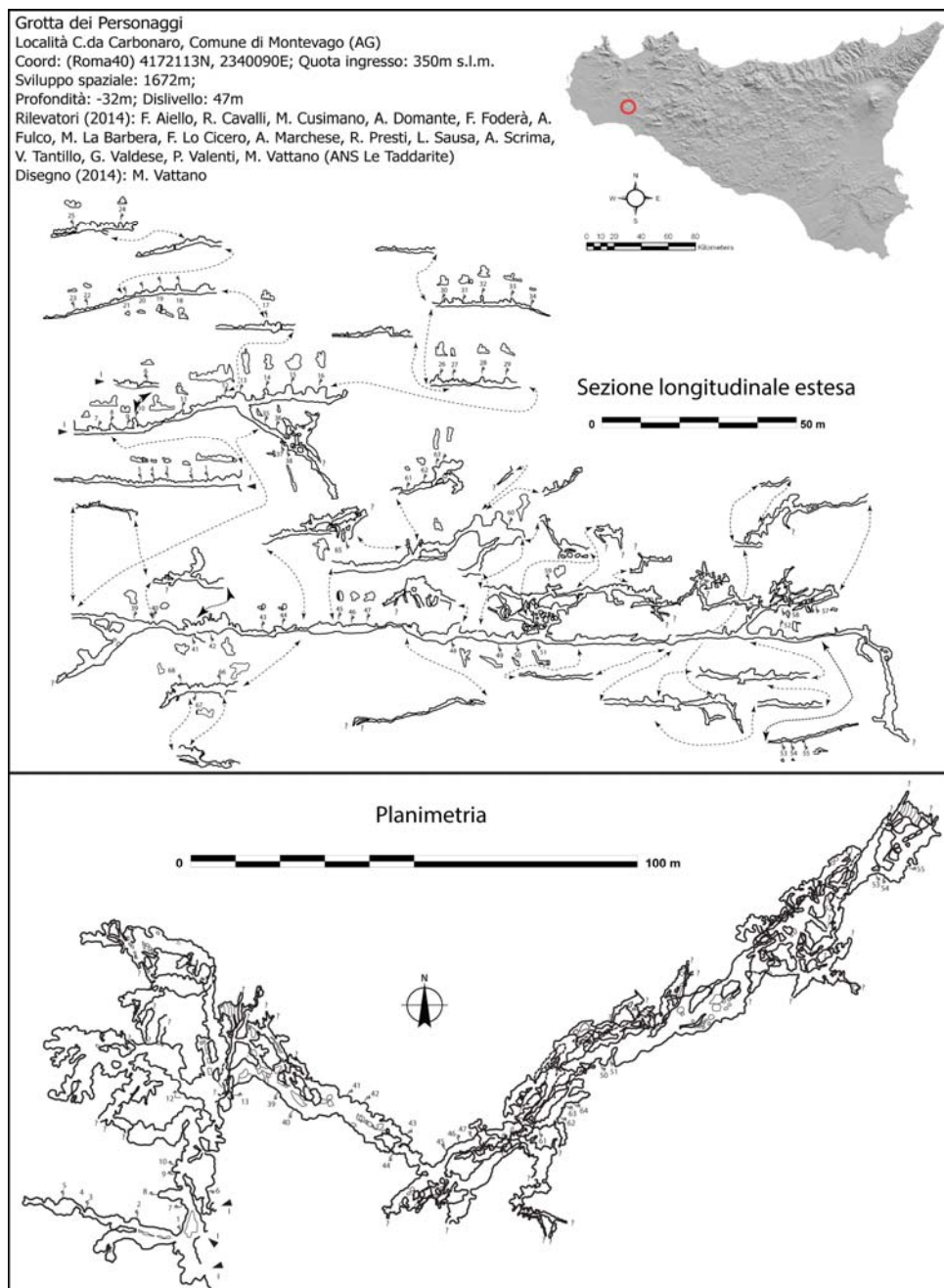


Figura 1. Localizzazione dell'area e rilievo topografico della Grotta dei Personaggi.

Figure 1. Localization of the area and topographic survey of the Grotta dei Personaggi.

Inquadramento geografico e geologico

La Grotta dei Personaggi è localizzata alle pendici nord-occidentali di Monte Magaggiaro, a sud del centro abitato di Montevago (AG) nella Sicilia sud-occidentale. Dal punto di vista geologico nell'area sono presentiaffioramenti carbonatici, clastico carbonatici, argillo-sabbiosi e calcarenitici, di età compresa tra il Triassico superiore e il Pliocene superiore, interessati da dislocazioni tettoniche plio-pleistoceniche orientate

NE-SO e NO-SE (MONTELEONE & PIPITONE, 1991). La Grotta dei Personaggi si sviluppa prevalentemente in due differenti litotipi: a) calcari bianchi di piattaforma ben stratificati in grossi banchi, con piccoli gasteropodi, brachiopodi e lamellibranchi (fm. Inici, Giurassico inferiore); b) calcilutiti massive o nodulari da rossastre a brune, talora verdastre, con ricche associazioni ad ammoniti, aptici, belemniti, brachiopodi ed echinodermi di ambiente di scarpata e pelagico (fm. Buccheri, Giurassico inferiore-superiore) (DI STEFANO et al., 2013). Per quanto rilevato all'interno della grotta, le discontinuità principali sono rappresentate da giunti di stratificazione e faglie orientate nelle direzioni N-S, NE-SO e NO-SE concordanti con le direzioni delle discontinuità tettoniche rilevabili in superficie. A circa 3 km a NO rispetto l'area della Grotta dei Personaggi, sono presenti sorgenti termali, utilizzate anche a scopo terapeutico-ricreativo, caratterizzate da acque cloro-solfato alcalino-terrose con temperature intorno a 40° e pH 7 (FAVARA et al, 2001).

La Grotta dei Personaggi

La Grotta dei Personaggi è una cavità che, per quanto fin ora rilevato, ha un dislivello positivo di 15 m, uno negativo di 32 e uno sviluppo di circa 1700 m (Fig. 1). Lo sviluppo della grotta è fortemente influenzato da litologia, direzione dei piani di strato e presenza di discontinuità tettoniche. Nei carbonati del Giurassico inferiore si riconoscono gallerie sub-orizzontali di dimensioni ridotte, più larghe che alte, e con un pattern labirintico (Fig. 2C), sviluppate lungo i giunti di stratificazione. In corrispondenza dei calcari con ammoniti, sono stati rilevati passaggi allungati verticalmente, spesso sovrapposti su più livelli o disposti parallelamente tra loro, impostati sempre lungo la stessa discontinuità tettonica (Fig. 2A, D). Proprio questo fattore fa sì che lo sviluppo della grotta sia più di 7 volte superiore alla sua estensione (pari a circa 200 m). Sono state rilevate numerose morfologie verosimilmente riconducibili a processi ipogenici, tra cui le più significative sono rappresentate da fratture che si restringono in profondità (*feeders*) e da rami ascendenti caratterizzati da cupole che si anastomizzano e compenetrano verso l'alto. In particolare sono state individuate meso- e micro-morfologie già riconosciute in grotte ipogeniche (AUDRA et al., 2009), del tipo: a) cupole e megascallops (Fig. 2B, C) che si ritrovano in ogni passaggio della grotta; b) canali di condensazione-corrosione spesso associati alle cupole e diffusi nella maggior parte dei vani; c) pilastri e tramezzi (Fig. 2C, D, E); d) fori da stillicidio presenti in particolar modo negli ambienti più a NO della grotta; e) *box work*; f) pareti uniformemente alterate; g) *vents*; h) terminazioni cieche; i) *feeders* presenti sia come fratture di alimentazione (Fig. 2A, D), sia come condotti verticali che si sviluppano anche per 15 m (Fig. 2E).

La chirotterofauna

Durante le indagini speleologiche è stata rilevata una certa abbondanza di guano e la presenza di una consistente colonia di chirotteri. Si tratta di un'aggregazione monospecifica di Ferro di cavallo mediterraneo *Rhinolophus euryale* (BLASIUS, 1853) (Fig. 2F).

Nell'ambito delle attività all'interno della grotta sono state effettuate alcune catture, previa autorizzazione ministeriale, della Regione Siciliana e dell'ISPRA, che hanno rivelato la presenza di sole femmine, dato che fa presupporre l'utilizzo del sito anche come *nursery*. Per limitare lo stress alla colonia solo pochi esemplari sono stati catturati e, successivamente all'identificazione e alle principali analisi morfometriche, sono stati subito rilasciati. La specie è stata osservata all'interno del *roost* nei mesi di Marzo, Aprile, Settembre, Ottobre e Novembre 2014. *R. euryale*, specie sedentaria (AGNELLI et al., 2004), con buona probabilità utilizza la Grotta dei Personaggi per tutto il suo ciclo biologico annuale. Tuttavia la complessità del sito non permette un facile monitoraggio della colonia che utilizza più di un ambiente di cui è costituita la grotta. A livello nazionale *R. euryale* è minacciata d'estinzione e presenta uno status vulnerabile (VU) (IUCN, 2013); è presente inoltre negli allegati II e IV della Direttiva Habitat (92/43/CEE) nei quali sono presenti le specie per le quali è prevista una "protezione rigorosa" oltre che sottolinea l'importanza dell'individuazione di Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e la successiva designazione dei suddetti siti come Zone Speciali di Conservazione (ZSC)(IUCN, 2013). La specie, di particolare interesse conservazionistico, è elencata anche nelle convenzioni internazionali di Bonn (EUROBATS), Berna (IUCN, 2013). I dati sulla presenza di *R. euryale* in Sicilia sono scarsi e frammentari dunque la sua popolazione è ampiamente sottostimata (AGNELLI et al., 2008). I *roost* noti riguardano tre grotte della Sicilia orientale (KLEMMER & KRAMPITZ, 1954; CARUSO & COSTA, 1978; CARUSO & GRASSO, 1996) e na della Sicilia centro-occidentale (ZAVA et al., 1986).

I minerali

I campioni selezionati di materiale precipitato chimicamente sono stati analizzati mediante Microscopio Elettronico (SEM) LEO 440 equipaggiato con un sistema EDS Oxford ISIS con detector Si (Li) PENTAFET.

Particolarmente interessanti risultano due tipi di depositi rappresentati dai campioni GP-19 e GP-30 (Fig. 3).

Macroscopicamente il campione GP-19 si presenta come una leggera crosta multicolore, mentre il campione GP-30 è caratterizzato dalla presenza di strutture sferoidali bianche osservabili sulla superficie. L'osservazione al SEM del campione GP-19 evidenzia la presenza di una componente inorganica fosfatica (Fig. 3A).

Evidentemente l'abbondante guano presente ha rappresentato la sorgente del fosforo, mentre le microstrutture riscontrate danno indicazioni sui processi che hanno indotto la precipitazione chimica.



Figura 2. Grotta dei Personaggi. A: Frattura di alimentazione lungo faglia. B: Galleria con megascallops e cupole. C: Bassa galleria con partizioni, pilastri e cupole compenstrate sul soffitto; D: Partizioni lungo una frattura di alimentazione; E: Condotto verticale di alimentazione; F: Esemplare di *Rhinolophus euryale*. (foto da A a E di M. VATTANO, foto F di A. FULCO).

Figure 2. Grotta dei Personaggi. A: Fissure-feeders along a fault. B: Passage with megascallops and cupolas. C: Low passage with partitions, pillars and cupolas on the ceiling; D: Partitions along a fissure-feeder; E: Vertical feeder; F: Specimen of *Rhinolophus euryale* (photos from A to E, M. VATTANO, photo F, A. FULCO).

La figura 3B mostra, infatti, che il precipitato chimico si presenta interamente costituito da strutture aciculari micrometriche (freccia nera) e particelle che in letteratura vengono definite di forma "coccoide" (freccia bianca) (e.g. ROZANOV, 2005). Tali forme sono tipiche di una precipitazione chimica catalizzata da comunità batteriche (e.g. BACHOFEN, 1994). Processi di mediazione batterica sono anche evidenti nel campione GP-30, dove però si ha una variazione nella composizione dei depositi. Il campione, infatti, mostra un precipitato in parte argilloso-ferro-manganesifero su calcite (Figg. 3D, E, G).

In questo caso il Fe e il Mn provengono probabilmente dai livelli condensati del Pliesbachiano-Titoniano. Tali precipitati tendono a differenziarsi in: (i) quelli in cui il Fe diventa l'elemento predominante, essi mostrano un aspetto sferoidale e/o framboidale ma ancora senza una precisa struttura cristallina (Figg. 3C, F); (ii) quelli a predominante composizione manganesifera in forma di ammassi costituiti, sulla superficie, da micro-aciculi (Figg. 3I, L). Le forme descritte sia per il campione GP-19 che GP-30 sono consistenti con uno scenario in cui il metabolismo batterico è essenziale per superare le barriere cinetiche legate alla precipitazione a bassa temperatura di proto-minerali. In particolare, il biofilm che ingloba le comunità batteriche concentra gli ioni

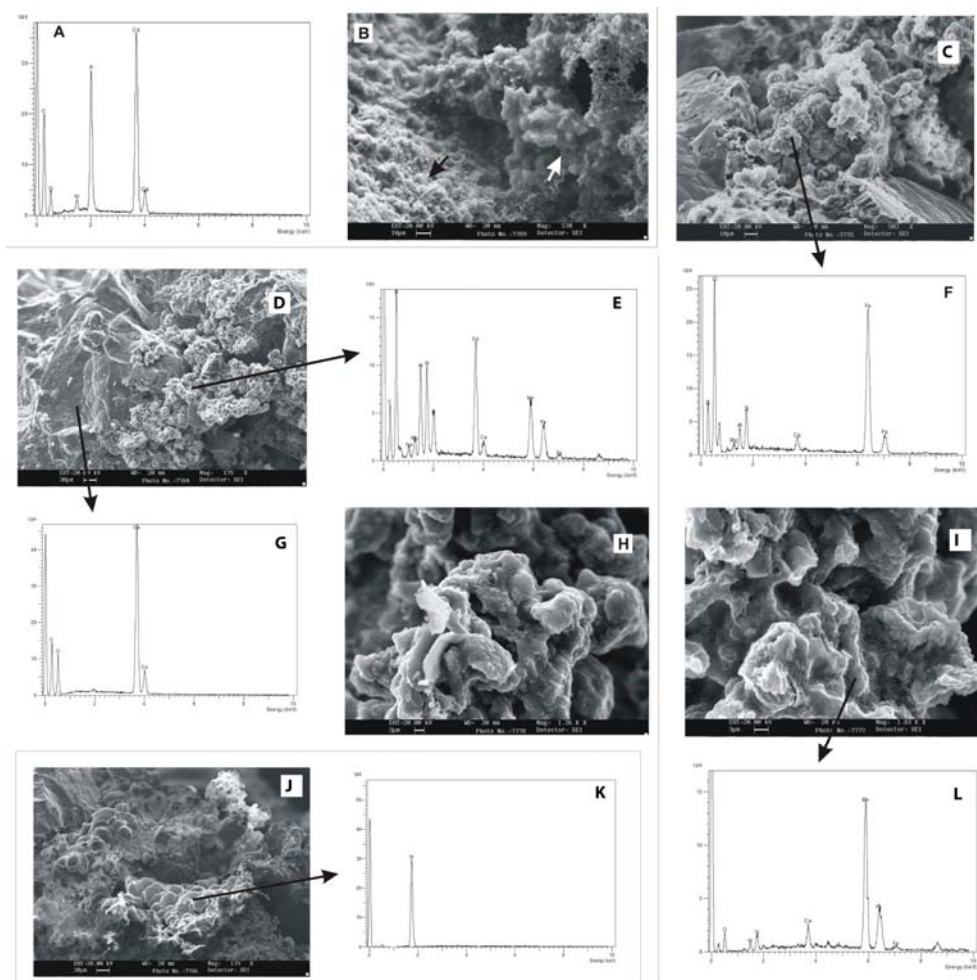


Figura 3. Immagini al microscopio elettronico dei campioni della Grotta dei Personaggi. Per i dettagli, vedere il testo.

Figure 3. Photos of caves samples at electronic microscope. Details in the text.

disponibili nell'ambiente circostante, agendo come centro di nucleazione nel momento in cui il suo deterioramento rende disponibili gli ioni concentrati (DUPRAZ & VISSCHER, 2005). La figura 3H documenta appunto una tipica struttura "sheet-like" (DECHO, 2000; REID et al., 2000) da disseccamento di biofilm. Altra particolarità del campione GP-30 riguarda la presenza di sferuletta bianche visibili anche ad occhio nudo. L'analisi al SEM evidenzia una composizione silicea (Figg. 3J, K). Dato l'aspetto botroidale si tratta probabilmente di silice amorfa che riesce a precipitare rapidamente (1-5 anni; POLYAK & GÜVEN, 2004) possibilmente proprio grazie all'aumento del rapporto Si/(Fe+Mn) conseguente alla precipitazione dei depositi più ricchi in ferro e manganese visti in precedenza.

Discussioni e Conclusioni

Gli studi condotti nella Grotta dei Personaggi hanno rilevato un complesso pattern labirintico che segue le principali discontinuità geologiche *l.s.*, peculiari morfologie ipogee e mineralizzazioni, la mancanza di depositi alluvionali. Tutto ciò evidenzia come l'origine della Grotta dei Personaggi sia da imputare verosimilmente a processi ipogenici, legati ad una falda termale le cui sorgenti sono attualmente 3 km distanti dalla cavità. Le morfologie ipogee riscontrate all'interno della grotta sono prevalentemente legate all'azione di acque salienti e alla corrosione per condensazione di vapori. L'identificazione della colonia di *Rhinolophus euryale* rappresenta un importante ritrovamento. Sono in corso di realizzazione ulteriori e più approfonditi studi sulla cavità, sulle

sue caratteristiche climatiche e sulle fasi mineralogiche presenti per meglio definire i meccanismi speleogenetici ed evolutivi, e studi sulla colonia di chiroterri mirati a ricostruire l'intera fenologia della colonia nel *roost*, ad acquisire dati di tipo ecologico totalmente assenti in Sicilia per *R. euryale*, nonché a valutare le possibilità, le modalità ed i tempi di visita nella grotta.

Ringraziamenti

Gli autori sono riconoscenti, per l'aiuto nell'attività di campagna, agli speleologi dell'ANS Le Taddarite, F. AIELLO, A. DOMANTE, F. FODERÀ, S. INZERILLO, M. LA BARBERA, F. LO CICERO, A. MARCHESI, A. RAVAZINI, A. SCRIMA, V. TANTILLO, G. VALDESE. Il lavoro è stato realizzato con fondi dell'Università di Palermo FFR 2012/2013, resp. Prof. C. DI MAGGIO.

Bibliografia

- AGNELLI P, DI SALVO I, RUSSO D & SARÀ M, 2008. *Chiroterrofauna della Sicilia*. In AA. VV., Atlante della Biodiversità della Sicilia: Vertebrati terrestri. *Studi e Ricerche*, Arpa Sicilia, Palermo, 6.
- AGNELLI P, MARTINOLI A, PATRIARCA E, RUSSO D, SCARAVELLI D & GENOVESI P, 2004. *Linee guida per il monitoraggio dei Chiroterri: indicazioni metodologiche per lo studio e la conservazione dei chiroterri in Italia*. Quaderni di Conservazione della Natura n° 19. *Min. Amb. Tut. Terr., Ist. Naz. per la Fauna Selvatica "A. Ghigi"*.
- AUDRA PH, MOCOCHAIN L, BIGOT J-Y & NOBECOURT J-C, 2009. *Morphological indicators of speleogenesis: hypogenic speleogens*. In Klimchouk AB & Ford DC (Eds). *Hypogene Speleogenesis and Karst Hydrogeology of Artesian Basins*, Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, Special Paper, 1, 23-32.
- BACHOFEN R, 1994. *Cell structure and metabolism and its relation with the environments*. In: BUFFLE J, DEVITRE RR (Eds.), *Chemical and biological regulation of aquatic system*. Lewis Publishers, p. 231.
- CARUSO D & COSTA G, 1978. *Ricerche faunistiche ed ecologiche sulle grotte di Sicilia*. VI. Fauna cavernicola di Sicilia (catalogo ragionato). *Animalia*; 5(1/3): 423-513
- CARUSO D & GRASSO R, 1996. *La fauna delle grotte*. In: Atti del Convegno su La Fauna degli Iblei. Noto, maggio 1995; Ente Fauna Siciliana, 201-281.
- DECHO AW, 2000. *Microbial biofilm in intertidal systems: an overview*. *Cont. Shelf Res.*, 20, 1257–1273.
- DI STEFANO P, RENDA P, ZARCONE G, NIGRO F & CACCIATORE M (2013). *Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 e note illustrative del Foglio 619, Santa Margherita di Belice*. Roma: ISPRA, Servizio Geologico d'Italia.
- DUPRAZ C, VISSCHER PT, 2005. *Microbial lithification in marine stromatolites and hypersaline mats*. *Trends in Microbiology*, 13(9), 429–438.
- FAVARA R, GRASSA F, INGUAGGIATO S & VALENZA M, 2006. *Hydrogeochemistry and stable isotopes of thermal springs: earthquake-related chemical changes along Belice Fault (Western Sicily)*. *Pure and applied geophysics*, 163, 781-807.
- IUCN, 2013. LISTE ROSSE ITALIANE [ONLINE]. DISPONIBILE SU <WWW.IUCN.IT> [DATA DI ACCESSO 24/11/2014].
- KLIMCHOUK AB, FORD DC (Eds) 2009. *Hypogene Speleogenesis and Karst Hydrogeology of Artesian Basins*. Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, Special Paper, 1, Simferopol, 280 p.
- KLEMMER K & KRAMPITZ HE, 1954. *Zur kenntnis der Saugertierfauna Siziliens*. *Senckenbergiana Biol.*; 35(3/4). 121-135.
- MONTELEONE S & PIPITONE G, 1991. *Schema idrogeologico dell'area di Monte Magaggiaro e Pizzo Telegrafo (Sicilia Sud-Occidentale)*. *Boll. Soc. Geol. It.*, 110, 155-164.
- PALMER AN, 2011. *Distinction between epigenic and hypogenic maze caves*. *Geomorphology*, 134, 9-22.
- POLYAK VJ & GÜVEN N, 2004. *Silicates in Carbonate Speleothems, Guadalupe Mountains, New Mexico, U.S.A.* In: Sasowsky ID, Mylroie J (Eds), *Studies of Cave Sediments*. Springer US, 303-311.
- REID RP, VISSCHER PT, DECHO, AW, STOLZ, J.K., BEBOUT BM, DUPRAZ C, MACINTYRE IG, PAERL HW, PINCKNEY JL, PRUFERT-BEBOUT L, STEPPE TF, DESMARAIS DJ, 2000. *The role of microbes in accretion, lamination and early lithification of modern marine stromatolites*. *Nature*, 406, 989–992.
- ROZANOV AY, 2005. *Bacterial Paleontology*. In: HOOVER et al. (Eds.), *Perspectives in Astrobiology*. IOS Press, 132–145.
- VATTANO M, AUDRA P, BENVENUTO F, BIGOT JY, DE WAELE J, GALLI E, MADONIA G & NOBÉCORUT JC, 2013. *Hypogenic Caves of Sicily (Southern Italy)*. In: FILIPPI M, BOSAK P (Eds.), *Proceedings of the 16th International Congress of Speleology, Brno 19-27 July 2013*, 3, 144-149.
- ZAVA B, CORRAO A & CATALANO E, 1986. *Chiroterri cavernicoli di Sicilia*. Atti del IX Congreso Internacional de Espeleología. Barcelona Espana, 2, 187-189.

STRUTTURE TIPO “GRABEN” E CARSIFICAZIONE NELL’ESTREMO PONENTE LIGURE

GILBERTO CALANDRI

G.S.Imperiese CAI, Salita Don Glorio 14, 18100 Imperia; dianagobis@wime.it

Riassunto

L'estremità della Provincia di Imperia, al confine con la Francia, è costituita da affioramenti prevalentemente carbonatici meso-cenozoici del Dominio Delfinese-Provenzale. La struttura a monoclinale è interessata da numerose superfici di taglio (evolute in faglia) con piccole strutture tipo “graben”. Queste hanno determinato nei calcari nummulitici una giacitura sub-orizzontale che ha controllato una diffusa carsificazione freatica. La carsificazione, in parte ancora attiva ha determinato alcuni dei principali complessi carsici della Liguria (es. Grotta dei Rugli, Grotta della Melosa).

Parole chiave: Liguria occidentale, strutture tipo “graben”, calcari nummulitici, carsificazione freatica.

Abstract

GRABEN-LIKE STRUCTURES AND KARSTIFICATION IN WESTERN LIGURY - *The western sector of the Imperia province (Liguria, at the border with France) consists of outcrops of predominantly meso-cenozoic carbonates of the Domain Dauphinois-Provençal. The monocline structure is affected by numerous surface detachments (evolved into faults) with small graben-like structures. These resulted in a sub-horizontal arrangement of the nummulitic limestones, which controlled a phreatic karstification. This latter, in part still active, produced some of the major karst complexes in Liguria (as Grotta dei Rugli, Grotta della Melosa).*

Key words: Western Liguria, graben-like structures, nummulitic limestones, phreatic karstification.

Introduzione

L'estremità occidentale della Provincia di Imperia è un'allungata fascia, che segna il confine con la Francia, costituita dai sedimenti meso-cenozoici del Dominio paleogeografico Delfinese-Provenzale, copertura sedimentaria del massiccio cristallino dell'Argentera-Mercantour. In particolare nella stretta zona tra Val Roia e alte valli Nervia e Argentina affiorano i carbonati dal Cretaceo superiore all'Eocene sup., in genere molto carsificati con alcuni dei complessi ipogei più importanti della Liguria: le principali carsificazioni sono state controllate da strutture tettoniche fragili, evolute tipo “graben”.

Geologia dell'alta Val Nervia

La geologia dell'alta Val Nervia (comune di Pigna) è caratterizzata, dal basso, dai sedimenti (potenti 400-500 m) del Cretaceo superiore, che presentano notevole variabilità di facies, anche a distanza di poche centinaia di metri, con calcari marnosi che, a zone (Valle Muratone, Pietravecchia), fungono da livello di base al Nummulitico carsificato; e da calcari marnosi carsificabili, in strati decimetrici a settori (es. M. Corma; CAMPREDON, 1977).

Dopo l'emersione post-maestrichtiana si sedimentarono nell'Eocene medio-sup. i calcari nummulitici, fortemente fossiliferi, con evoluzione da facies di spiaggia a facies tidali di piattaforma terrigena. I calcari nummulitici formano una potente (spessore ca. 100 m) bancata, a facies strettamente calcarea (CaCO₃ superiore al 90%), costituita da biomicriti con ricchissima frazione organogena: la formazione è fortemente carsificata. Questa facies, denominata dal LANTEAUME (1968) “dominio centrale”, è contornata da zone arenaceo-calcaree non carsificabili che affiorano, marginalmente, specie in Valle Muratone. Sono comunque frequenti, anche in brevi spazi, le variazioni di facies. La serie sedimentaria si chiude con la copertura, in genere sottile (ma che può impedire la carsificazione) delle cosiddette “Marne Priaboniane”.

Tettonica e carsificazione

In alta Val Nervia la copertura sedimentaria delfinese-provenzale è a struttura monoclinale ad immersione verso SE. La serie carbonatica è stata tagliata da grandi fratture verticali, evolute in faglie normali ("...*accidents décrochants...ensuite rejoués en failles normales déterminant de petits grabens*" CALANDRI & CAMPREDON, 1982), che, in diversi settori e quote, hanno determinato piccole strutture tipo "graben". I sistemi di fratture prevalenti sono sia a direzione SE-NW (principalmente N 140°), sia quasi ortogonali, specie a direzione ENE-WSW.

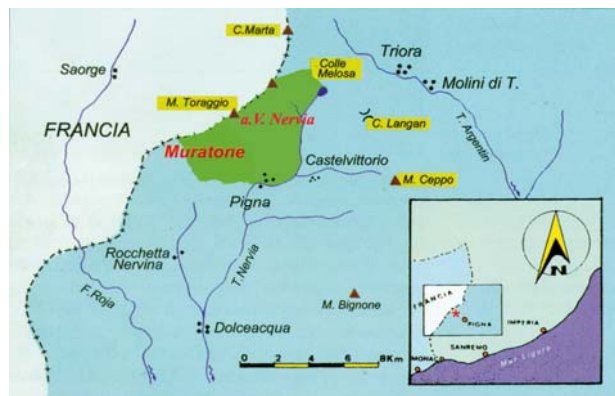


Figura 1. Carta della zona esaminata.

Figure 1. Map of examined area.

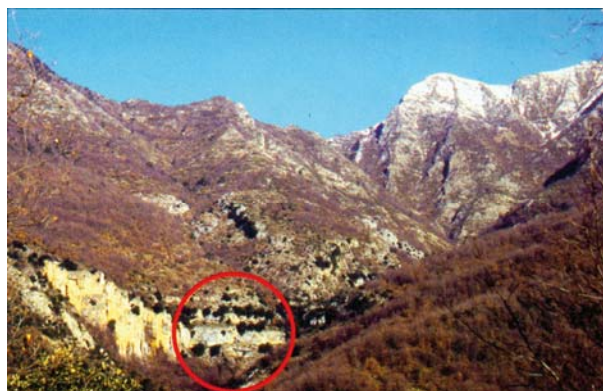


Figura 2. Valle del Corvo: la falesia dei Surgentin.

Figure 2. The Corvo Valley: the Surgentin cliff is in the circle.

Dove le zolle tipo "graben" del Nummulitico, spiccatamente calcareo, hanno assunto una giacitura sub-orizzontale si sono create le condizioni per una carsificazione di tipo freatico (alla base dei blocchi calcarei), già anteriormente al poderoso, basculante, sollevamento plio-pleistocenico (questo produsse anche riattivazioni della tettonica fragile e approfondimenti vadosi dei sistemi carsici). Le reti freatiche alla base dei calcari nummulitici sono state favorite e controllate dal substrato marnoso-calcareo del Cretaceo sup., scarsamente carsificabile (se non per incisivi approfondimenti gravitazionali: es. Grotta della Melosa, Grotta II del M. Corma, ecc.).

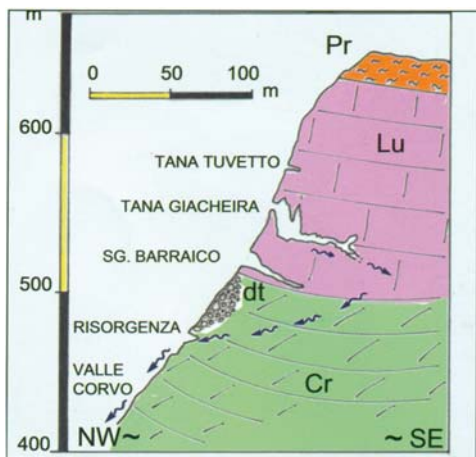


Figura 3. Strutture tipo "graben" del bacino del Muratone (dis. Calandri, Gobis, Grippa, Pastor): 1) Surgentin. 2) Ponte Bausson. 3) Giacheira-Barraico. 4) Castagna Grande. 5) Falesia Basso Muratone. 6) Rio Campuli.

Figure 3. Structure type "graben" in the Muratone basin.



Figura 4. Schema idrogeologico Giacheira-risorgenza. Cr: calcari marnosi del Cretaceo Sup. Lu: calcari nummulitici del Luteriano-Auversiano. Pr: "Marne del Priaboniano". (dis. Calandri, Grippa, Pastor).

Figure 4. Hydrogeological section Giacheira-resurgence. Cr: marly-Limestones of Up. Cretaceous. Lu: nummulitic limestones. Pr: "Marne del Priaboniano"

Strutture tipo "graben" in Valle Muratone

Carattere comune di tutta l'area carsica è l'elevata acclività, con rapidi drenaggi (anche per la forte

fratturazione), che, in parte, contrasta con le strutture a "graben" sub-orizzontali con falde freatiche tuttora attive (anche a lento rilascio, specie se supportate da accumuli detritici, come ad es. Castagna Grande). Della sei principali strutture tipo "graben" particolare evidenza del rapporto tettonica-carsificazione hanno le zolle dei Surgentin e delle Giacheira-Barraico. Nella prima, la giacitura pressoché orizzontale dei calcari nummulitici ha permesso l'instaurarsi di una falda freatica carsica costituita da due livelli di condotte (ben sviluppate nella Grotta dei Surgentin, 1169 Li), uno fossile (presente anche in altre cavità, es. 1171 Li) ed uno attivo con risorgenza nella 1170 Li. La falda carsica è stata favorita da perdite (esperienza con traccianti), alcune centinaia di metri a monte nel Rio del Corvo (CALANDRI, 2009).

La zolla di Giacheira-Barraico, tra Marellae e Rio del Corvo presenta alla base del blocco nummulitico, pressoché orizzontale, gallerie freatiche cenozoiche nelle Grotte della Giacheira, 3Li, di grande importanza paleontologica, e nello Sgarbu di Barraico, 240 Li, con tipiche morfologie di erosione-corrosione (alveolature,



Figura 5. Stratificazione suborizzontale della bancata nummulitica a Barraico (foto G. CALANDRI).

Figure 5. The nummulitic cliff of Barraico (photo G. CALANDRI).



Figura 6. Topografia della Grotta dei Surgentin.

Figure 6. Map of Surgentin Cave.

"scallops", ecc.): anche in questo settore si evidenzia un progressivo abbassamento della falda freatica, legato alla neotettonica plio-quadernaria, con limitati approfondimenti vadosi anche nel substrato del Cretaceo. I piccoli "graben" a S (basso Muratone e Rio Campuli) in arenarie calcaree non presentano carsificazioni significative (CALANDRI, 2012).

Il settore Toraggio-Pietravecchia-M. Corma

L'estremità dell'alta Val Nervia presenta rilievi che vanno oltre i 2000 m di altitudine s.l.m. (con i maggiori potenziali carsificabili della Liguria): la carsificazione nei calcari nummulitici è elevatissima (160 cavità

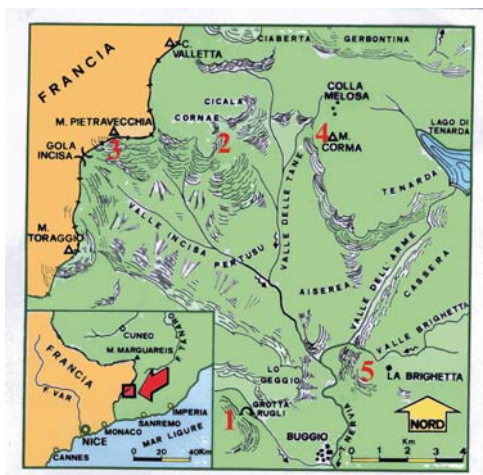


Figura 7. Strutture tipo "graben" in alta Val Nervia (dis. Calandri, Gobis, Grippa). 1) Casai-Rugli. 2) Marixe. 3) Pietravecchia. 4) M.Corma- Melosa. 5) La Brighetta-Rugliazzo.

Figure 7. "Graben"-like structures in the high Nervia Valley.

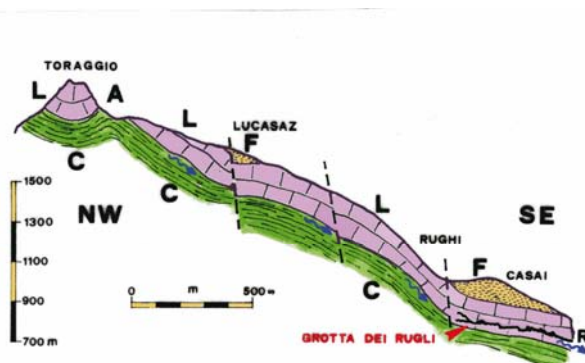


Figura 8. Sezione geologica M. Toraggio- Casai. F: "Marne del Priaboniano". Lu: calcari nummulitici del Luteziano. C: calcari marnosi e marne del Cretacico sup. A: anticlinale del Tureggiun. R: ingresso Grotta dei Rugli (dis. Calandri, Gobis, Grippa).

Figure 8. Geological section M. Toraggio-Casai

esplorate in pochi kmq di superficie) con campi solcati evoluti, e resti di carsificazioni cenozoiche dall'Oligocene. Tuttavia le principali grotte sono in relazione alle strutture tipo "graben"(CALANDRI, 2013).

Alla base SE della grande monoclinale del M. Toraggio (1978 m s.l.m.) una faglia a direzione NE-SW separa la montagna dalla zolla nummulitica Casai-Rugli a giacitura sub-orizzontale. La struttura tipo "graben" ha permesso nei calcari eocenici una estesa carsificazione freatica cenozoico-quadernaria, con scarse incisioni vadose nel substrato marnoso-calcareo del Cretaceo sup. La Grotta dei Rugli (19 Li, che, con oltre 2,4 km di sviluppo, è la più estesa dell'Imperiese), esatore attivo del Toraggio, è principalmente costituita da grandi condotte freatiche, con tubi a pressione sub-circolari-ellittici, a diametri metrici, anche sovrapposte e coalescenti per evoluzione polifasica della falda, con modificazioni litogenetiche e, marginalmente, clastiche (CALANDRI, 2000).

All'estremità N della vallata, al M. Pietravecchia (2038 m s.l.m.), la fratturazione e l'elevata energia del rilievo ha determinato la separazione di alcune zolle con blocchi sub-orizzontali nel Nummulitico: Cima Pietravecchia, Marixe (con alla base il settore di risorgenza dell'Abisso del Pietravecchia), Poggio Cicala, in cui si sono instaurate piccole circolazioni freatiche fossili e attive (CALANDRI, 2003).

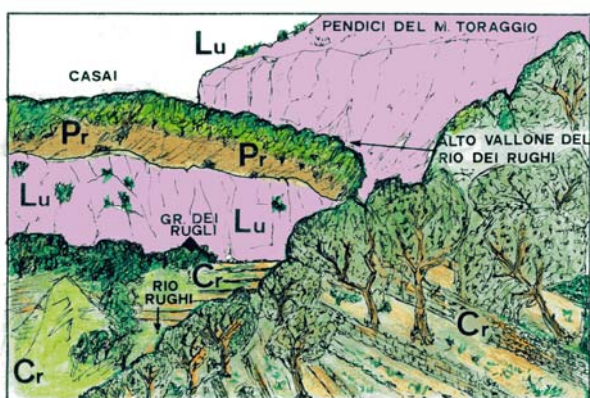


Figura 9. Il "graben" Rugli-Casai. Pr: Marne del Priaboniano. Lu: calcari nummulitici del Luteziano. Cr: calcari marnosi del Cretaceo sup. (dis. Calandri, Gobis, Grippa).

Figure 9. The "graben" Rugli-Casai. Pr: "Marne del Priaboniano". Lu: Nummulitic limestones of Lutetian. Cr: Marly limestones of Up. Cretaceous.



Figura 10. Il piccolo "graben" delle Marixe (da Ovest): Sullo sfondo il M. Corma (foto G. CALANDRI).

Figure 10. The little "graben" of Marixe. Behind the "graben" of Corma Mount (photo G. CALANDRI).

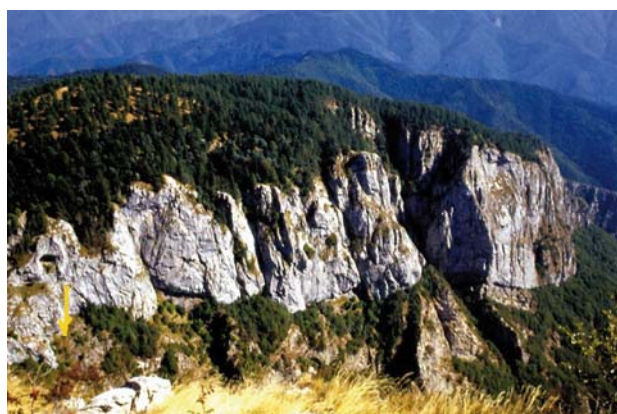


Figura 11. "Graben" del M. Corma -Melosa da Ovest. Grotta della Melosa: freccia gialla (foto G. CALANDRI).

Figure 11. M. Corma-Melosa "graben". Grotta della Melosa: yellow arrow (photo G. CALANDRI).

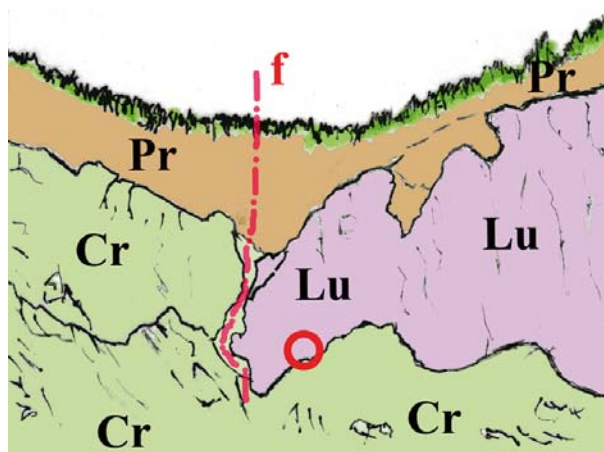


Figura 12. Settore NW M.Corma-Colla Melosa. f:faglia. Pr: "Marne del Priaboniano". Lu: calcari nummulitici del Luteziano. Cr: calcari marnosi del Cretaceo sup. Il cerchio indica la Grotta della Melosa (dis. G. Calandri).

Figure 12. NW sector M. Corma- Melosa. f: fault. Pr: "Marne del Priaboniano". Lu: nummulitic limestones of Lutetian. Cr:marly limestones of U. Cretaceous.

La grande zolla del M. Corma (1569 m s.l.m.), estesa dal Rio della Melosa alla Valle dei Rii, con grandi falesie di oltre 100 m sui lati W e S è una struttura tipo "graben" nei calcari nummulitici, con numerosi resti di carsificazione a pieno carico anteriori al sollevamento plio-pleistocenico (CALANDRI & PASTORELLI, 2003). Una faglia a direzione NNE-SSW al margine W pone in contatto i marno-calcarei del Cretaceo sup. ed il Luteziano nummulitico; oltre a favorire la struttura a "graben", essa ha permesso perdite dal paleo-riviera della Melosa, alimentando una falda freatica, alla base del Nummulitico. E' questa la prima fase della genesi della Grotta della Melosa (oggi la più profonda grotta ligure: 253 m; sviluppo 1,6 km). Perdite e falda hanno determinato, con il sollevamento plio-pleistocenico, un grande approfondimento vadoso di erosione regressiva nei calcari marnosi tardo mesozoici.

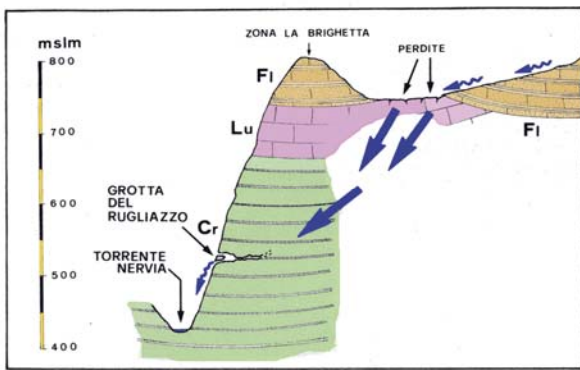


Figura 13. Sezione schematica del sistema Brighetta-Rugliazzo. Fl: "Marne del Priaboniano" e Flysch di Ventimiglia. Lu: calcari nummulitici del Luteziano. Cr: calcari marnosi del Cretaceo sup. (dis. Calandri, Gobis, Grippa).

Figure 13. Section of the system Brighetta- Rugliazzo. Fl. "Marne del Priaboniano" and Flysch di Ventimiglia. Lu: nummulitic limestones of Lutetian. Cr: marly limestones of Up. Cretaceous.



Figura 14. Condotto freatico (con approfondimento vadoso) nella Grotta della Giacheira (foto G. CALANDRI).

Figure 14. Phreatic tube in the Grotta della Giacheira arrow (photo G. CALANDRI).

Un'altra struttura tipo "graben" nel settore Brighetta-Rugliazzo, quasi alla base degli affioramenti carbonatici, ripete in piccolo le situazioni sopra descritte, con stretti approfondimenti vadosi nel Cretaceo.

In alta Val Nervia si evidenziano il ruolo fondamentale delle strutture tipo "graben" e della conseguente giacitura orizzontale dei calcari nummulitici come controllo della genesi di reti freatiche carsiche, con formazione, solo in queste condizioni, di importanti complessi sotterranei.

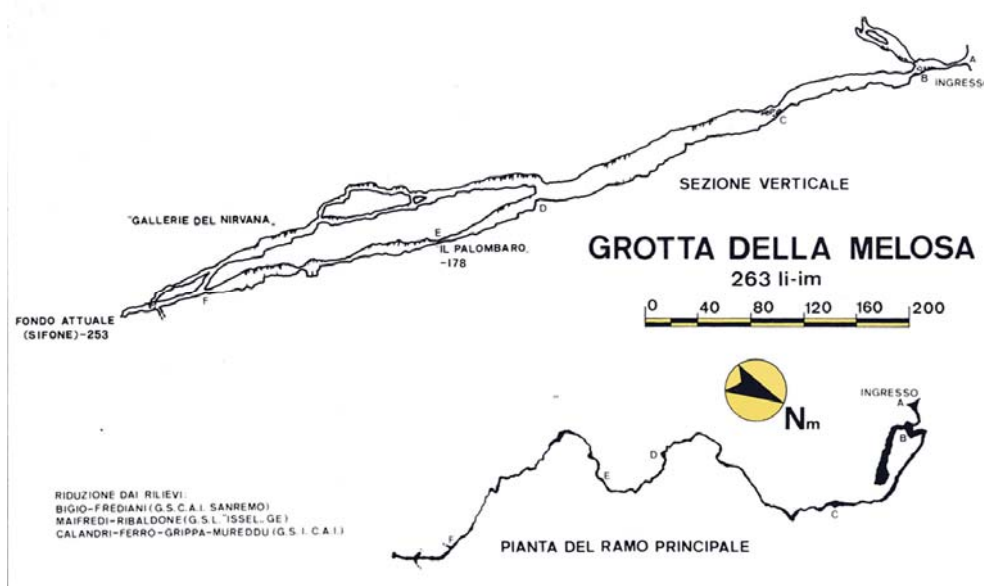


Figura 15. Topografia della Grotta della Melosa.

Figura 15. Grotta della Melosa map.

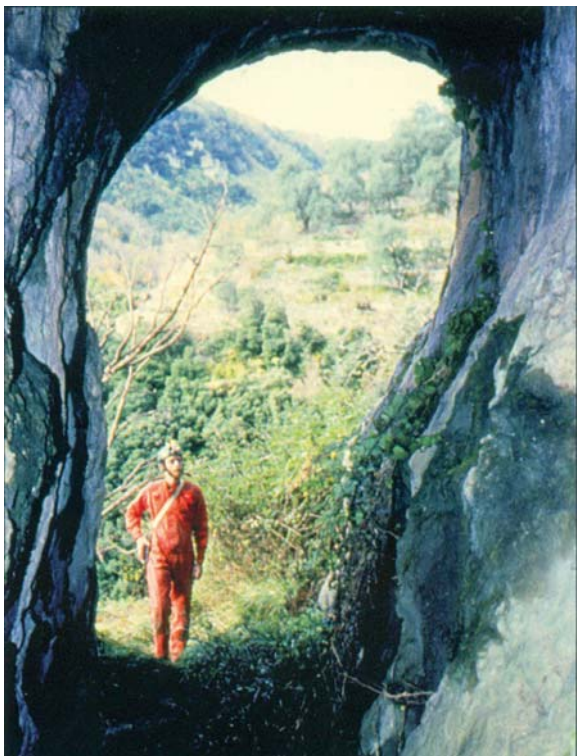


Figura 16. Condotta freatica fossile dell'ingresso dello Sgarbu di Barraico (foto G. CALANDRI).

Figure 16. The entrance of Sgarbu di Barraico arrow (photo G. CALANDRI).

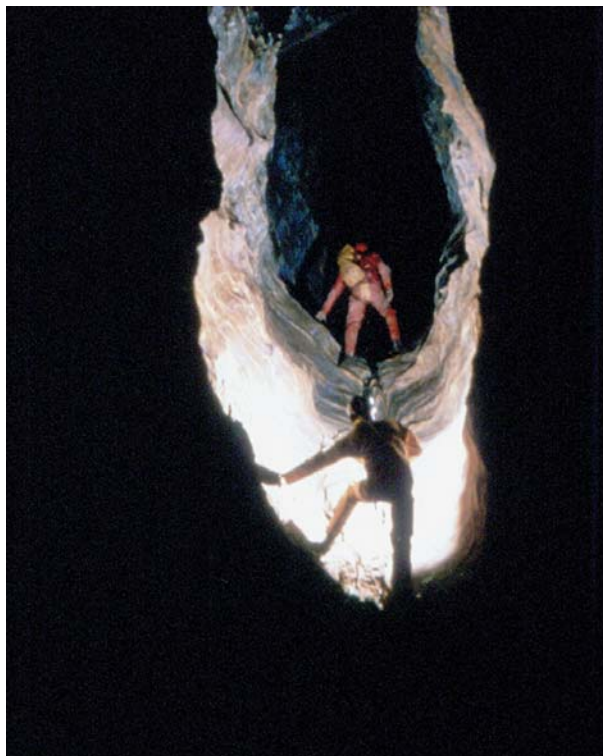


Figura 17. Condotta freatica polifasica nella Grotta dei Rugli (foto L. RAMELLA).

Figure 17. Phreatic tube in the Grotta dei Rugli (foto L. RAMELLA).

Bibliografia

- CALANDRI G., 2000. *La Grotta dei Rugli ed il Monte Toraggio (Alta Val Nervia)*. Regione Liguria-Comunità Montana Intemelja, 1-64.
- CALANDRI G., 2003. *Carsismo e grotte del Monte Pietravecchia (Alta Val Nervia, prov. Imperia)*. G.S. Imperiese CAI, 1-52.
- CALANDRI G., 2009. *Carsismo e grotte della Valle Muratone (Pigna, Provincia di Imperia)*. G.S. Imperiese CAI, S.C. CAI Sanremo, 1-80.
- CALANDRI G., 2012. *Strutture tipo "graben" e carsificazione in Valle Muratone (Provincia di Imperia)*. Boll G.S. Imperiese CAI, **42** (64), 20-26.
- CALANDRI G., 2013. *Strutture tipo "graben" e carsificazione in Alta Val Nervia (Provincia di Imperia)*. Boll. G. S. Imperiese CAI, **43** (65), 3-10.
- CALANDRI G., CAMPREDON R., 1982. *Geologia e carsismo dell'alta Val Nervia e Argentina (Liguria occ.)*. Guida Esc. Conv. Int. Carso Alta Montagna, Imperia, 1-30.
- CALANDRI G. PASTORELLI A., 2003. *Grotte e carsismo del M. Corma (alta Val Nervia, Prov. Imperia)*. S.C. CAI Sanremo, 1-64.
- CAMPREDON R., 1977. *Les formations Paléogènes des Alpes Maritimes franco-italiennes*. Mém. H. s. Soc: Geol. France, 1-119.
- LANTEAUME M., 1968. *Contribution à l'étude des Alpes Maritimes franco-italiennes*. Mém. Serv. Carte Géol. Franc., 1-405.

NUOVI DATI SUI FENOMENI PALEOCARSICI NELLE COLLINE TORRICELLE (VERONA)

GUIDO GONZATO¹, ALBERTO CASTELLARIN², ROBERTO CHIGNOLA³,
FABIO GAMBERINI⁴, PAOLO LAZZERI⁵, UNIONE SPELEOLOGICA VERONESE¹

¹ *Unione Speleologica Veronese, Verona; guido.gonzato@gmail.com*

² *Dip. BiGeA, Università di Bologna; alberto.castellarin@unibo.it*

³ *Dip. Biotecnologie, Università di Verona; roberto.chignola@univr.it*

⁴ *Dip. BiGeA, Università di Bologna; fabio.gamberini@unibo.it*

⁵ *Agenzia Provinciale Protezione Ambiente, Trento; paolo.lazzeri@provincia.tn.it*

Riassunto

La città di Verona si trova al margine meridionale dei Monti Lessini, nelle Prealpi Venete. Nelle colline calcaree che la circondano, dette Torricelle, si sviluppa un esteso reticolo paleocarsico fossilizzato da ocre di composizione prevalentemente limonitica, che per secoli sono state oggetto di estrazione mineraria e utilizzate come terre coloranti. Secondo l'interpretazione attuale, l'età del fenomeno paleocarsico è collocabile tra l'Oligocene e il Miocene inferiore, in corrispondenza di una regressione che interessò l'area dei Monti Lessini centrali e portò alla loro parziale emersione.

L'esplorazione di tre cavità paleocarsiche ha rilevato la presenza, all'interno dei riempimenti di ocre, di livelli terrigeno-calcarenitici con associazioni di foraminiferi di età variabili dall'Eocene superiore all'Oligocene superiore-Miocene inferiore. In particolare, una delle cavità è sviluppata nella Formazione delle Marne di Priabona del Priaboniano inferiore, e contiene riempimenti ocrei che includono livelli a foraminiferi anch'essi riferibili al Priaboniano. La presenza nei riempimenti di fossili di età confrontabile a quella della roccia incassante testimonia l'insorgere di fenomeni carsici pene-contemporanei o di poco successivi alla deposizione dei sedimenti, cioè di carsismo eogenetico. Questi ritrovamenti testimoniano che l'instaurarsi del fenomeno paleocarsico e la sua fossilizzazione da parte delle ocre sono processi che si svolsero prima di quanto precedentemente ritenuto, e cioè in un intervallo di tempo di almeno 25 milioni di anni, dall'Eocene finale fino al Miocene.

Parole chiave: paleocarsismo, carsismo eogenetico, paleosuoli, ocre, Eocene, foraminiferi, Monti Lessini

Abstract

NEW DATA ON PALAEOKARST PHENOMENA IN THE TORRICELLE HILLS (VERONA) - Verona is located at the southern edge of the Lessini Mountains (Venetian Prealps, Italy). In the hills surrounding the city, called Torricelle, a well-developed palaeokarst network is found. Palaeokarst cavities are fossilized by ochres of mostly limonitic composition, which were mined for centuries as pigments. In the current interpretation, the age of the palaeokarst features is set between the Oligocene and the early Miocene, when a regression took place in the central Lessini Mountains which partially emerged.

The exploration of three paleokarst cavities has led to the discovery of terrigenous-calcarenitic layers embedded in the palaeosol fillings, containing foraminifera assemblages whose age ranges from the upper Eocene to the upper Oligocene-lower Miocene. In particular, one of the caves is developed in the Marne di Priabona Formation (lower Priabonian), and its ochre filling contains fossiliferous layers with Priabonian Foraminifera assemblages. The presence of fossils whose age is comparable to that of the host rock is a testimony of upper-Eocene eogenetic karst. These findings provide evidence that karst development and its fossilisation started earlier than Miocene, as previously thought. Phenomena began in late Eocene and ended in Miocene, over a time span of at least 25 million years.

Key words: palaeokarst, eogenetic karst, palaeosols, ochre, Eocene, Foraminifera, Lessini Mountains

Introduzione

I Monti Lessini costituiscono il margine meridionale delle Prealpi Venete, al confine con la pianura padana

presso Verona. In alcune località, e specialmente nelle colline che circondano Verona, le Torricelle, sono presenti affioramenti di ocre di composizione prevalentemente limonitica, estratte per secoli e utilizzate come pigmento. Si tratta di paleosuoli lateritici che hanno riempito e fossilizzato cavità paleocarsiche anche molto estese. Per secoli, le ocre sono state oggetto di estrazione mineraria e utilizzate come pigmenti; l'attività estrattiva è cessata nella seconda metà del secolo scorso.

Numerosi studi hanno tentato di stabilire l'età del paleocarsismo e delle ocre ad esso associate. Nell'interpretazione attuale, la sua formazione è attribuita alla regressione che portò alla parziale emersione dei Monti Lessini centrali durante l'Oligocene-Miocene. L'età del fenomeno è però basata su poche prove paleontologiche. Infatti, oltre un secolo di ricerca scientifica ha prodotto pochissimi dati stratigrafici, petrografici, paleontologici e speleologici, il che ha spesso portato a interpretazioni contraddittorie.

La scarsità di dati disponibili e la possibilità di accedere ad alcune cavità ci ha fornito la motivazione per studiare questi fenomeni paleocarsici, con lo scopo di produrre nuovi dati e, se possibile, di risolvere gli attuali problemi interpretativi (GONZATO *et al.*, 2014).

Inquadramento geologico e studi precedenti

Le Torricelle sono costituite da rocce calcaree la cui età varia dall'Eocene medio (Calcarei Nummulitici del Luteziano sup. e Bartoniano) all'Eocene superiore (Marne di Priabona del Priaboniano), con piccoli affioramenti di calcareniti mioceniche (Langhiano) e di vulcaniti riferibili all'Eocene medio-superiore (DE ZANCHE *et al.*, 1977).

Una lacuna stratigrafica si estende dall'Eocene superiore al Miocene inferiore. La presenza di superfici di erosione, paleosuoli e paleocarsismo consente di attribuire la lacuna all'emersione dell'area durante l'Oligocene e il Miocene inferiore (FABIANI, 1919; CONATO & MARTINIS, 1955; DE ZANCHE *et al.*, 1977).

I primi studi sul paleocarsismo delle Torricelle si devono a NICOLIS (1898), che ne ipotizza un'età quaternaria. Secondo FABIANI (1919), invece, i fenomeni sarebbero molto più antichi e collegati alla regressione oligo-miocenica dell'area. Secondo l'Autore, in seguito all'emersione si sarebbero formate le cavità carsiche, successivamente riempite da depositi di ocre. L'età miocenica dei riempimenti viene confermata da CORRÀ (1977) sulla base di un contenuto fossilifero, di cui purtroppo l'Autore non specifica i generi, rinvenuto nella grotta di Via Sbusa. FORLATI (1978) riporta l'ubicazione di decine di cavità nelle Torricelle, descrivendo un fitto reticolo di gallerie stimato in oltre 20 km ed evidenziando come l'estrazione del riempimento abbia riportato alla luce le originali morfologie delle grotte. Ulteriori dati sono forniti da ZORZIN *et al.* (1992) che, basandosi sullo studio di pollini fossili contenuti nelle ocre, stimano un'età tardo cenozoica dei fenomeni carsici.

Le morfologie delle cavità paleocarsiche non sono mai state descritte in dettaglio, e sono disponibili i rilievi di sole tre grotte (ZORZIN & LATELLA, 2007).

Metodi

All'inizio del 2012, è stato possibile accedere a due ingressi precedentemente chiusi; in seguito abbiamo potuto accedere ad una terza grotta. Le cavità studiate si chiamano Grotta DeliNpero (*sic*), Grotta di Via Tirapelle e Grotta Desora (Fig. 1). L'esplorazione e il rilievo di queste grotte hanno avuto come obiettivo principale la ricerca di eventuali strati fossiliferi, nonché la descrizione delle morfologie delle grotte. Sono state anche eseguite analisi chimico-fisiche su alcuni campioni di ocre.

I campioni raccolti dai livelli fossiliferi sono stati consolidati per ottenere sezioni sottili; alcuni campioni incoerenti sono stati setacciati per raccogliere i fossili più grandi di 1 mm. Altri fossili sono stati fotografati e lasciati *in situ*. Sono state inoltre condotte ricerche di altri affioramenti di ocre nella zona circostante.

Risultati

Grotta DeliNpero

Posizione della grotta: Verona, Via Castello S. Felice 3° tornante, N 45°27'6.1'', E 11°00'17.8'' (WGS84), quota 117 m s.l.m. Litologia: bancate al passaggio tra i Calcarei Nummulitici e le Marne di Priabona.

La pianta della grotta mostra un *pattern* reticolare molto sviluppato, il che è inusuale per le grotte della zona. Le gallerie, quasi tutte più basse di 1,5 m, si sviluppano su di un singolo piano leggermente inclinato, in conformità con la stratigrafia locale, per oltre 2400 m di sviluppo. L'attività di estrazione mineraria ha lasciato praticamente intatte le morfologie originali della grotta; solo pochi passaggi sono stati allargati con l'esplosivo. Quasi tutte le gallerie sono state svuotate dal riempimento, evidenziando morfologie vadose ed epifreatiche (meandri, canali

di volta, cupole); alcuni rami laterali non sono stati scavati e sono riempiti di ocra fittamente laminata. Le lamine sono sempre parallele alla roccia sottostante, mostrando che il riempimento avvenne in condizioni vadose.

Sono stati trovati alcuni livelli di arenaria sovrapposta alle ocre in un riempimento, ma non vi sono stati trovati fossili. In conclusione, la Grotta Delinpero si è rivelata interessante per le sue morfologie e per i riempimenti di ocra, ma non ha fornito dati utilizzabili per le datazioni.

Grotta di Via Tirapelle

Posizione della grotta: Verona, Via Tirapelle 6, N 45° 27' 11.0", E 10° 59' 50.0", quota 112 m s.l.m. Litologia: ultime bancate dei Calcari Nummulitici.

È stato completato e parzialmente corretto il rilievo pubblicato da ZORZIN & LATELLA (2007), portando lo sviluppo della grotta a oltre 900 m; l'andamento della grotta mostra un'orientazione NNW-SSE. Come nella Grotta Delinpero, la morfologia originale non è stata praticamente alterata dall'attività mineraria. Con l'eccezione del ramo principale, che ha una sezione circolare e potrebbe essere di origine freatica, tutte le gallerie sono meandri vadosi alti fino a 6 m. La morfologia della grotta è meno visibile che nella Grotta Delinpero, poiché lo scavo è spesso avvenuto solo nella metà superiore o inferiore delle gallerie, lasciandole parzialmente riempite di ocra.

Sul soffitto di alcuni rami della grotta sono visibili dei canali di volta. In alcuni punti, il loro riempimento è ancora in sede: consiste in ocra giallo-brunastra contenente livelli calcarenitici poco cementati, spessi circa 20 cm. Si tratta di calcareniti ibride, con una matrice micritico-ocracea. I clasti sono piuttosto ben selezionati, e superano di rado i 3 mm. La frazione terrigena (5%-10%) è composta da quarzo a spigoli vivi e ad estinzione ondulata, lamelle di mica e frammenti di vulcaniti fortemente alterate. La frazione carbonatica consiste in frammenti di bivalvi, briozoi, alghe corallinacee (*Melobesia*), aculei di echinoidi e foraminiferi bentonici. Tra questi, sono stati riconosciuti: 1) *Amphistegina* spp., esemplari completi o quasi completi; 2) *Nummulites* spp. (ex gr. *N. fabiani*, ex gr. *N. incrassatus*), frammenti rimaneggiati; 3) *Discocyclina* spp., frammenti; 4) *Operculina* spp., rari esemplari; 5) *Lepidocyclina* spp., frammenti; e 6) *Miogypsina* sp., esemplari di attribuzione incerta. Ci sono cioè generi attribuibili all'Eocene finale (2, 3, 4, forse 1), o all'intervallo tra l'Oligocene finale e il Miocene iniziale (1, 4, 5, 6). Gli esemplari eocenici sono stati verosimilmente ereditati dall'erosione di rocce preesistenti.

Interpretiamo questa calcarenite come un deposito di tempesta, collocabile tra il tardo Oligocene e il Miocene inferiore, apparentemente sedimentata durante una fase epifreatica della grotta. L'età risulta compatibile con quella suggerita da CORRÀ (1977) e ZORZIN *et al.* (1992).

Grotta Desora

Posizione della grotta: Verona, Via Castello S. Felice 5° tornante, N 45°27'12.4'', E 11°00'27.5'', quota 154 m s.l.m. Litologia: prime bancate delle Marne di Priabona.

L'ingresso della grotta è costituito da una breve galleria artificiale seguita da un pozzetto di 16 metri che immette nella galleria principale. La pianta della grotta mostra una chiara direzione N-S; molte gallerie sono di facile accesso e consistono in meandri alti e stretti. Parti della grotta sono state fortemente alterate dall'attività estrattiva; anche qui, alcuni rami sono stati scavati solo in parte.

Strati fossiliferi di alcuni decimetri di spessore sono stati rinvenuti nei riempimenti del ramo nord della grotta (Fig. 1). Dal basso verso l'alto, il riempimento consiste di ocra marrone, seguita da alcuni decimetri di areniti, calcareniti e peliti, quindi ancora da ocra. I livelli arenitici mostrano laminazione incrociata e *ripple marks*, evidenziati da accumuli di lamelle di muscovite. La calcarenite mostra accenni di laminazione ed è costituita da una *grainstone* organogena, ben cementata, contenente abbondanti foraminiferi bentonici (*Discocyclina* spp., *Nummulites* sp. ex gr. *N. incrassatus*). Le calcareniti e le peliti sovrastanti contengono vertebre di pesci, rari brachiopodi (*Terebratula* sp.) e frammenti di ossa non determinabili. È stata rinvenuta anche una vertebra caudale attribuibile ad un delfino, che rappresenta il primo ritrovamento del genere nella zona. I livelli pelitici presentano un ricco contenuto fossilifero, che consiste principalmente in piccole conchiglie di *Ostrea* sp. (fino a 4 mm) e minuscoli aculei di echinoidi. Meno frequenti sono foraminiferi bentonici ben conservati (*Discocyclina* spp., *Nummulites* sp. ex gr. *N. incrassatus*, *Operculina* sp., *Asterocyclina* sp.), briozoi, denti di pesci ossei e brachiopodi. Le ottime condizioni dei reperti, particolarmente fragili, indicano che essi vennero trasportati per una breve distanza prima della loro deposizione.

L'insieme dei foraminiferi del riempimento indica un'età tardo eocenica, che è anche l'età della roccia incassante. Il fenomeno carsico, quindi, è iniziato allo stesso tempo o poco tempo dopo la deposizione delle Marne di Priabona. In altre parole, la Grotta Desora rappresenta un esempio di carsismo eogenetico risalente all'Eocene finale. Anche la grande estensione della rete paleocarsica delle Torricelle suggerisce che molte delle grotte si formarono per carsismo eogenetico, che favoriva cioè la formazione di gallerie in rocce molto porose che non avevano mai subito un seppellimento profondo (MYLROIE & MYLROIE, 2007).

Altri affioramenti

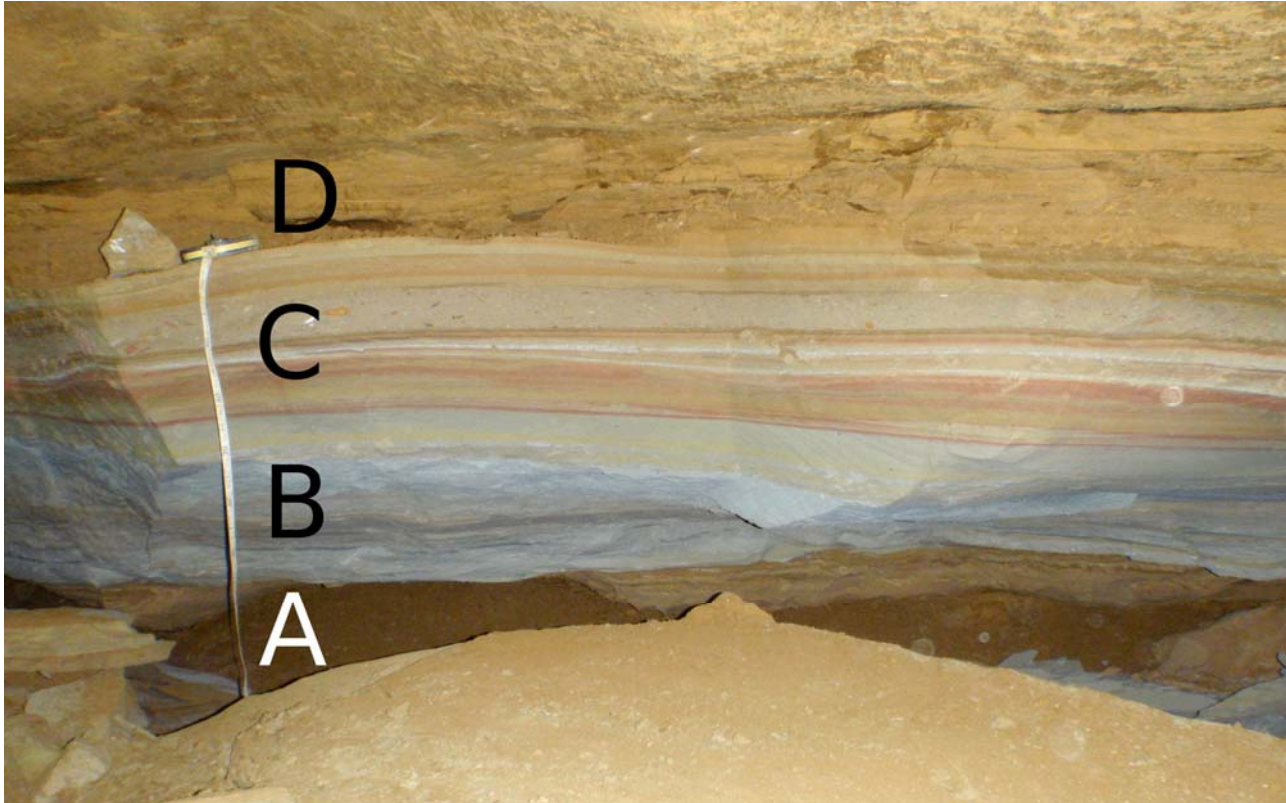


Figura 1. Grotta Desora: stratigrafia dei riempimenti del ramo nord, visibili ai lati della galleria. I riempimenti consistono in ocre bruna (A, D), grainstone fossilifera (B) e pelite fossilifera (C)

Figure 1. Grotta Desora: stratigraphy of the fillings in the northern branch, still visible at the conduit sides. Fillings consist of brown ochre (A, D), fossiliferous grainstone (B), and fossiliferous silt (C).

Frammenti di ocre limonitiche sono stati rinvenuti nei Calcari Nummulitici presso Villa Amina, a meno di un km dalle grotte studiate, al contatto tra un livello di tufo vulcanico e i soprastanti Calcari Nummulitici. Altri sono stati rinvenuti in un deposito di frana sottomarina nei calcari dell'Eocene inferiore della Val Gallina, a 12 km da Verona. Queste ocre, che non fanno parte di riempimenti paleocarsici, testimoniano la presenza di terre emerse dove avveniva la formazione di paleosuoli lateritici in condizioni di clima caldo-umido (TARDY, 1993).

Analisi chimico-fisiche preliminari

Analisi chimiche preliminari mostrano la scarsa compatibilità chimica delle ocre e delle Marne di Priabona da cui deriverebbero, suggerendo la possibilità che parte della roccia madre fosse, almeno in parte, di origine vulcanica. La relativa abbondanza di Si è un primo indizio; anche l'alto contenuto di P e Ti nei tufi e nell'ocra dell'affioramento di Villa Amina mostra una possibile correlazione.

Discussione e Conclusione

I dati raccolti dimostrano che i fenomeni paleocarsici nelle Torricelle iniziarono prima del Miocene, come ritenuto in precedenza. La stratigrafia locale mostra che condizioni marine neritiche perdurarono fino al tardo Priaboniano, con la presenza di tratti di terre emerse dove si formarono i paleosuoli. Nelle grotte studiate, gli strati fossiliferi inclusi nelle ocre si possono datare dal Priaboniano (Grotta Desora) al tardo Oligocene-Miocene inferiore (Grotta di Via Tirapelle). I dati paleontologici mostrano che la speleogenesi iniziò nel momento in cui il sollevamento tettonico portò all'emersione di tratti di terre, e che le grotte si trovavano in prossimità del mare.

Nel corso del sollevamento durante l'Oligocene e il Miocene inferiore, si formarono altre grotte a quota minore, il che corrisponde localmente ad un livello stratigrafico inferiore. La differenza di altezza stratigrafica tra la Grotta Desora, che si sviluppa nelle Mane di Priabona, e la Grotta di Via Tirapelle, che si sviluppa nei Calcari Nummulitici, è di circa 50 m. Questa differenza di quota dovrebbe corrispondere all'ammontare del sollevamento avvenuto tra la formazione delle due grotte.

Campione	Fe (%)	Mg (%)	Si (%)	Al (%)	P (ppm)	Ti (ppm)
1. Ocra, Grotta INpero	2.65	4.26	22.19	6.74	538	5706
2. Ocra, Villa Amina	6.42	1.49	17.46	7.67	4163	23092
3. Tufo, Villa Amina	3.17	1.17	9.66	4.48	4347	16567
4. Sabbia, Grotta Desora	5.05	1.57	17.32	3.12	1325	1392
5. Marna, est. Grotta INpero	0.86	0.68	4.66	1.84	487	999

Tabella 1. Elementi principali in alcuni campioni. Si noti la somiglianza tra i campioni 2 e 3 (ocra, tufo).

Table 1. Main elements in a few samples. Similarities between samples 2 and 3 (ochre, tuff) can be highlighted.

Il ritrovamento di frammenti di ocre nei calcari dell'Eocene inferiore e nei Calcari Nummulitici consentono inoltre di retrodatare anche i processi di alterazione di rocce emerse e la formazione delle ocre.

Le cavità paleocarsiche si formarono in zone costiere soggette ad ingressione marina, in rocce che si erano depositate da poco tempo (Grotta Desora) o che comunque non avevano mai subito un seppellimento profondo. È quindi probabile che il modello CIKM (Carbonate Island Karst Model; MYLROIE & MYLROIE, 2007) sia adeguato a spiegare la formazione di queste grotte.

Ringraziamenti

Questo studio è stato reso possibile dal lavoro di esplorazione e rilievo dei seguenti speleologi dell'Unione Speleologica Veronese: SARA BERGAMINI, PAOLO BIASI, YANN CANTAMESSA, STEFANO CESCHINI, MONICA DE ROSSI, MARCO FRIGO, SERENA FRIGO, MICHAEL LONARDI, ERICA MINUZ, CRISTINA RIGO, STEFANO ROMAGNOLI, ANDREA SANDRI, con assistenza di GIAMPAOLO PRANDO. FLAVIA GUZZO e GIUSEPPE CASTANO (Università di Verona) hanno fornito assistenza tecnica. L'Unione Speleologica Veronese ha fornito il materiale speleologico e il supporto finanziario per le sezioni sottili.

Gli autori ringraziano inoltre le Suore Carmelitane Scalze, proprietarie della Grotta di Via Tirapelle, per la preziosa collaborazione; MIRCO MENEGHEL per averci fornito alcuni testi essenziali; FEDERICO FANTI (Università di Bologna) e FRANCO FINOTTI (Museo Civico di Rovereto) per l'assistenza paleontologica; PAOLO FORTI e JO DE WAELE (Università di Bologna) per i commenti speleologici.

Bibliografia

- CONATO V., MARTINIS B., 1955. Osservazioni sul miocene dei colli veronesi e vicentini. *Riv. It. Paleont. Strat.*, **61** (2), 1-13.
- CORRÀ G., 1977. Osservazioni sui fenomeni palaeocarsici terziari nei calcari eocenici delle colline di Verona. *Studi Trent. Sc. Nat., Acta Geol.*, **54**, Trento, 123-142.
- DE ZANCHE V., SORBINI L., SPAGNA V., 1977. Carta geologica del territorio del Comune di Verona. *Mem. Mus. Civ. St. Nat. Verona*, II, sez. *Sc. della Terra*, **1**.
- FABIANI R., 1919. Guida geologica delle colline di Verona. *Mem. Acc. Agric. Sc. e Lett.*, Verona **XXI** (4), 241-252.
- FORLATI F., 1978. Aspetti geologici dei giacimenti di terra gialla sulla collina di Verona. *Boll. Mus. Civ. St. Nat. Verona*, 73-85.
- GONZATO G., CASTELLARIN A., CHIGNOLA R., GAMBERINI F., LAZZERI P., UNIONE SPELEOLOGICA VERONESE, 2014. New dating of palaeokarst features at Torricelle hills (Verona, Italy). *It. Journ. Geosc.*, **133**, 4, in stampa.
- MYLROIE J. R., MYLROIE J. E., 2007. Development of the Carbonate Island Karst Model. *Journal of Cave and Karst Studies*, **69** (1), 59-75.
- NICOLIS E., 1898. Sull'alterazione delle rocce della regione veronese e della finitima. *Atti R. Ist. Veneto Lett., Sc., ed Arti*, **9**, 7, Venezia.

TARDY Y., 1993. *Pétrologie des Latérites et des Sols Tropicaux*. Masson, Paris, 459 pp.

ZORZIN R., LATELLA L., 2007. Le miniere di "terra gialla" di Verona. Atti I° Cong. Naz. Archeologia del Sottosuolo, Bolsena, 2005.

ZORZIN R., ACCORSI C.A., BANDINI MAZZANTI M., DI GIUSEPPE M., 1992. Nuovi dati geologici e palinologici sul palaeocarsismo delle terre coloranti dei Monti Lessini - Verona. *Boll. Mus. Civ. St. Nat. Verona*, **19**, 475-503.

CAVITÀ NATURALI NEL SISTEMA SOLARE: UNA RASSEGNA

SOSSIO DEL PRETE^{1,2}

¹ Federazione Speleologica Campana, via Trinità degli Spagnoli, 41-80123 Napoli

² Planetario di Caserta, P.zza Ungaretti, 1 - 81100 Caserta; dpsossio@gmail.com

Riassunto

Sulla Terra sono note diverse tipologie di grotte naturali in molteplici contesti geologici che riflettono la dinamicità e unicità del nostro pianeta. Gran parte delle grotte terrestri ha origine da fenomeni carsici, pseudocarsici o vulcanici in rocce sedimentarie carsificabili, vulcaniche e ghiaccio. Sugli altri pianeti rocciosi e sulle lune del Sistema Solare non sono al momento noti, o non sono esistiti, bacini sedimentari analoghi a quelli della Terra, o comunque, laddove ipotizzati, non hanno generato potenti successioni di rocce carsificabili paragonabili a quelle terrestri. La scarsa o nulla atmosfera di questi corpi celesti costituisce un ulteriore fattore inibente lo sviluppo di fenomeni carsici. La diffusa presenza di rocce vulcaniche e ghiacci costituiscono, invece, anche per gli altri pianeti potenziali ambienti di formazione di grotte. Per le basse temperature dei pianeti oltre l'orbita terrestre, le grotte nei ghiacci potrebbero essere molto più conservative che sulla Terra. Nel caso delle rocce vulcaniche, le immagini delle sonde hanno mostrato la presenza di tubi di lava su Luna e Marte. Collapsi della volta di alcuni tubi di lava ancora intatti hanno permesso di stimare la profondità e il diametro di queste gallerie. Le grotte extraterrestri sono da alcuni anni fonte di interesse da parte di planetologi ed esobiologi per la possibilità che in esse si preservino ambienti adatti a ospitare forme elementari di vita e per la possibilità di sfruttarle come basi per la permanenza umana poiché naturale difesa contro le severe condizioni ambientali della superficie. Questa nota presenta una rassegna delle conoscenze sulla scoperta, l'origine, le prospettive esplorative, le aspettative scientifiche e il loro potenziale utilizzo come basi per la permanenza umana attese dalla comunità scientifica.

Parole chiave: Pianeti rocciosi, tubi di lava, crateri a fossa, esplorazione spaziale.

Abstract

CAVITY NATURAL IN THE SOLAR SYSTEM: A REVIEW - *On Earth various types of caves are known, hosted in various geological settings, that reflect the dynamism and uniqueness of our planet. Most of the caves on Earth derive from karst, volcanic or pseudokarst phenomena that formed caves in sedimentary karstified rocks, volcanic rocks and ice. On the other rocky planets and moons of Solar System, sedimentary basins similar to those of Earth are not known, and there is no evidence of powerful sequences of karstified rocks comparable to those of Earth. The scarce or no atmosphere of rocky planets and moons is another factor inhibiting the development of karst phenomena. On the contrary, the widespread presence of volcanic rocks and ice make the other planets potential environments of caves formation. Due to low temperatures of planet beyond the Earth orbit, the caves in the ices could be much more conservative than on Earth. In the case of volcanic rocks, the spacecraft images allow us to identify the presence of lava tubes on Moon and Mars, and to estimate in some cases their depth and diameter. The increasing interest in caves on other planets by planetary scientists and exobiologists is related to the possibility that traces of past life are preserved in these cavities or they may form an environment suitable to accommodate elementary forms of life; further, exploiting these underground spaces might allow to realize bases for the human habitat. Caves, in fact, are a natural defence against cosmic radiation, impact of meteorites and extreme weather conditions. This paper reviews the up-to-date state of research and knowledge about this new frontier for cave research and planetary scientists.*

Key words: rocky planets, lava tubes, skylight, pit crater, space exploration.

Introduzione

Sonde orbitali dotate di strumenti di osservazione a risoluzione sempre più alta ci hanno fornito immagini a vario grado di dettaglio di quasi tutti i principali corpi del Sistema Solare. In questo modo è stato possibile osservare le molteplici morfologie di pianeti e lune, incluso ampie voragini circolari (*skylight* o "finestre" e/o *pit crater*) che potrebbero dare accesso a cavità di origine vulcanica ancora preservate nel sottosuolo.

La localizzazione su Luna e Marte di canali di deflusso lavico e tubi di lava ha aperto importanti prospettive nello sviluppo e nella realizzazione di future basi planetarie per fini scientifici ed esplorativi in quanto potenziali

ambienti protetti che fanno da scudo contro le severe condizioni ambientali della superficie continuamente sottoposta a impatti di meteoriti, esposizioni di alte concentrazioni di radiazioni UV e altre particelle energetiche, estreme escursioni termiche e, nel caso di Marte, violente tempeste di polvere e sabbia (HÖRZ, 1985; COOMBS & HAWKE, 1992; BOSTON et al., 2003; BOSTON, 2010; LÉVEILLE & DATTA, 2010).

La possibilità che i sinuosi canali (*rille*) lunari fossero il frutto di tubi di lava collassati fu proposta per la prima volta da OBERBECK nel 1969. In seguito, lo sviluppo di strumenti di acquisizione con elevata capacità di risoluzione ha permesso l'individuazione e la raccolta di informazioni sempre più precise e dettagliate, aprendo la strada, come spesso accade, a nuovi e intriganti quesiti e prospettive di ricerca (GREELEY, 1971; COOMBS & HAWKE, 1992; CUSHING et al., 2007, 2008; HARUYAMA et al., 2009, 2010; CUSHING, 2012).

Le recenti indagini hanno rinnovato lo slancio nella ricerca di tubi ancora integri da utilizzare come possibili rifugi sotterranei in cui realizzare basi abitabili idonee alla permanenza umana (AA.VV., 2013) tanto più se al loro interno fossero preservate potenziali riserve di preziosi depositi di ghiaccio d'acqua (WILLIAMS et al., 2010; FRIEDERICK et al., 2010). Morfologie analoghe sulla Terra spesso rappresentano ingressi di grotte o grandi reti di gallerie sotterranee. La capacità di rilevare e esplorare queste potenziali cavità è di grande interesse per molte discipline in quanto al loro interno possono essere esposte intere successioni stratigrafiche di grande importanza per la storia geologica di questi corpi celesti. Nel caso di Marte si aggiungono anche aspettative di carattere biologico per la possibilità che nei suoi ambienti ipogei possano essersi preservate tracce di vita organica presente o passata (BOSTON 2010; LÉVEILLE & DATTA, 2010).

Ambienti speleogenetici

I processi vulcanici rappresentano un importante fattore di modellamento geologico per i corpi celesti di tipo roccioso del Sistema Solare. La Terra è l'unico pianeta, al momento, su cui sia nota la presenza di estesi bacini sedimentari in cui si sono formate potenti successioni di rocce carsificabili e su cui esistono le condizioni tettoniche e climatiche adatte affinché si sia sviluppato il fenomeno carsico. Oceani sono ipotizzati sotto le croste ghiacciate di diverse lune del Sistema Solare esterno e, pur ammettendo che in essi si possano formare successioni rocciose carsificabili, non sussistono comunque le condizioni tettoniche e climatico-ambientali idonee allo sviluppo del carsismo. Analogamente accade per i pianeti di tipo terrestre sebbene, almeno per Marte, è ormai accertata la presenza di estesi depositi di gesso e, forse, anche carbonatici in diversi bacini sulla sua superficie e sebbene, almeno nelle prime fasi della sua storia geologica, è probabile che siano sussistite le condizioni ambientali idonee allo sviluppo di fenomeni di dissoluzione carsica (BOSTON, 2010). In generale, diversi Autori ipotizzano la formazione di cavità anche su altri corpi celesti sia secondo processi genetici simili a quelli terrestri, sia secondo altri processi, tuttora da indagare, che in condizioni ambientali differenti sono in grado di generare tipi di cavità dalle proprietà completamente dissimili da quelle terrestri (BOSTON, 2003, 2010; MITCHELL & MALASKA, 2011).

Cavità vulcaniche

La maggior parte dei corpi celesti di tipo roccioso mostra evidenze di un diffuso vulcanismo che ha originato una pletora di morfologie vulcaniche prodotte da eruzioni effusive di lave basaltiche molto fluide, grotte incluse, che quindi sono molto più diffuse delle cavità per dissoluzione. In sintesi, esse si originano solo nell'ambito di colate laviche a bassa viscosità che fuoriescono da una bocca eruttiva (HARTER III, 1972; OLLIER, 1990). Le tipologie di grotte possono essere alquanto varie, in funzione soprattutto del tasso di efflusso, delle caratteristiche chimico-fisiche dei prodotti emessi (in particolare viscosità e composizione), dell'acclività regionale, della gravità e dell'atmosfera che influenzano lunghezza e diametro dei tubi. Si possono formare grotte verticali, in corrispondenza di fratture eruttive con profondità di alcune decine di metri (*volcano-tectonic fractures*), grotte emisferiche (*blister caves*), dovute alla formazione di una grande bolla di gas all'interno della colata lavica, o grotte da scorrimento lavico meglio note come tubi di lava (*lava tube*).

I tubi di lava si formano solo su quei vulcani che danno luogo ad un'attività di tipo effusivo caratterizzata dalla fuoriuscita di un magma basaltico molto fluido che scorre sui fianchi del vulcano stesso formando lingue di lava. Quando la colata fuoriesce da una bocca eruttiva, lateralmente si iniziano a formare, per raffreddamento, argini all'interno dei quali essa, mantenendosi più calda, può continuare a fluire velocemente. Se anche la parte superiore del canale lavico riesce a solidificare e a saldarsi con gli argini, si origina un vero e proprio condotto che inibisce la dispersione del calore verso l'esterno permettendo alla lava al suo interno di mantenere temperature molto elevate (circa 1.000 °C), e raggiungere grandi distanze. La formazione di tunnel in lave tipo *pahoehoe* segue il meccanismo dell'*inflation* in cui i primi livelli raffreddati sono spinti verso l'alto e rigonfiati dall'interno da successive pulsazioni di lava. Nel punto in cui la lava fuoriesce dal tubo e torna a scorrere all'aperto si forma una bocca effimera mentre, al termine dell'eruzione, lo svuotamento totale del condotto può

dare origine a sistemi di gallerie sotterranee. Dopo l'eruzione il tetto del canale può collassare per lunghi tratti, creando in superficie depressioni aperte. I tunnel lavici sulla Terra hanno diametri variabili da meno di 1 m fino più di 30 m, alti 15 m, e con varie diramazioni e anastomizzazioni; possono subire fasi di riattivazione e raggiungere sviluppi di molti km. In Australia sono noti sistemi di tubi di lave quaternarie che si estendono per 160 km (ATKINSON et al., 1975).

Mercurio

In base ai dati forniti dal Mariner 10, ma soprattutto dalla sonda MESSENGER (2011), Mercurio non mostra alcuna evidenza di grandi vulcani a scudo come quelli di Terra, Marte e Venere, ma solo un ridotto numero di piccole morfologie che dubitativamente richiamano quelle tipo vulcano scudo o caldera (HEAD et al., 2012; BYRNE et al., 2013). I dati attuali hanno rivelato anche una scarsa presenza di morfologie vulcaniche come coni, flussi da colata o solchi sinuosi (*rilles*). Al contrario, la superficie presenta estesi espandimenti basaltici a bassa viscosità, talora di origine non vulcanica (bacini da fusione per impatto come il bacino Caloris), associati a elevati volumi di lava eruttata (HURWITZ et al., 2013) che formano ampie pianure a scala regionale o intercrateriche che si sviluppano tra grandi, vecchi crateri da impatto (BYRNE et al., 2013). In altre regioni del pianeta, l'alta densità di impatti ha inibito anche questi processi favorendo locali ristagni di lava. Recentemente HURWITZ et al. (2013) hanno scoperto possibili canali di flusso lavico, larghi fino a 20 km e lunghi qualche decina di km o, in rari casi, oltre il centinaio di km. Essi, tuttavia, non presentano evidenze di formazione di tubi lavici al loro interno quanto, piuttosto, evidenze di erosione del substrato.

Venere

Per dimensioni e struttura interna, Venere è il pianeta più simile alla Terra. È avvolto da una densa copertura nuvolosa stratificata che, oltre a impedire la visione diretta della sua superficie, è responsabile di un intenso effetto serra con temperature fino a 460 °C e pressione al suolo di 90 atm. Solo con la sonda Magellano (1990-1994), si è potuto disporre di una mappa tridimensionale di dettaglio della sua superficie (JET PROPULSION LABORATORY, 1989) che ha permesso di studiare l'enorme varietà di forme vulcaniche presenti (SAUNDERS et al., 1991). Sebbene la risoluzione non consenta di risolvere dettagli dell'ordine di decine di metri, tipici di un collasso, l'interpretazione delle morfologie venusiane ha permesso ai ricercatori di avanzare alcune considerazioni. La superficie di Venere presenta *canali* con lunghezza superiore ai 1000 km, sinuosi, di larghezza costante e relativamente poco ampi (fino a 3 km); duomi a “panettone” con diametro >25 km delimitati da pareti molto ripide e altre particolari strutture come *aracnoidi* e *coronae* (CRUMPLER et al., 1992; GRINDROD et al., 2005; HAMILTON, 2007). Le colate di lava si sviluppano fino a oltre 1.000 km di lunghezza, molto più di quelle terrestri. La formazione dei *canali* può essere dovuta a erosione termica e/o meccanica, o essere il risultato di tubi di lava drenati e crollati, o una combinazione dei due (BAKER et al., 1992; GREGG & SAKIMOTO, 1996). Se sono il frutto di tubi di lava drenati e collassati, potrebbero essere stati generati da lave basaltiche molto fluide (GREGG & SAKIMOTO, 1996).

Luna

Sulla Luna, estrusioni di magmi basaltici a bassa viscosità hanno generato canali stretti e sinuosi (*rille*) e tubi di lava lunghi anche centinaia di chilometri (OBERBECK et al., 1969; GREELEY, 1971, 1991; CRUIKSHANK & WOOD, 1972; HULME, 1973, 1982; MASURSKY et al., 1978; COOMBS & HAWKE, 1992) per lo più ubicati all'interno dei *maria* (crateri colmi di basalto). I numerosi *rille* non risultano riempiti di lava solidificata poiché la bassa viscosità delle lave lunari, ricche in Fe e Ti, ne ha permesso un completo drenaggio. Molti Autori ritengono che quei settori di *rille* che appaiono coperti debbano ritenersi, con tutta probabilità, dei tubi vuoti o parzialmente vuoti ancora preservati. Caratterizzata da assenza di atmosfera e gravità 1/6 quella della Terra, sulla Luna si ipotizzano tubi vuoti larghi da decine a centinaia di metri e lunghi decine di chilometri; dimensioni più che soddisfacenti per ospitare una base abitabile (MASURSKY et al., 1978; WILSON & HEAD, 1981; HÖRZ, 1985; COOMBS et al., 1989; COOMBS & HAWKE, 1992). Le evidenze morfologiche sembrano indicare che i tetti dei tubi siano strutturalmente abbastanza stabili da resistere a un bombardamento meteorico prolungato e anche sufficientemente spessi da fornire una protezione adeguata contro le radiazioni cosmiche. In base all'età delle lave lunari che li contengono, i tubi sono rimasti intatti nel corso di miliardi di anni di bombardamento meteoritico e scuotimenti sismici. Pur non esistendo studi specifici dell'effetto di lunamoti sulla stabilità dei tubi di lava, sulla Terra sono noti tubi rimasti perfettamente integri sebbene costantemente sottoposti a terremoti anche di magnitudo elevata (COOMBS & HAWKE, 1992).

Sulla Terra, il rapporto tra lo spessore delle lave in volta e l'ampiezza del tubo di lava varia tra 0,25 e 0,125 (OBERBECK et al., 1969). Considerando l'effetto arco, comune nei tubi di lava terrestri, e che le lave lunari potrebbero essere molto più vescicolari di quelle terrestri, e basandosi sulle osservazioni morfologiche dei tubi

identificati, si stima che sulla Luna vi siano tubi ampi fino a 500 m o più, con spessori in volta dai 40/60 ai 100/200 m (OBERBECK et al., 1969; HÖRZ, 1985; COOMBS & HAWKE, 1992). Queste stime sarebbero in accordo con le osservazioni condotte su crateri da impatto nei pressi dei tubi di lava ancora integri. In base al rapporto profondità/diametro dei crateri, è stato stimato che lo spessore della volta di un tubo in grado di resistere alla distruzione provocata dalla penetrazione di un bolide, debba essere almeno il doppio della profondità del cratere d’impatto da esso generato (HÖRZ, 1985).

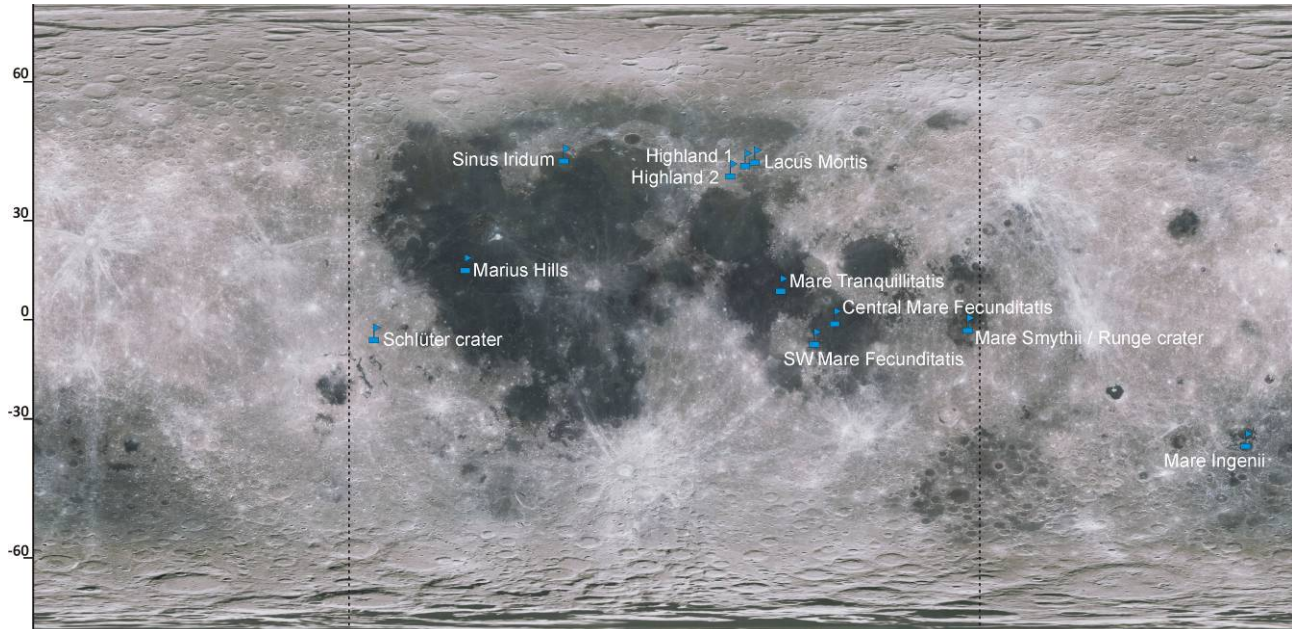


Figura 1. Mappa della Luna con l’ubicazione dei possibili skylight e collassi individuati.

Figure 1. Location of possible skylights and pit craters on the Moon.

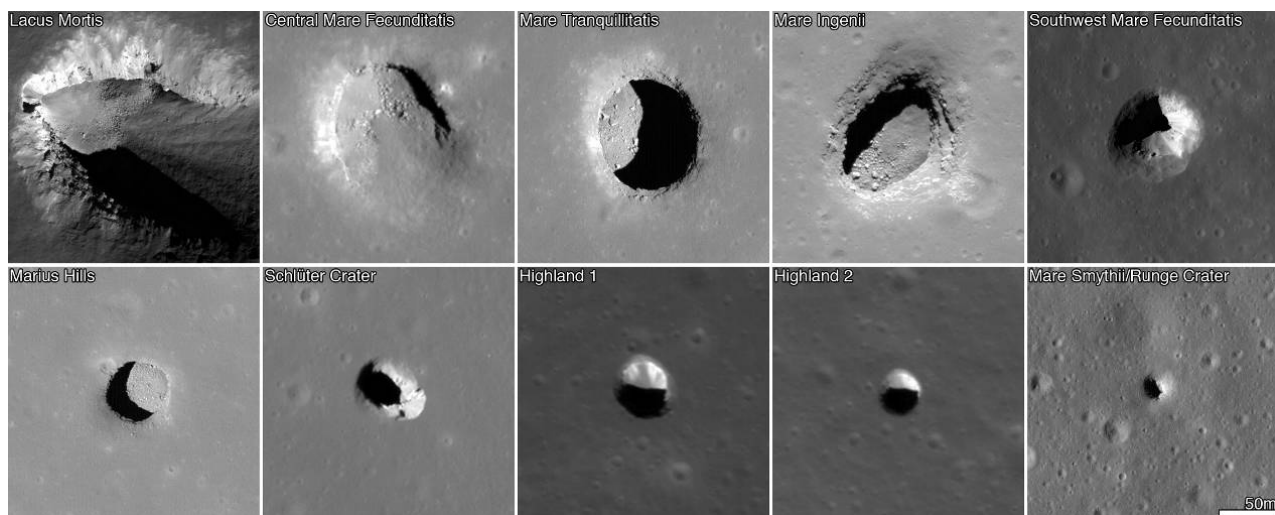


Figura 2. Collage di possibili skylight e pit crater lunari (NASA/JPL).

Figure 2. View of possible skylights and pit craters on the Moon (NASA/JPL).

La sonda giapponese SELENE/Kaguya (2007-2009), insieme al team del Lunar Reconnaissance Orbiter, attraverso immagini ad alta risoluzione nella provincia vulcanica delle *Marius Hills*, una regione del più vasto *Oceanum Procellarum*, ha individuato il primo *skylight* lunare di un tubo di lava ancora integro risalente a 3,7 miliardi di anni fa (HARUYAMA et al., 2009, 2011; Figg. 1 e 2). Lo *skylight* si è formato su un tubo dell’ampiezza stimata di 370 m localizzato in un *rille* meandriforme di 48 km di lunghezza (“Rille A”). Ha forma grossomodo circolare con diametro di 65 m e profondità stimata di 80-88 m. L’area a contorno è coperta da uno spessore di 20-25 m di lave che hanno protetto il tubo da collassi della volta causati da ulteriore bombardamento meteorico (HARUYAMA et al., 2009). Il collasso stesso potrebbe, però, essere stato causato proprio dall’impatto di un meteorite. Lo stesso team nel 2010 identifica altri 2 possibili *skylights* (HARUYAMA et

al., 2010, 2011) nel *Mare Tranquillitatis*, 350 km dal sito di atterraggio dell'Apollo 11, e nel *Mare Ingenii* (questo è il primo scoperto sulla faccia nascosta della Luna; Figg. 1 e 2). I due nuovi *skylights* non si trovano all'interno di canali e sono molto più larghi e profondi di quelli precedentemente scoperti. Quello del *Mare Tranquillitatis* ha perimetro circolare irregolare con assi lunghi 110 m e 120 m per una profondità stimata di 180 m, mentre quello del *Mare Ingenii* ha forma sub-triagonale con assi di 140 m e 110 m, margini irregolari e profondità stimata di 90 m (HARUYAMA et al., 2010; NASA, 2010). Al loro contorno non sono presenti prodotti di eiezione e, quindi, non sono stati generati da espulsione di magma o gas dal sottosuolo. Le pareti presentano strati lavici spessi dai 4 ai 12m (ASHLEY et al., 2011a, b), mentre la base è occupata da un cumulo di sabbia sottile con decine di grossi massi. L'età stimata è di 3,6 miliardi di anni, periodo a cui viene fatto risalire il picco dell'attività vulcanica sulla Luna (HIESINGER et al., 2003).

Marte

Marte ha una massa 10 volte più piccola della Terra; freddo e arido, ha una tenue ma molto dinamica atmosfera e, attualmente, non presenta un campo magnetico apprezzabile né attività tettonica. Tuttavia, 3,5 miliardi di anni fa su Marte esistevano movimenti tettonici, la superficie era coperta da fiumi, laghi e oceani, la temperatura era più elevata e l'atmosfera più densa di quella odierna (BAKER, 2006). Più della metà della superficie è coperta da rocce vulcaniche prevalentemente basaltiche, ma di recente sono state scoperte anche successioni sedimentarie di varia natura e origine. Carbonati derivati dall'alterazione ad opera di fluidi idrotermali o acqua in prossimità della superficie sono stati trovati nella *Nili Fossae* (EHLMAN et al., 2008) e nel cratere *Gusev* (MORRIS et al., 2010), e bacini evaporitici sono stati scoperti in altre aree (GENDRIN et al., 2005). Tuttavia, nonostante la presenza di depositi tipicamente carsificabili e di più favorevoli condizioni ambientali nel passato, ad oggi su Marte è ancora azzardato ipotizzare la presenza di grotte carsiche. Al contrario, l'attività vulcanica del pianeta, per la bassa forza di gravità e gli elevati volumi eruttati ha generato, per sovrapposizione di flussi lavici, i grandi vulcani a scudo della regione di Tharsis (CARR et al., 1977; CRUMPLER & AUBELE, 1978; GREELEY & SPUDIS, 1981; WERNER, 2009; Fig. 3) con canali e tubi di lava molto grandi (GREELY, 1991).

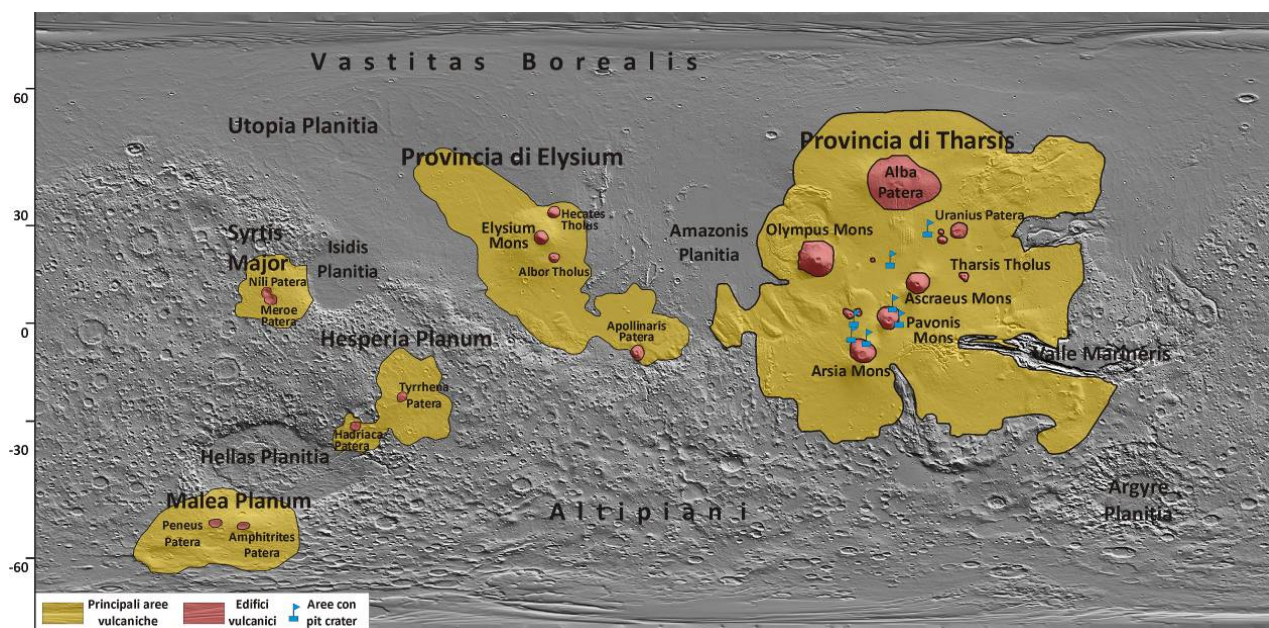


Figura 3. Province ed edifici vulcanici di Marte con ubicazione dei siti ove ad oggi sono noti skylight e/o collassi.

Figure 3. Volcanic provinces of Mars and vents with location of skylight and pit crater area.

Numerosi canali e tubi di lava sono stati rilevati da immagini ad alta risoluzione in un transetto del Mons Olympus (PUPYSHEVA et al., 2006; BLEACHER et al., 2007b; DE BERNARDINIS, 2012) e della dorsale di Tharsis (BLEACHER et al., 2007a; DE BERNARDINIS, 2012). L'indagine non ha rivelato *skylight* ma solo la presenza di tubi collassati che hanno originato depressioni chiuse singole o multiple (*pit chains*) longitudinalmente al tubo stesso. Lungo il versante settentrionale e in prossimità dell'apron basale dell'Arsia Mons, sono state individuate dal Mars Odyssey sette cavità che si aprono in una regione con diffusa presenza di depressioni prodotte da vuoti sotterranei collassati (CUSHING et al., 2007; Figg. 3 e 4). Indagate con le due camere THEMIS nel visibile (risoluzione 18 m/pixel) e nell'infrarosso (risoluzione 100 m/pixel) esse non presentano caratteristiche di crateri da impatto o da bocche eruttive: sono profondi pozzi cilindrici a pareti verticali che con molta probabilità danno accesso a caverne sotterranee. Le osservazioni all'infrarosso hanno mostrato che essi risultano più freddi

rispetto alla superficie durante il pomeriggio e più caldi prima dell'alba. Informalmente denominati "le sette sorelle dell'Arsia Mons" (Fig. 4a-f), queste voragini da crollo hanno diametri dai 100 ai 260 m e profondità minima tra i 68 e i 172 m (CUSHING et al., 2007, 2008). Nuove osservazioni con camere ad alta risoluzione (CTX, 6m/pixel, e HiRISE, 0,3m/pixel) del Mars Reconnaissance Orbiter hanno fornito altri dettagli morfologici e individuato altri due profondi pozzi dalle pareti verticali (CUSHING et al., 2008), del diametro di 125 m e profondi 68 m, molto vicini tra loro e allineati lungo una successione di altre depressioni. Molti altri *skylight* (73) vengono individuati a N dell'Arsia Mons e sul fianco SE del Pavonis Mons (Fig. 4m e 5a; CUSHING E TITUS, 2010; CUSHING, 2012).

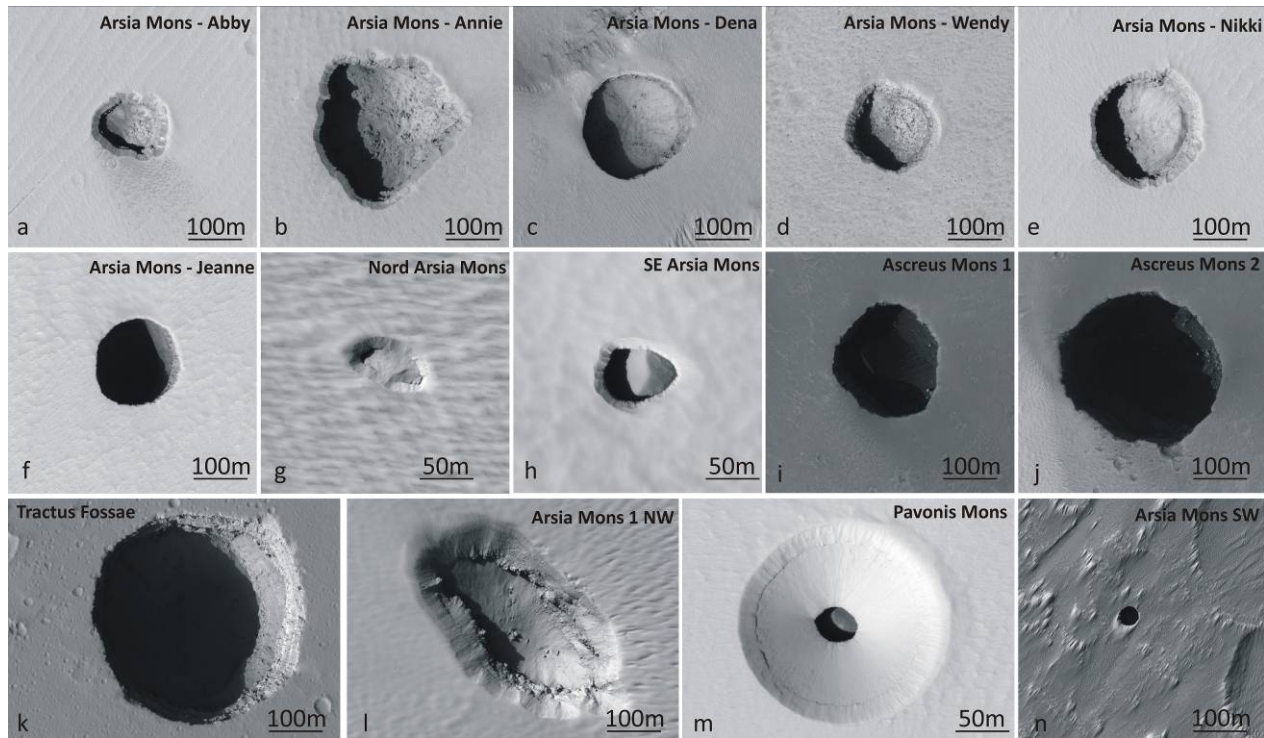


Figura 4. Collage di pit crater marziani (HiRISE: NASA / JPL / University of Arizona) nella dorsale di Tharsis.

Figure 4. Martian pit craters in the Tharsis-ridge shield volcanoes (HiRISE: NASA/JPL/University of Arizona).

Cavità nel ghiaccio

Fenomeni criovulcanici con eruzioni di liquidi o gas supergelidi composti di acqua, ammoniaca o composti del metano (criomagma) sono noti su Encelado, Tritone, Titano, Europa e Cerere. L'origine dell'energia che sostiene questi processi è ancora incerta (interazione mareale, effetto serra sotterraneo o sorgenti idrotermali). Fenomeni tipo geyser sono stati osservati anche al polo sud di Marte durante il disgelo primaverile la cui attività genera macchie di materiale scuro sulla superficie (*dark spot dune*) e una rete di canali nello strato di ghiaccio (*spider*; KIEFFER, 2000; PIQUEx et al., 2003). Pur trattandosi di fenomeni ancora poco conosciuti, essi evidenziano la possibile esistenza di fenomeni speleogenetici alternativi.

Tipologie

Collassi (*pit crater*) e *skylight* sono spesso allineati a depressioni con fondo chiuso talora in coalescenza, a formare una catena (*pit chain*); non presentano bordi rilevati, depositi da eiezione o flussi di lava, tipici di crateri da impatto, eruzioni vulcaniche o caldere (WYRICK et al., 2004; CUSHING et al., 2007; BLEACHER et al., 2007a, b; CUSHING, 2012). Si tratta di morfologie note anche sulla Terra (FERRIL et al., 2004) che si generano per collasso di materiale all'interno di vuoti nel sottosuolo. Hanno tipica forma conica con o senza un fondo piatto, pareti interne acclivi tra 30° e 65°, stratificate e interessate da fenomeni di erosione differenziata. *Pit chain* su Marte sono associati al drenaggio di depositi superficiali poco consolidati all'interno di vuoti del sottosuolo generati dall'ampliamento di fratture nel basamento in corrispondenza di graben o lungo faglie estensionali profonde fino a 5 km (FERRIL et al., 2003; WYRICK et al., 2004). In questi casi le *pit chain* sono allineate alle strutture tettoniche su cui si impostano, presentano andamenti più lineari, ma soprattutto da sole non costituiscono indizio certo della presenza di un tubo di lava nel sottosuolo. Se associate a tubi di lava seguono l'acclività del pendio secondo una direzione più sinuosa.

I collassi individuati su Luna e Marte presentano forme da circolari a sub-circolari, pareti verticali stratificate

interessate da erosione differenziata e sono profondi da alcune decine a oltre 100 m. In alcuni casi pareti a sbalzo lasciano intuire la presenza di spazio vuoto che prosegue lateralmente nel sottosuolo. In relazione a diversi ambiti morfologici e strutturali, sono state distinte (CUSHING et al., 2007; CUSHING & TITUS, 2010; CUSHING, 2012): cavità associate a tubi di lava, a strutture vulcano tettoniche e cavità atipiche (Fig. 5).

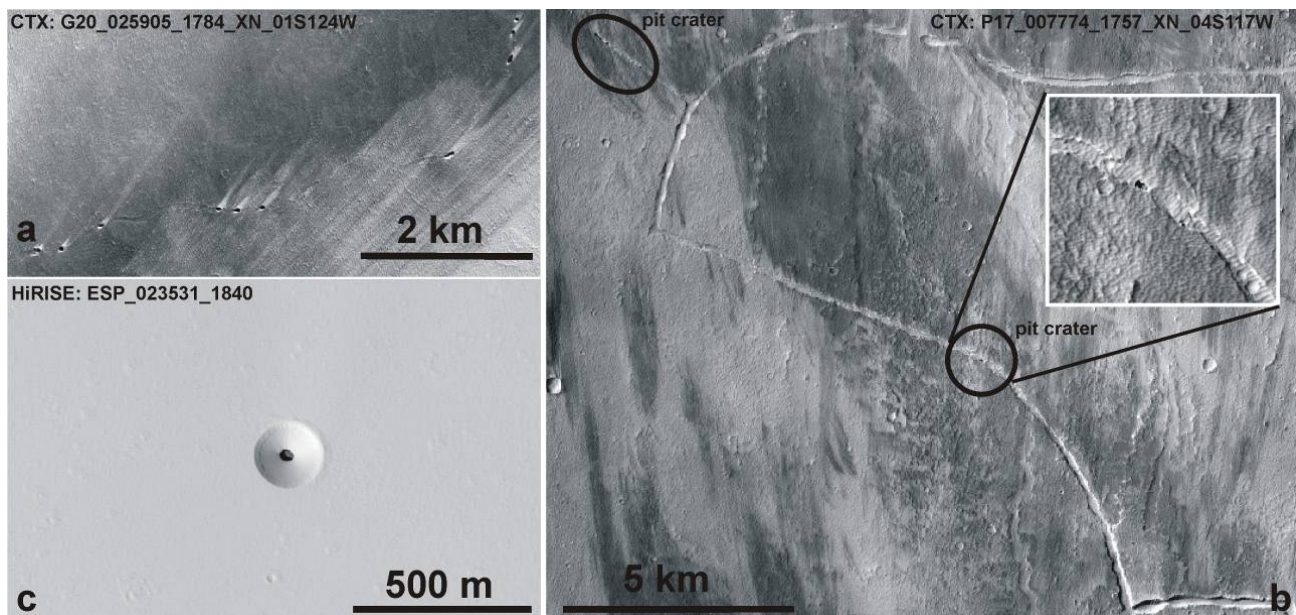


Figura 5. Ingressi di cavità su Marte su tubo di lava (a); strutture vulcano tettoniche (b); e cavità atipiche (c); NASA/JPL.

Figure 5. Martian cave entrances on lava-tube rille (a); volcano-tectonic fractures (b); atypical pit crater (c); NASA/JPL.

Cavità associate a tubi di lava (*lava tube caves*) si formano per collasso della volta o perché essa non si è del tutto chiusa per effetto di fratturazione estensionale della crosta causata dall'*inflation*. La presenza di ingressi allineati lungo *rille* sinuosi è indicatore dell'esistenza di un tubo singolo, vuoto e i loro diametri possono essere indicativi delle dimensioni del tubo sottostante (Fig. 5a).

Cavità associate a strutture vulcano tettoniche (*volcano-tectonic caves*) sono depressioni che si rinvencono in zone distali rispetto ad un edificio vulcanico. Gli ingressi sono allineati all'interno di strutture tipo graben dal fondo piatto che si sviluppano per 10-20 km in linea retta o anche curvilinea ma non sinuosa (Fig. 5b). Queste strutture tettoniche di tipo estensionale sono state ampliate dall'intrusione di magma dal sottosuolo che ha favorito la formazione di collassi in superficie. Le cavità tendono a svilupparsi in profondità nelle fratture ospitanti, non presentano tumuli o bocche effimere associate e i loro ingressi possono essere mascherati da depositi eolici.

Le cavità atipiche (*atypical pit crater*) non si associano a strutture e morfologie superficiali. Hanno forma cilindrica con diametro da 80 a 300 m e pareti verticali molto profonde, che però in alcuni casi fanno intuire la presenza di cavità. Si ipotizza che siano legati a tubi di lava profondi o a strutture tettoniche sepolte e si ritiene che il materiale incoerente della superficie venga drenato attraverso queste cavità nel sottosuolo, o che il tetto della cavità si allarghi progressivamente verso l'esterno per crollo (Figg. 4m e 5c).

Metodi di indagine

La prospettiva di utilizzare tubi di lava vuoti come basi sotterranee per la permanenza umana o per fini di ricerca pone il problema di sviluppare metodi e tecnologie innovative per una preliminare esplorazione.

Rilevamento da satellite

Lo studio attraverso immagini satellitari è limitato dalla risoluzione degli strumenti, dalla copertura areale, ma soprattutto dal disporre di un punto di vista solo dall'alto che non permette di ispezionare la cavità nel sottosuolo. Le immagini da satellite consentono di indagare aspetti morfologici come la profondità sfruttando le condizioni di illuminazione delle pareti del pozzo e l'altezza del Sole durante la ripresa fotografica (Fig. 6).

Il georadar (GPR) ha invece l'obiettivo di indagare in maniera indiretta l'andamento ipogeo di un tubo di lava (MIYAMOTO et al., 2002, 2005; ROWELL et al., 2010) ed è stato testato su tubi di lava terrestri con risultati positivi (OLHOEFT et al., 2000; MIYAMOTO et al., 2002, 2005; MEGLICH, 2003; ROWELL et al., 2010). Il metodo, non richiedendo un diretto contatto tra strumentazione e suolo e non avendo necessità di lunghi tempi

di acquisizione, può essere utilizzato per svolgere le attività di rilevamento anche da aereo o satellite.

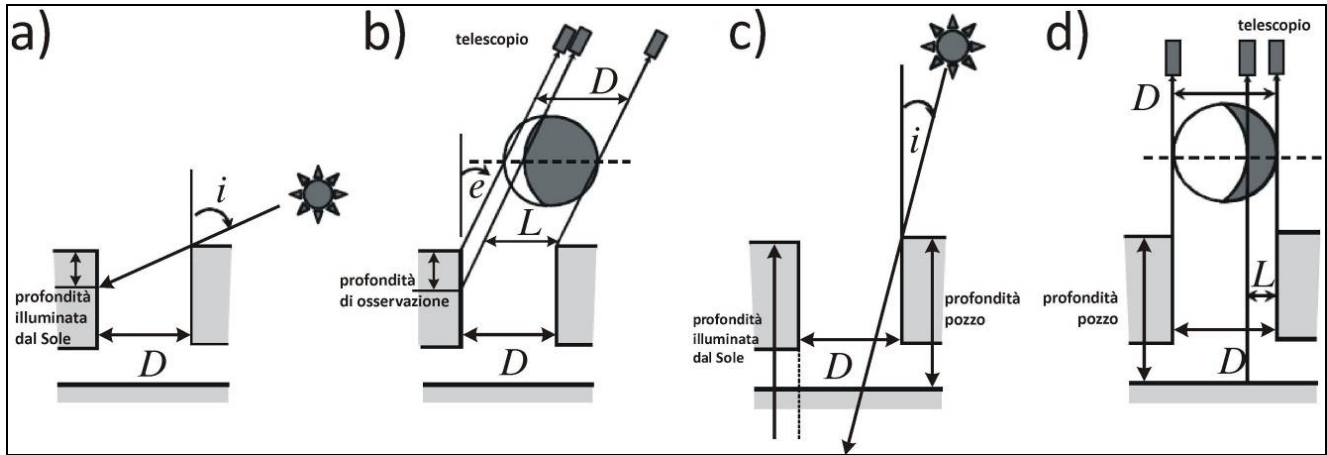


Figura 6. Stima della profondità di un pozzo dalle condizioni di illuminazione (da HARUYAMA et al., 2009, modificato). Il Sole illumina la parete del pozzo, la profondità minima è $d_{\text{sunlight}} = D / \tan(i)$, con D diametro del pozzo ed i angolo di incidenza del Sole (a) oppure (b) $d_{\text{obs}} = (D - L) / \tan(e)$ con L lunghezza della porzione in ombra del pozzo, ed e angolo sotto cui viene osservato dalla camera satellitare. Se il Sole illumina il pavimento del pozzo (c e d), $d_{\text{sunlight}} \neq d_{\text{obs}}$. La profondità può essere stimata solo in base alla porzione in ombra e all'angolo di incidenza del Sole, $d_{\text{bottom}} = L / \tan(i)$.

Figure 6. Estimation of the vertical hole depth using solar lighting condition and image data (after HARUYAMA et al., 2009, modified). Sun illuminate the wall of the hole. a) The minimum depth is $d_{\text{sunlight}} = D / \tan(i)$, with D diameter of hole and i incidence angle; b) alternately, $d_{\text{obs}} = (D - L) / \tan(e)$ can be independently estimated from the dark portion L of the hole ($D - L$) and the emission angle e . c-d) If the Sun illuminate the hole bottom $d_{\text{sunlight}} \neq d_{\text{obs}}$. The hole depth can be estimated by $d_{\text{bottom}} = L / \tan(i)$.

Microbots vs. Rover

Lo sviluppo di tecnologie robotiche ha come obiettivo l'esplorazione diretta del sottosuolo per mezzo di rover, ma anche di micro robot (*microbots*). Ma mentre i rover sono limitati allo studio di piccole aree e necessitano di complesse tecniche di *landing*, centinaia o migliaia di microbots delle dimensioni di una palla da baseball, potrebbero essere distribuiti su ampie superfici direttamente dall'orbita. Seguendo questa linea di pensiero, DUBOWSKY et al. (2005) stanno sviluppando un prototipo formato da una piccola sfera di policarbonato trasparente (10 cm di diametro e 100 g di peso) al cui interno sono presenti vari sensori miniaturizzati, diversi dei quali ancora in fase di sviluppo, oltre ai sub sistemi relativi alla mobilità, l'alimentazione, le comunicazioni, il controllo e le elaborazioni (Fig. 7).

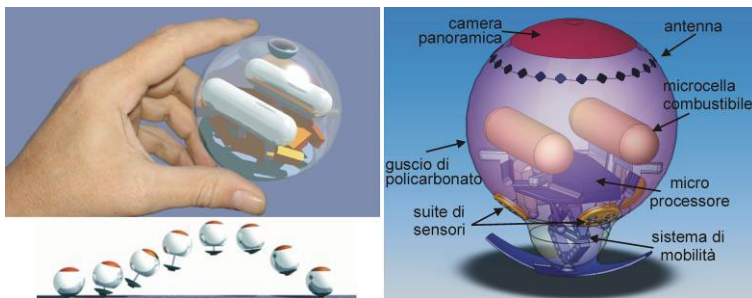


Figura 7. Modello concettuale del microbot (da DUBOWSKY et al., 2005).

Figure 7. Conceptual model of microbots (after DUBOWSKY et al., 2005).

Le sfere si muovono per saltelli, seguiti da rimbalzi e rotolamenti in fase di caduta, attivati da elastomeri dielettrici. Il prototipo è in grado di muoversi su diversi tipi di terreno. Da prove sul campo in alcune cavità laviche del New Mexico, i microbot si sono incastrati tra i blocchi, ma le simulazioni condotte indicano che utilizzando almeno 50-100 microbot ne sopravviverebbero abbastanza da riuscire a penetrare per almeno 1 km all'interno di una cavità. Per un efficiente esplorazione il folto gruppo di microbots da impiegare richiede un coordinamento dei loro movimenti, la condivisione delle informazioni, l'elaborazione dei dati e delle comunicazioni. Si tratta di un aspetto tecnico di non poco conto e anche di notevole complessità da affrontare e risolvere nel campo della robotica (DUBOWSKY et al., 2005).

Il team della SELENE/Kaguya sta ideando la missione "Smart Lander for Investigating Moon" che prevede l'atterraggio di precisione di un lander da cui sbarcano 2 piccoli rover di 1,5 kg di peso totale dotati di fotocamere stereoscopiche ad alta risoluzione per acquisire dettagliate immagini delle pareti e del fondo dello

skylight delle *Marius Hills* sulla Luna (HARUYAMA et al., 2011). Missione più complessa è quella proposta dall'*Astrobotic Technology* (WHITTAKER, 2012) e denominata “*Spelunker*” (Fig. 8). Un *lander*, esegue una scansione tridimensionale di uno *skylight* in fase di discesa e valuta il sito più opportuno per l’atterraggio per calare un cavo al suo interno. Dopo lo sbarco, dal *lander* escono 3 robots “*cavehopper*” mentre un quarto viene sospeso nello *skylight* con lo scopo di completarne la scansione, mantenere una connessione radio tra *cavehopper* nel sottosuolo e *lander*, e assisterli nell’esplorazione. All’interno del tubo, i robot possono usare le ruote, quando incontrano un pavimento liscio, o saltare tramite levette azionate da pistoni che forniscono un impulso per un salto direzionato. Durante la progressione, i *cavehoppers* teleguidati da Terra eseguono indagini geologiche e un rilevamento LIDAR dell’ipogeo.

Problema comune nell’utilizzo sia dei microbots che dei rover è quello della trasmissione dei dati in superficie e poi alla Terra. In entrambi i casi bisogna stabilire una rete LAN tra le varie unità per poi trasferire dati e informazioni a un *lander* in superficie, da qui a un *orbiter* e poi alla Terra. Per fare ciò alcuni microbot dovranno essere programmati per fermarsi a varie distanze all’interno della cavità e agire da nodi della rete di comunicazioni (DUBOWSKY et al., 2005); nel caso dei rover essi devono ritornare entro il raggio d’azione del *lander* oppure, tramite onde radio a bassa frequenza, trasmettere i dati a un robot “*follower*” che lo segue in superficie e funge da nodo di comunicazione con gli operatori sulla Terra.

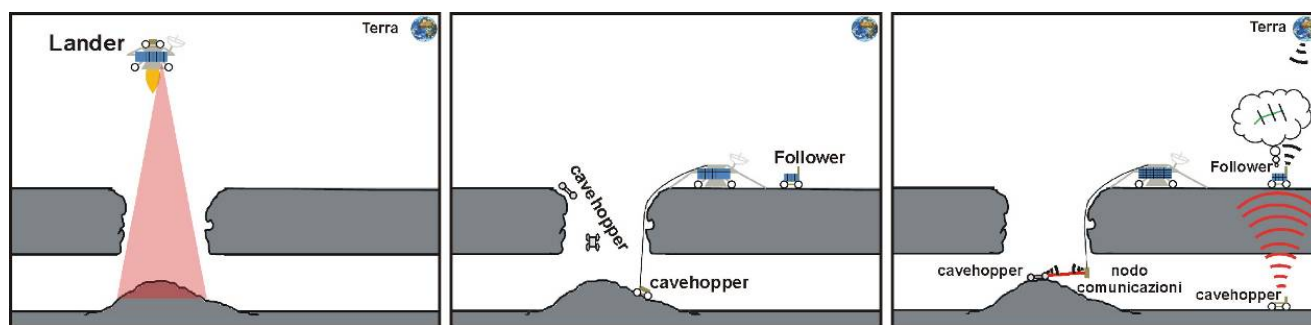


Figura 8. Modello concettuale della missione “*Spelunker*” (da WHITTAKER, 2012, modificato).

Figure 8. Conceptual model of “*Spelunker*” mission (after WHITTAKER, 2012, modified).

Astrobiologia

Una delle più importanti questioni della scienza planetaria è se la vita si sia sviluppata altrove nel Sistema Solare. Se alcuni corpi celesti come la Luna ci consentono di affermare con ragionevole certezza che non sono mai esistite le condizioni per lo sviluppo di forme di vita, su altri corpi rocciosi del Sistema Solare tali condizioni potrebbero esistere tuttora o essere esistite in un passato più o meno recente. Quando si parla di esobiologia, inoltre, potrebbe non essere scontato che eventuali forme di vita presenti su altri mondi si basino sulla chimica del carbonio e usino l’acqua come solvente. In tal senso, quindi, pur non sapendo come cercare forme di vita alternative, non si può negare la possibile esistenza di biologie alternative su altri pianeti o in ambienti molto particolari. Certamente la vita tende a colonizzare gli ambienti più vari come confermano le scoperte sulla Terra di forme di vita batteriche o anche più complesse all’interno di fonti idrotermali abissali ad alta temperatura, nelle carote di ghiaccio dell’Antartide o nel sottosuolo a grandi profondità. Ecosistemi chemio-autotrofi sono ben noti in alcune grotte terrestri dove sono state scoperte comunità di organismi che si sostentano attraverso l’ossidazione di sostanze chimiche inorganiche come il solfuro di idrogeno. Queste particolari forme di vita estremofile spingono diversi ricercatori a ipotizzare l’esistenza di forme simili anche all’interno di isolati ambienti ipogei marziani in presenza di specifici depositi minerali. Lo studio della vita nelle grotte terrestri è un punto di riferimento anche per l’esobiologia e ci informa sulla diversità e la resilienza della vita microbica e di come le tracce di tale vita siano registrate sotto forma di firme biologiche (chimiche, molecolari, isotopiche, morfogeniche) all’interno di depositi di minerali. Attualmente la superficie di Marte è sottoposta a molti fattori di rischio per la vita e si ritiene che, se vita microbica sia mai esistita sul pianeta, essa non può che essersi rifugiata nel sottosuolo s.l. dove godrebbe di una efficace protezione a lungo termine. Le grotte, in quanto ambienti molto conservativi, rappresentano alcuni di questi luoghi. Tuttavia, le formazioni rocciose in cui si trovano gli accessi ai possibili ipogei finora noti sono molto giovani (intorno ai 300 milioni di anni) rispetto al periodo che si ritiene sia stato più favorevole allo sviluppo della vita sul pianeta (3,5-3 miliardi di anni fa). Perciò, secondo altri Autori (GRIN et al., 1998; CABROL et al., 2009), le maggiori probabilità di trovare prove della vita passata o esistente su Marte sarebbero solo in quelle regioni dove si sono formate cavità per dissoluzione, quindi associate alla presenza di acqua, ma di cui, però, attualmente non si hanno evidenze, o nel permafrost del sottosuolo. Tuttavia, è anche possibile che le grotte laviche su Marte possano intercettare

acque di falda sotterranee e favorire lo sviluppo di ambienti protetti contenenti firme biologiche o indicatori paleoambientali riferibili a diversi periodi della storia marziana (BOSTON et al., 1992, 2001; GRIN et al., 1998; SCHULZE-MAKUCH et al., 2005; RASMUSSEN et al., 2009).

Protezione Planetaria

Quando nel novembre 1969 gli astronauti dell'Apollo 12 riportarono sulla Terra la telecamera montata sulla sonda Surveyor 3 (1967), si scoprì che era contaminata dal batterio *Streptococcus mitis*, vivo e vegeto dopo ben 31 mesi di permanenza sulla Luna. Sebbene dopo più di 40 anni ancora non sia chiaro se la contaminazione sia avvenuta prima del lancio o in seguito al ritorno sulla Terra, questo episodio è significativo dei possibili rischi di contaminazione collegati a una missione spaziale tanto più se essa ha come obiettivo la ricerca di forme di vita.

Come sulla Terra grande attenzione si pone alla protezione degli ambienti ipogei o a regioni speciali come l'Antartide per evitare forme di contaminazione chimica, fisica e biologica, anche nel campo dell'esplorazione spaziale la problematica è molto sentita. Organizzazioni scientifiche come MEPAG (2006) e COSPAR (2008) già da diversi anni hanno redatto linee guida per limitare o contenere il problema della contaminazione biologica da parte di future missioni spaziali. Nonostante ogni possibile accorgimento, tuttavia, è da ritenere inevitabile che future esplorazioni umane di Marte comportino qualche forma sia pur minima e controllata di contaminazione (CONLEY & RUMMEL, 2010). Per questo motivo si cerca di privilegiare siti di atterraggio tali che le eventuali contaminazioni siano localizzate nello spazio e si ritiene che gli habitat ipogei non siano coerenti con queste raccomandazioni. In tal senso, le grotte terrestri con contenuti biologici (soprattutto microbiologico) possono servire come convincente banco di prova per lo sviluppo di metodologie e protocolli impatto minimo o non-impatto anche per l'uso extraterrestre.

Conclusioni

La diversità geologico-evolutiva dei corpi celesti di tipo roccioso nel Sistema Solare suggerisce l'esistenza di cavità che per processi di formazione, tipologia e dimensioni possono essere molto differenti da quelle terrestri. L'uomo ipertecnologico tornerà di nuovo nelle caverne? HÖRZ già nel 1985 evidenziò come il potenziale utilizzo di un tubo di lava come rifugio sotterraneo in cui collocare una base lunare aveva il vantaggio di richiedere pochi materiali da costruzione per renderli abitabili, favorire un controllo naturale delle condizioni ambientali generalmente costanti all'interno di una cavità sotterranea, fornire una protezione naturale contro le severe condizioni ambientali superficiali continuamente sottoposte a radiazioni cosmiche, impatti di meteoriti o anche al materiale di eiezione derivante da un impatto, fornire un ideale luogo di ricovero per veicoli e macchinari o stoccaggio di materiali. Considerazioni che insieme alla necessità di acqua e fonti di energia per sopravvivere, restano tuttora valide. Al momento, tuttavia, molto resta da sviluppare in termini di tecnologie e metodologie per il rilevamento e l'esplorazione di queste cavità, verso le quali non sono ancora previste missioni dedicate sebbene presentino i requisiti scientifici che sono tra gli obiettivi prioritari della NASA (esplorazione umana, ricerca di acqua e forme di vita). Le prime esplorazioni dovranno essere di natura robotica e ciò necessita lo sviluppo di tecnologie per atterraggi di precisione nei pressi degli ingressi, lo sviluppo di robot in grado di scendere e spostarsi all'interno di queste grotte nonché di sensori e strumenti di monitoraggio e analisi ambientali, scientifiche, per il rilievo topografico e la trasmissione dati a Terra. Anche dal punto di vista infrastrutturale, l'uso di cavità come tubi di lava per realizzare insediamenti abitabili sarebbe molto vantaggioso in termini di trasporto e consumo di risorse. La stabilità tettonica di un'area con cavità sotterranee è strettamente connessa alla stabilità geologica della cavità stessa, ma anche alla impermeabilità e al grado di tenuta in caso di perdite di gas dalla stazione ipogea. Le grotte rappresentano obiettivi eccellenti anche per la ricerca di tracce di vita antica, ma le soluzioni esplorative devono tener conto della necessità di svolgere indagini senza rischi di contaminazione ambientale nel rispetto delle politiche di protezione planetaria concordate a livello internazionale.

Ringraziamenti

Desidero ringraziare il Prof. LUIGI A. SMALDONE dell'Università "Federico II" di Napoli e direttore scientifico del Planetario di Caserta per gli utili suggerimenti e l'incoraggiamento.

Bibliografia

AA.VV., 2013. *Moon Miners' Manifesto*. On-line www.MMM-MoonMinersManifesto.com

ASHLEY J.W., BOYD A.K., HIESINGER H., ROBINSON M.S., TRAN T., VAN DER BOGERT C.H., WAGNER R.V., & LROC SCIENCE TEAM, 2011a. *Lunar pits: sublunarean voids and the nature of Mare emplacement*. 42nd Lunar and Planetary Science Conference, March 7–11, 2011, at The Woodlands in Texas, abs. 2771.

- ASHLEY J.W., ROBINSON M.S., RAY HAWKE B., BOYD A.K., WAGNER R.V., SPEYERER E.J., HIESINGER H., VAN DER BOGERT C.H., 2011b. *Lunar caves in mare deposits imaged by the LROC narrow angle cameras*. 1st Inter. Planetary Cave Research Workshop, October 25-28, 2011, Carlsbad – New Mexico, abs. 8008.
- ATKINSON A., GRIFFIN T.J., STEPHENSON P.J., 1975. *A major lava tube system from Undara Volcano, North Queensland*. Bull. of Volcanology, **39**, 266-293.
- BAKER V.R., 2006. *Water and the evolutionary geological history of Mars*. Boll. Soc. Geol. It., **125**, 357-369.
- BLEACHER J.E., GREELEY R., WILLIAMS D.A., CAVE S.R., NEUKUM G., 2007a. *Trends in effusive style at the Tharsis Montes, Mars, and implications for the development of the Tharsis province*. Jour. of Geoph. Res., **112**, E09005.
- BLEACHER J.E., GREELEY R., WILLIAMS D.A., WERNER S.C., HAUBER E., NEUKUM G., 2007b. *Olympus Mons, Mars: Inferred changes in late Amazonian aged effusive activity from lava flow mapping of Mars Express High Resolution Stereo Camera data*. Journal of Geophysical Research, **112**, E04003.
- BOSTON P.J., 2003. *Extraterrestrial caves*. In J. GUNN (ed.), *Encyclopedia of caves and karst science*, Fitzroy-dearborn, New York-London, 735-741.
- BOSTON P.J., 2010. *Location, location, location! Lava caves on Mars for habitat, resources, and the search for life*. Journal of Cosmology, **12**, 3957-3979.
- BYRNE P.K., KLIMCZAK C., WILLIAMS D.A., HURWITZ D.M., SOLOMON S.C., HEAD J.W., PREUSKER F., OBERST J., 2013. *An assemblage of lava flow features on Mercury*. Jour. Geophys. Res. Planets, **118**, 1-20.
- CABROL N.A., GRIN E.A., WYNNE J.J., 2009. *Detection of caves and cave-bearing geology on Mars*. 40th Lunar and Planetary Science Conference, abs. no. 1040.
- COOMBS C.R., HAWKE B.R., 1992. *A search for intact lava tubes on the Moon: Possible lunar base habitats*. Second Conf. on Lunar Bases and Space Activities of the 21st Century, NASA Conf. Publ., NASA CP-3166, **1**, 219– 229.
- CRUIKSHANK D.P., WOOD C.A., 1972. *Lunar rilles and Hawaiian volcanic features: Possible analogues*. Moon, **3**, 412–447.
- CRUMPLER L.S., HEAD J.W., AUBELE J.C., GUEST J., SAUNDERS R.S., 1992. *Venus Volcanism: Global Distribution and Classification from Magellan Data*. 23th Lunar and Planetary Science Conference, 277-278.
- CUSHING G.E., 2012. *Candidate cave entrance on Mars*. Journal of Cave and Karst Studies, **74**, 33-47.
- CUSHING G.E., TITUS T.N., WYNNE J.J., CHRISTENSEN P.R., 2007. *THEMIS observes possible cave skylights on Mars*. Geophys. Res. Lett., **34**, L17201.
- CUSHING G.E., TITUS T.N., JAEGER W.L., KESZTHELEYI L.P., MCEWEN A.S., CHRISTENSEN P.R., 2008. *Continuing study of anomalous pit craters in the Tharsis region of Mars: new observation from HiRISE and THEMIS*. 39th Lunar and Planetary Science Conference, abs. no. 2447.
- CUSHING G.E., TITUS T.N., 2010. *Caves on Mars: Candidate sites for astrobiological exploration*. Astrobiology Science Conference 2010, abs. no. 5414.
- DE BERARDINIS P., 2012. *Confronto morfometrico dei collassi di lava tube sulla Terra e su Marte*. Tesi di Laurea in Scienze Geologiche, sessione III, anno accademico 2011-2012, Università di Bologna.
- DUBOWSKY S., IAGNEMMA K., LIBERATORE S., LAMBETH D.M., PLANTE J.S., BOSTON P.J., 2005. *A concept mission: Microbots for large-scale planetary surface and subsurface exploration*. Space Technology and Applic. Int. Forum – STAIF, 13-17 February, 2005, Albuquerque, New Mexico (USA), M.S. El-Genk ed., **746**, 1449-1458.
- EHLMANN B.L., MUSTARD J.F., MURCHIE S.L., POULET F., BISHOP J.L., BROWN A.J., CALVIN W.M., CLARK R.N., DES MARAIS D.J., MILLIKEN R.E., ROACH L.H., ROUSH T.L., SWAYZE G.A., WRAY J.J., 2008. *Orbital identification of carbonate bearing rocks on Mars*. Science, **322**, 1828-1832.
- FREDERICK R., BILLINGS T.L., MCGOWN R.D., WALDEN B.E., 2000. *Martian ice caves*. Concepts and Applications for Mars Exploration, Lunar and Planet. Inst., Houston, Texas, 18– 20 July.
- GENDRIN A., MANGOLD N., BIBRING J.P., LANGEVIN Y., GONDET B., POULET F., BONELLO G., QUANTIN C., MUSTARD J., ARVIDSON R., LEMOUELIC S., 2005. *Sulfates in Martian layered terrains: the OMEGA/Mars Express view*. Science, **307** (5715), 1587-1591.
- GORNITZ V., 1973. *The origin of sinuous rilles*, Moon, **6**, 337 – 356.
- GREELEY R., 1971. *Lava tubes and channels in the lunar Marius Hills*. Moon, **3**, 289–314.
- GREGG T. K. P., SAKIMOTO S., 1996, *Venusian lava flow morphologies variation on basaltic theme*. Lunar and Planetary Science, **27**, 459-460.

- GRIN E.A., CABROL N.A., MCKAY C.P., 1998. *Caves in the Martian regolith and their significance for exobiology exploration*. 29th Lunar and Planetary Science Conference, abs. no. 1012.
- GRINDROD P.M., NIMMO F., STOFAN E.R., GUEST J.E., 2005, *Strain at radially fractured centers on Venus*. Journal of Geophysical Research, **110**, no. E12.
- HAMILTON W.B., 2007. *An alternative Venus*. In: G.R. FOULGER, D.M. JURDY (eds.): *Plates, plumes, and planetary processes*, Geol. Society of America Special Paper 430, 879–911.
- HARTER III J.W., 1972. *Morphological Classification of Lava Tubes*. Int. Symp. on Vulcanospeleology and its Extraterrestrial Applications: 29th Annual Conv. Nat. Speleol. Society, White Salmon, 74-85.
- HARUYAMA J., HIOKI K., SHIRAO M., MOROTA T., HIESINGER H., VAN DER BOGERT C., MIYAMOTO H., IWASAKI A., YOKOTA Y., OTHAKE M., MATSUNAGA T., HARA S., NAKANOTANI S., PIETERS C. M., 2009. *Possible lunar lava tube skylight observed by SELENE cameras*. Geophysical Res. Lett., **36**, L21206.
- HARUYAMA J., et al., 2010. *New Discoveries of Lunar Holes in Mare Tranquillitatis and Mare Ingenii*. 41th Lunar Planet. Sci. Conf., abs. no.1285.
- HARUYAMA J., SAWAI S., NIZUNO T., YOSHIMITSU T., FUKUDA S., NAKTANI I., 2011. *Exploration of lunar holes, possible skylights of underlying lava tubes, by Smart Lander for Investigating Moon (SLIM)*. Jour. of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, 2011-k-08, 1-4.
- HIESINGER H., HEAD III J.W., WOLF U., JAUMANN R., NEUKUM G., 2003, *Ages and stratigraphy of mare basalts in Oceanus Procellarum, Mare Nubium, Mare Cognitum, and Mare Insularum*. Jour. Geoph. Res., **108** (E7), 5065, 1-27.
- HÖRZ F., 1985. *Lava tubes: Potential shelters for habitats, in Lunar Bases and Space Activities of the 21st Century*. In: W.W. MENDELL (ed.): *Lunar Bases and Space Activities of the 21st Century*. Lunar and Planet. Inst., 405–412.
- HULME G., 1973. *Turbulent lava flow and the formation of lunar sinuous rilles*. Mod. Geol., **4**, 107– 117.
- HURWITZ D.M., HEAD J.W., BYRNE P.K., XIAO Z., SOLOMON S.C., ZUBER M.T., SMITH D.E., NEUMANN G.A., 2013. *Investigating the origin of candidate lava channels on Mercury with MESSENGER data: Theory and observations*. Jour. Geophys. Res. Planets, **118**, 471–486.
- JET PROPULSION LABORATORY, 1989, *Magellan: The Unveiling of Venus*. NASA, marzo 1989. JPL 400-345 3/89, <http://history.nasa.gov/JPL-400-345/magellan.htm>
- KIEFFER H.H., 2000. *Annual punctuated CO₂ slab-ice and jets on Mars*. 2nd International Conference on Mars Polar Science and Exploration, Univ. of Iceland, Reykjavik, 21– 25 August 2000.
- KIEFFER H.H., TITUS T.N., MULLINS K.F., CHRISTENSEN P.R., 2000. *Mars south polar spring and summer behavior observed by TES: Seasonal cap evolution controlled by frost grain size*. Jour. Geophys. Res., **105**, 9653–9699.
- LÉVEILLÉ R.J., DATTA S., 2010. *Lava tubes and basaltic caves as astrobiological targets on Earth and Mars: A review*. Planetary and Space Science, **58**, 592–598.
- MASURSKY H., COLTON G.W., EL-BAZ F. (eds.), 1978. *Apollo over the moon: a view from orbit*. NASA SP-362, 255pp.
- MEGLICH T.M., WILLIAMS M.C., HODGES S.M., DEMARCO M.J., 2003, *Subsurface Geophysical Imaging of Lava Tubes, Lava Beds National Monument*, CA. Geophysics, December 2003, Orlando, FL.
- MEPAG SR-SAG (2006). *Findings of the Mars Special Regions Science Analysis Group*. Unpublished white paper, 76 p, June 2006, Mars Exploration Program Analysis Group (MEPAG) at <http://mepag.jpl.nasa.gov/reports/index.html>.
- MITCHELL K.L., MALASKA M., 2011. *Karst on Titan*. 1st Inter. Planetary Cave Research Workshop, October 25-28, 2011, Carlsbad – New Mexico, abs. 8021.
- MORRIS R.V., RUFF S.W., GELLERT R., MING D.W., ARVIDSON R.E., CLARK B.C., GOLDEN D.C., SIEBACH K., KLINGELHOFER G., SCHRODER C., FLEISCHER I., YEN A.S., SQUYRES S.W., 2010. *Identification of carbonate-rich outcrops on Mars by the Spirit Rover*. Science, **329** (5990), 421-424.
- NASA, 2010, *New Views of Lunar Pits*. NASA Portal, http://www.nasa.gov/mission_pages/LRO/multimedia/lroimages/lroc-20100914_lunarpits_prt.htm
- OBERBECK V. R., WILLAM L. Q., GREELEY R., 1969. *On the origin of lunar sinuous rilles*. Mod. Geol., **1**, 75–80.
- OLHOEFT G.R., SINEX D.B., SANDER K.A., LAGMANSON M.M., STILLMAN D.E., LEWIS S., CLARK B.T., WALLIN E.L., KAUAHIKAUA J.P., 2000. *Hot and cold lava tube characterization with ground penetrating radar*. Proc. 8th International Conference on Ground Penetrating Radar, **4084**.
- OLLIER C., 1990. *Vulcani. Attività, geografia, morfologia*. Zanichelli, 230 pp.

- PIQUEUX S., BYRNE S., RICHARDSON M.I., 2003. *Sublimation of Mars's southern seasonal CO₂ ice cap formation of spiders*. Jour. of Geophysical Research, **108**, E8, 5084.
- PUPYSHEVA N.V., BASILEVSKY A.T., IVANOV B.A., 2006. *Lava tubes on the summit part of Olympus Mons volcano, Mars, and channel network at its south-east foot: morphology, depths, widths, lengths, and coefficients of sinuosity*. 44th Vernadsky-Brown Microsymp. on Comparative Planet., Moscow, Russia, 9– 11 October 2006, abs. m44_71.
- ROWELL C.R., PIDLISECKY A., IRVING J.D., FERGUSON R.J., 2010. *Characterization of lava tubes using ground penetrating radar at Craters of the Moon National Monument, USA*. CREWES Research Report, **22**, 1-18.
- WERNER S.C., 2009. *The global martians volcanic evolutionary history*. Icarus, **201**, 44-68.
- WILLIAMS K.E., MCKAY C.P., TOON O.B., HEAD J.W., 2010. *Do ice caves exist on Mars?* Icarus, **209**, p. 358–368.
- WYRICK D., FERRILL D.A., MORRIS A.P., COLTON S.L., SIMS D.W., 2004. *Distribution, morphology, and origins of Martian pit crater chains*. Jour. Geophys. Res., **109**, E06005.
- WHITTAKER W., 2012. *Technologies Enabling Exploration of Skylights, Lava Tubes and Caves*. Final report for Office of the Chief Technologist National Aeronautics and Space Administration, 51 p.

LA RICOSTRUZIONE PALEOCLIMATICO – AMBIENTALE DELL'APPENNINO UMBRO – MARCHIGIANO DURANTE IL PLEISTOCENE MEDIO E SUPERIORE ATTRAVERSO LO STUDIO DEI DEPOSITI IN GROTTA

MARA LORETI

*Lab. Palinologia e Paleobotanica, Univ. Modena e Reggio Emilia; Gruppo Speleologico Gualdo Tadino;
heidi52it@yahoo.it*

Riassunto

Che le grotte fossero conservative lo avevo scoperto, quasi per caso, come speleologa andando in grotta e trovando i resti fossili di animali tra i detriti depositati sul fondo, sulle pareti dei pozzi e dei cunicoli. La curiosità si spostava dal macroscopico femore all'idea di poter cercare quanto di più piccolo in quei tanti fanghi, umidi e colorati, l'acqua avrebbe potuto trasportare: un granulo di polline di qualche pianta del passato che, grazie alla resistente sporopollenina dell'esina, ci avrebbe potuto dare informazioni sulle piante che avevano ricoperto il territorio appenninico nei tempi a noi lontani.

La Palinologia è la Scienza che si interessa dello studio del polline e delle spore, sia viventi che fossili, prodotti dalle piante in contesti attuali e del passato. La Palinologia ha un ruolo fondamentale nello studio dell'evoluzione climatico-forestale di un determinato territorio, individuando al microscopio le oscillazioni climatiche, nelle varie ere geologiche, sulla base delle associazioni vegetali, consentendo pertanto la ricostruzione paleo-ambientale e paleo-climatica. Un settore di notevole rilevanza è la speleo-palinologia, che da alcuni decenni si occupa dello studio di depositi in grotta.

I campioni prelevati da depositi presenti nel Complesso carsico di Frasassi (Genga, provincia di Ancona) e nel Complesso carsico di Caprelle (Monte Lago - Sefro), sono stati per la prima volta sottoposti ad analisi palinologica. Com'è d'uso in palinologia, in laboratorio i campioni di grotta devono essere sottoposti a trattamenti fisico-chimici che eliminino tutta la sostanza minerale e concentrino il polline, senza però alterare la struttura e la morfologia dell'esina, che è determinante per il riconoscimento del polline. L'uso del microscopio ottico ha permesso l'osservazione sui vetrini allestiti in modo idoneo, del polline e la sua identificazione. Lo spettro pollinico di ogni campione ha permesso la ricostruzione paleo-climatica e paleo-ambientale, immagine della vegetazione coeva al deposito, esistente nei dintorni dei complessi e una collocazione cronologica dei siti in accordo con i dati geomorfologici e geocronologici.

Il Complesso carsico di Caprelle è stato assegnato al Pleistocene superiore. Gli spettri pollinici dei campioni hanno restituito una flora pleistocenica del glaciale Würm II, simile ed ascritta alla stessa cronologia di quella rinvenuta nei depositi di

Lagaccione, Valle di Castiglione, Lago Grande di Monticchio e Lago di Fimon.

Il Complesso carsico di Frasassi è stato assegnato al Pleistocene medio e testimonia un lungo periodo di 600 mila anni, dall'interglaciale Gunz - Mindel al glaciale Riss III. Gli spettri pollinici dei cinque campioni hanno restituito una flora del Pleistocene medio simile e con la stessa cronologia di quella rinvenuta nei depositi di:

Interglaciale Gunz-Mindel: Gelagna Bassa. Bacino di Leffe, Collecorti-Cesi;

Glaciale: Bacino di Pietrafitta, Boca Maggiore (Piemonte), Bacino di Leonessa, Bacino di Rieti, Torrente Sentino, Aulla-Olivola (Val di Magna), Collecorti-Cesi, Sessano (Molise), Scoppito-Madonna della Strada, Valle del Salto, Valle di Castiglione.

Parole chiave: geomorfologia, geocronologia, palinologia.

Abstract

THE PALAEOCLIMATIC-ENVIRONMENTAL RECONSTRUCTION OF THE UMBRIA-MARCHE APENNINES DURING MIDDLE-UPPER PLEISTOCENE THROUGH THE STUDY OF CAVE DEPOSITS - Going into caves, as a speleologist, finding animals' fossilised remains in the debris deposited on the ground, I realized how caves are

conservative. My curiosity moved from the macroscopic femur to the idea to be able to search in the muds features small as a fossil pollen grain. Thanks to the sporopollenina of esina, which is the most resistant, nowadays it is possible to identify plants which covered the Apennine's territory in past times. The Speleopalynology has an essential role in the study of the climatic-forest evolution of a given area. Samples from the karst complexes of Frasassi (Genga – Ancona province) and Caprelle (Monte Lago - Sefro), have provided a pollen spectrum which allowed the paleo-environmental reconstruction and a chronological positioning of the sites, according to geomorphology and geochronology.

Key words: geomorphology, geochronology, palynology

Introduction

Among the natural archives formed in continental environments, concretions in caves (speleothems) and fine sediments have a prominent place. Karst caves are traps for sediments, as palaeo-environmental information are generally stored in the memory of what happens around them, including the external systems, where processes of erosion and weathering typically cancel any evidence of previous environments.

In recent decades, the research related to the study of the physico-chemical properties of speleothems, and of cave sediments, have had consequently a considerable acceleration, in particular with regard to the palaeo-climatic and palaeo-environmental reconstructions for the Quaternary.

Caves represent, therefore, very important sites of research of the fossil plant that, trapped in sediments, in calcite or/and gypsum concretions, allow the palinologist and geologist to discover plant changes through the geological ages and, then, the climate variations during the Quaternary.

The goal of this research is the study of two karst systems in the Umbria-Marche Apennines (Marche region, central Italy): the karst Complex of Frasassi and the karst Complex of Caprelle.

This research was carried out along two strictly interrelated fronts, the geomorphological/geochronological study, and the palinological analysis. The latter allowed to reconstruct the palaeo-climate and palaeo-flora-vegetation at the time of origin of the two karst complexes, and provided a contribution to the chronological placement of deposits.

This research began by collecting samples in the Frasassi Complex (10 samples belonging to different karst levels and in different caves of the Complex) and in the Caprelle Complex (9 samples collected at different sites and depth, down to about 75 metres). Sampled sediments were treated for pollen extraction (this method provides deflocculation by Na-pyrophosphate 10%, solution of carbonates by HCl 10%, acetolysis by Erdtman 1960, enrichment with heavy liquid Na-metatungstate hydrate, solution of silicates by HF 40%), in the Paleobotany and Pollen Analysis Laboratory of the University of Modena and Reggio Emilia. The results gave a sufficient amount of pollen, from some samples, and the data are consistent with the typology of substrates usually studied in speleo-palinology. Collected pollen, as expected, had a good/excellent state of conservation, so to allow an easier identification.

Through the study of these two karst complexes, this research intends to give a contribute to the knowledge of environmental elements, to the reconstruction of palaeo-environmental and palaeo-climatic aspects of karst in the Umbria-Marche area, in some cases obtaining documents handy to understanding both the cave and deposits genesis, during the karst complex evolution.

The Umbria-Marche Apennines are constituted by sedimentary rocks (CALAMITA & PIERANTONI, 1993; DEIANA et al., 2002). The effects of deforming and compressive tectonic phases, occurred during the Neogene, and of extensional ones during the Quaternary, are exposed in the area. During this last period, evident changes in the landscape resulted as caused by surface and depth karst processes, with genesis of caves (speleogenesis).

The researches began in bogs, swamps and ponds in the sixties, and were carried out till the present, enriched since the eighties by palinological analysis conducted underground. Deposits from Frasassi and Caprelle provided important contribution to the palaeo-environmental reconstruction of the Pleistocene in Italy, and particularly in Central Italy. Various past and recent Italian sequences have been analysed, based on pollen data quality and an adequate chronostratigraphy reference frame, and were indispensable for doing a comparison with palinological records of the Frasassi and Caprelle karst complexes.

In the study of cave sediments it is very important to pay attention to the site where to collect samples, in order to grant the possibility to find pollen in good quantity, and have the possibility to integrate palinological analysis with the geomorphological and geochronological data (absolute and relative chronologies).

In Italy, only eight cave sites were studied by a palinological point of view. In some of these, as Grotta di Salomone and Sant'Angelo (Abruzzo region), concretions were studied, whereas in other locations the palinological analysis were focused on cave deposits. In Buco Bucone cave, in Grotta di Valle delle Vacche cave, in the Caprelle and Frasassi complexes sample sites were not at the surface but at a depth of 150 metres. Before this research, in Central Italy only three caves had been analysed by a palinological point of view.

Karst Complex of Frasassi

Frasassi caves open on the Adriatic side of the Umbria-Marche Apennines, about 40 km from the sea, in the deep *Frasassi* gorge, carved by the Sentino River. They are located within the Valmontagnana mount ridge, developed in the massive Limestone.

The modelling of this area began at the end of middle Pliocene, when the Apennine Chain definitely emerges, and starts to be object of erosion. During the interval upper Pliocene – lower Pleistocene the whole peninsular Italy is subject to a general levelling. The whole study area, at the end of lower Pleistocene – beginning of middle Pleistocene, was subject of a general phenomenon of uplift-deepening with the reactivation of Jurassic faults (COLTORTI, 1981a; AMBROSETTI et al., 1982). Then the water channels of drainage were deepen and, in mountain areas, began the karst phenomenon. Caves known till now amount to more than one hundred (BADIALI et al., 1967, 1969) at altitudes gradually increasing upon the current base level (Sentino River), situated on both the N and S sides of the *Frasassi* Gorge. Specific correlations can be marked between the surface geomorphologic evolution and the development of hypogenic "karst levels", as tunnel systems with sub-horizontal course, often altimetrically related with terraced alluvial deposits. During the middle Pleistocene the evolution of the karst system is controlled by alternating valleys deepening and uplift. In interglacial phases, the Sentino River deepening causes abandonment of the tunnels, shifting the corrosive actions towards lower sectors. Wells drained by waters are the connections among karst levels; in the vadose zone the concretion processes begin. On the contrary, during the glacial phases karst levels, tunnels, rooms and wells, in phreatic condition form (CATTUTO, 1976; BOCCHINI & COLTORI, 1978, 1990). A high production of debris causes a great uplift of the base level and an over-aggradation of the hypogenic environments (BISCI & DRAMIS, 1991). At this age mud deposition and widening of rooms and tunnels occur, in addition to the development of vertical karst watercourses, that connect different karst levels, also through the work of rising sulphureous waters (GALDENZI, 1990, 2004).

Frasassi caves, proper example of hypogenic karst system at low altitude subject to direct connection with fluvial system, were object of detailed researches by Th/U method on limestone concretions. Dating documented the existence of concretions with age till 200 Ka in the lower levels of the cave, about 50 metres from the current base level (TADDEUCCI et al., 1992).

Aimed at reconstructing *Frasassi* complex's geochronological evolution, the studies considered only the most ancient dates measured at each level, assuming that the beginning of the concretion phase happened quite after the completion of the genesis of the same level. On these levels, very rich of concretions, only few deposits were dated and a minimum age was then assigned to the associated karst level, assuming that the most ancient deposit determines the minimum age of this latter (TADDEUCCI et al., 1992; TUCCIMEI, 2004). Dating of suitable number of samples increases the chances to find the most ancient ones. During the frequent inspections in the cave of *Frasassi*, the relative chronology of the observed deposits has been reconstructed, on the base of geomorphological and depositional conditions.

Palinological analysis of karst Complex of Frasassi: absolute and relative chronology and schematic sections with sample sites.

The palynological analysis was done on five sites of *Frasassi* Complex with a definite chronology (Figs. 1 and 2). *Frasassi* Complex provided well preserved pollen, in sufficient amount to allow palinological analysis and the paleo-environmental reconstruction of the area around the Complex at the moment of

deposition of single samples (HAVINGA, 1967; BERGLUND & RALSKA-JASIEWICZOWA, 1986; FAEGRI et al., 1989; HOROWITZ, 1992). Samples correspond to various chronological phases and all are ascribable to middle Pleistocene, due also to the presence of "ancient" taxa not survived after the middle Pleistocene in Central Italy (ROSSIGNOL STRICK, 1994, 1995; BERTINI, 2007, 2010; LORETI et al., in press). The presence of pollen, for the first time discovered in this important "hypogenic cave", was extremely useful to contribute to geochronological and geomorphological data in order to support important hypothesis about the origin of the sediments and the genesis of the karst complex itself.

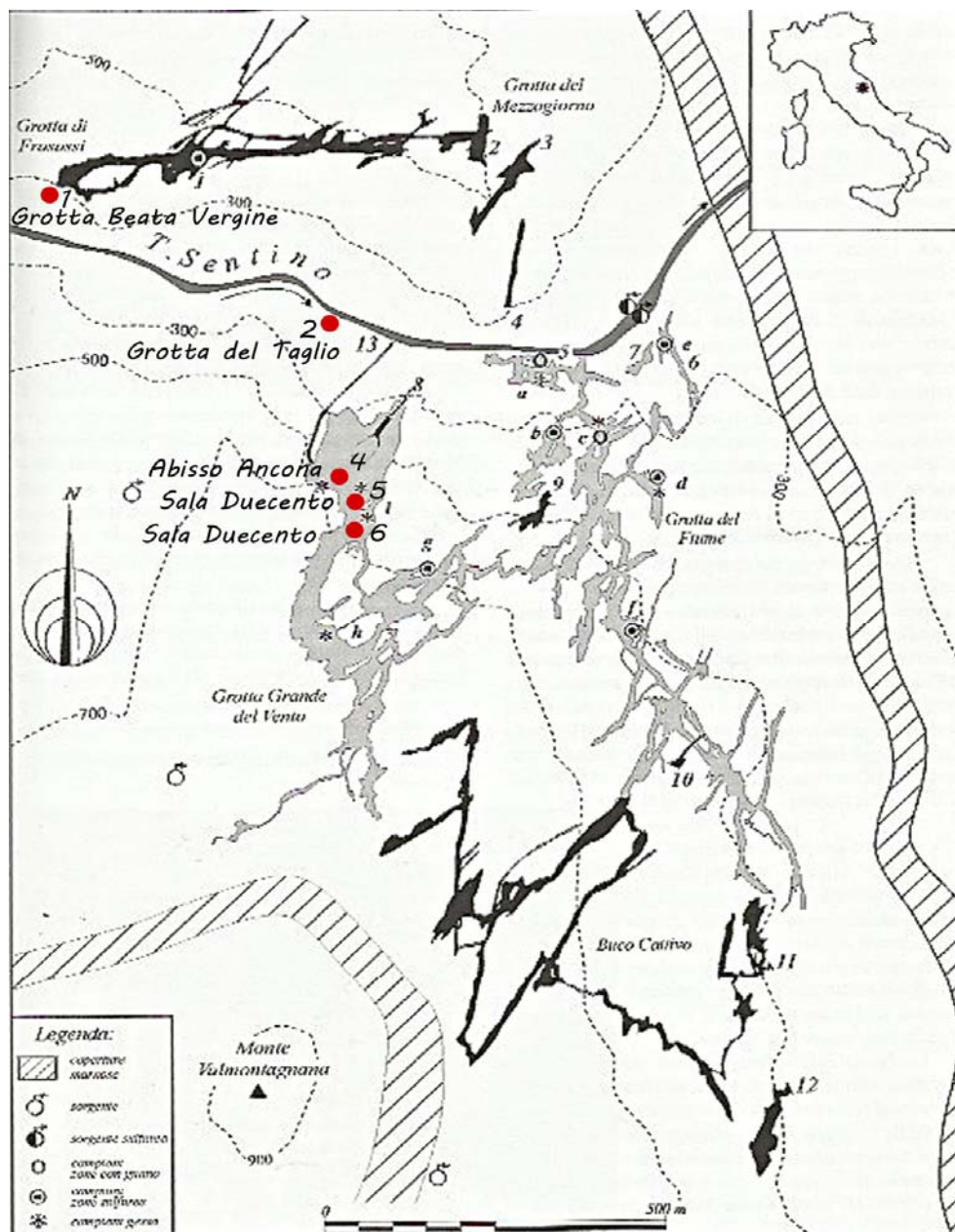


Figure 1. Schematic Planimetry of Frasassi: 1) Grotta di Frasassi; 2) Grotta del Mezzogiorno; 3) Buco del Colonnello; 4) Grotta Verde; 5) Grotta del Fiume; 6) Grotta Sulfurea; 7) Grotta Bella; 8) Grotta Grande del Vento, natural entry; 9) Grotta del Paradiso; 10) Buco del Diavolo; 11) Buco Cattivo; 12) Grotta dell'Infinito; 13) Grotta Grande del Vento, artificial tunnel (after GALDENZI et al., 2004).

Figura 1. Planimetria schematica di Frasassi: 1) Grotta di Frasassi; 2) Grotta del Mezzogiorno; 3) Buco del Colonnello; 4) Grotta Verde; 5) Grotta del Fiume; 6) Grotta Sulfurea; 7) Grotta Bella; 8) Grotta Grande del Vento, ingresso naturale; 9) Grotta del Paradiso; 10) Buco del Diavolo; 11) Buco Cattivo; 12) Grotta dell'Infinito; 13) Grotta Grande del Vento, tunnel artificiale (da GALDENZI et al., 2004).

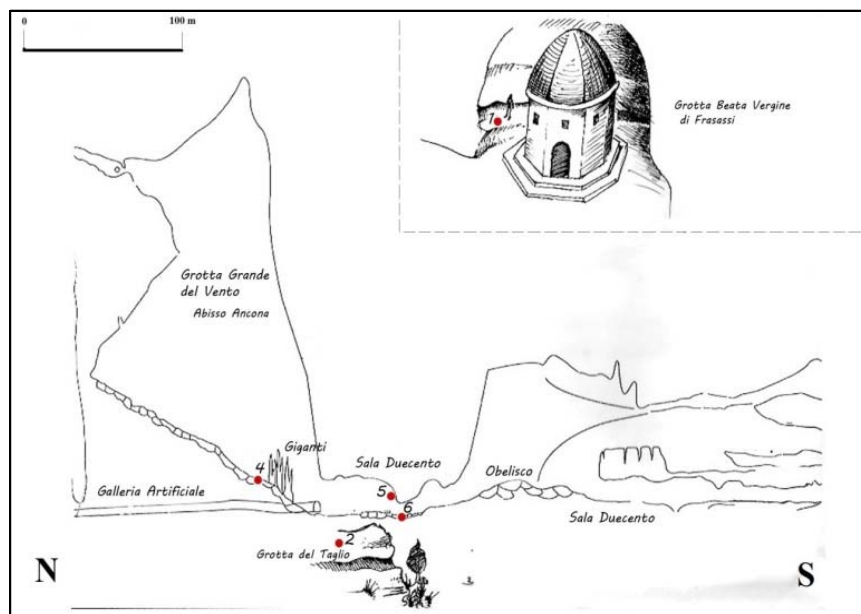


Figure 2. Schematic section of sample sites of palinological analysis.

Figura 2. Sezione schematica dei siti di campionamento dell'analisi palinologica

Sample 1 - Grotta Beata Vergine di Frasassi (420 m a.s.l.)

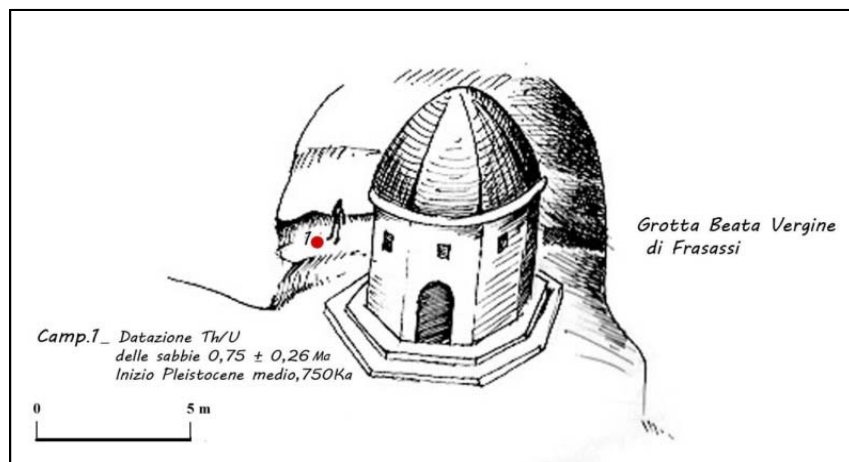


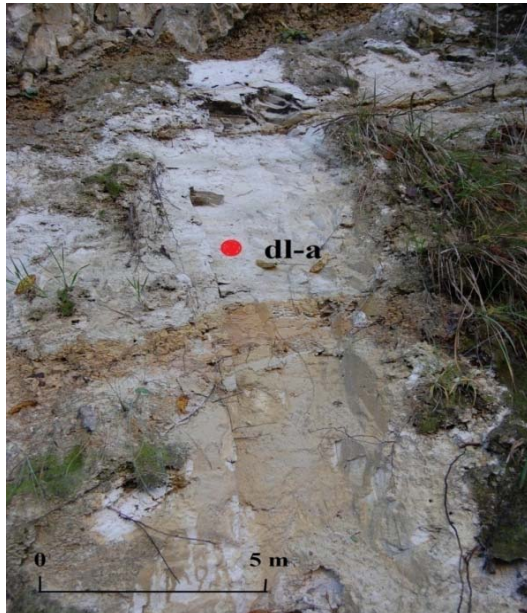
Figure 3. Graphic representation of Grotta Beata Vergine, the level of sampling previous to the setting in place of the karst levels below.

Figura 3. Rappresentazione grafica della Grotta Beata Vergine, livello di campionamento antecedente alla messa in posto dei piani carsici sottostanti.

- Fluvial deposit of sands (quartz), collected by the Esino River, at the upper level of the Frasassi karst Complex, 150 meters above the base level (Fig. 3). By the geomorphological depositional context emerges that the deposit, composed by sands, is previous to setting in place of the karst levels beneath (Fiume-Vento Complex). BOCCHINI & COLTORTI (1981 b), on the base of absolute Th/U dating, assign to VII level a minimum age $> 0,20$ Ma.
- Th/U isotopic dating of sands ($0,75 \pm 0,26$ Ma), assign to the deposit a chronology referred to the lower part of middle Pleistocene (CYR-GRANGER, 2008) and confirm the placement of the deposit, on geomorphological base, to an age previous than the VII karst level (Figs. 2 and 3).

- This sample, the most ancient on the base of Th/U dating, could be correlated to an interglacial phase of climatic warming at the beginning of middle Pleistocene, very probably related to Gunz-Mindel, also on the basis of the registered pollen spectrum rich of "ancient" taxa and of thermophile conifers of Plio-Pleistocene, such as *Taxodium*, *Pinus haploxylon* and Cupressaceae.

Sample 2-3 - Grotta del Taglio



- Silt-clay sediment, 16 meters above the base level. The deposit is located at a lower height than the other analysed samples, which matches it with the karst level below (Fig. 4).
- The pollen spectrum can be attributed to the middle Pleistocene (0,13 Ma), most probably to the last part of glacial Riss III, because of the presence of peculiar taxa as *Pinus haploxylon*, *Abies*, *Picea*, *Cedrus* and Cupressaceae, which testify a humid and cold climate.
- The cave aggradation, an ancient resurgent, could had occurred in correspondence of a glacial period of overflowing of the valley bottom, as a response to fluctuation in the level of the Esino River, when karst passages, previous left by waters, were again flooded with the possibility of considerable amount of deposits (BISCI & DRAMIS, 1991).

Figure 4. Grotta del Taglio, silt-clay deposit (dl-a).

Figura 4. Grotta del Taglio, deposito limoso-argilloso (dl-a).

Sample 4 - Grotta Grande del Vento, Abisso Ancona

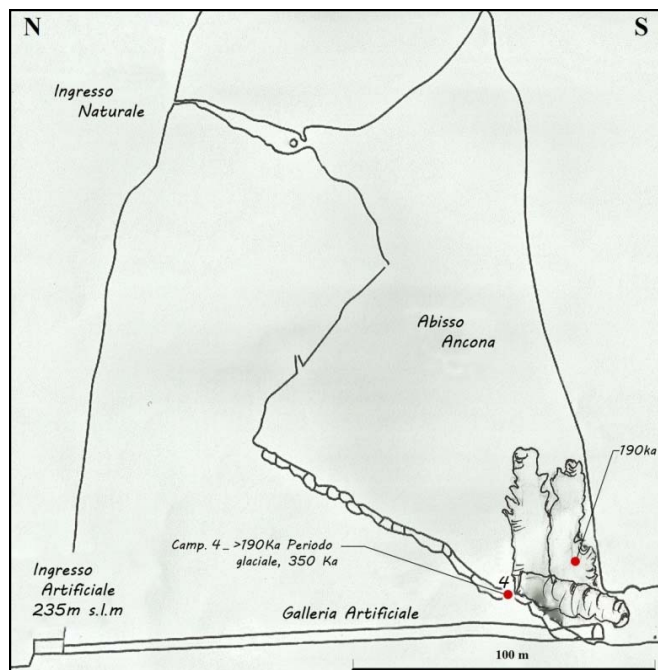


Figure 5. Schematic section of Grotta Grande del Vento - Abisso Ancona, sub-horizontal concretion Th/U dated 0,19 Ma.

Figura 5. Sezione schematic della Grotta Grande del Vento – Abisso Ancona, concrezione sub-orizzontale datata Th/U 0,19 Ma.

- *Abisso Ancona* is placed on the III plan of the *Frasassi* Complex, 25 meters upon the base level.
- Silt-clay deposit collected on a debris cone with rubbles, at the base of the concretion laying in sub-horizontal position (dated 0,19 Ma).
- Mud sampled under the stalagmite dated 0,19 Ma. It was probably deposited at the moment of karst level genesis, in a phreatic phase, in a cold phase of middle Pleistocene, *ante quem* the beginning of concretions (Fig. 5).

By Th/U method, the concretion (FSR III D) was dated around 0,19 Ma (BOCCHINI & COLTORTI, 1990; TADDEUCCI et al., 1992) therefore the age of the beneath deposit can be assumed, with a satisfying approximation, as more ancient than 0,19 Ma, and attributable to the first glacial phase of Riss (Riss I), also for the remarkable presence of pleniglacial debris.

- Inside *Abisso Ancona* the following samples have been dated: FSR III D, sub-horizontal speleothem (0,19 Ma); FSR III L, speleothem laying in horizontal position; FSR III M, stalagmite directly grown upon breakdown deposits; FSR III E, stalagmite part of "*Giganti*" group, grown upon breakdown deposits. The dating of these two concretions let a dating *terminus ante quem* about the respective events of collapse (TADDEUCCI et al., 1992).
- In the pollen spectrum the occurrence of taxa belonging to cold mountain forest of ancient conifers (*Cedrus*, *Podocarpus*, *Pinus haploxylon*, *Abies*, *Picea*, *Cupressus*) and of thermophile wrecks of upper Tertiary (*Taxodium*, *Celastraceae*), survived in Central Italy not after the middle Pleistocene, seem to confirm the assignment of this deposit to the glacial phase of Riss I.

Sample 5 - Grotta Grande del Vento, Sala Duecento

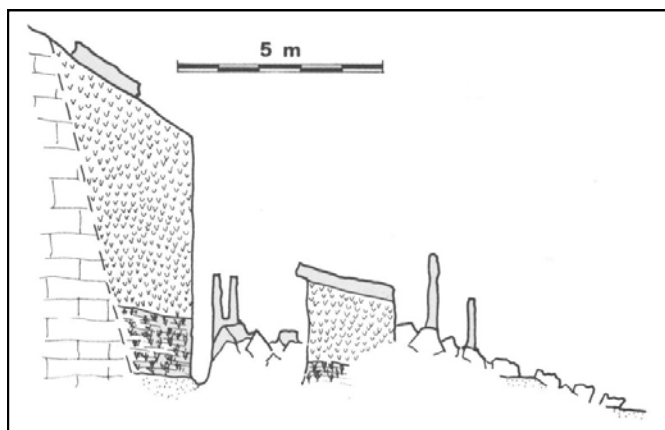


Figure 6. Schematic section – Build-up of gypsum, over 6 metres, dried out and eroded by flushing waters; it stands on clays rich of quartz with gypsum macro crystals; on the bottom fine sands.

Figura 6. Sezione schematica - Accumulo di gessi saccaroidi, di oltre 6 m, disseccato ed eroso dalle acque dilavanti; poggia su argille ricche di quarzo con macrocristalli di gesso; inferiormente, sono presenti sabbie fini.

- Middle plan of karst *Frasassi* Complex, 20 metres above the base level.
- Fine sand deposit under gypsum dried and eroded by waters rich of sulphuric acid (H₂SO₄) (Figs. 6 and 7).
- The chronology of the deposit could be considered older than 0,13 Ma, assigned to III karst level on the base of Th/U dating of 12 speleothemes and the core of the stalagmite FSR2 in *Sala Duecento* (BOCCHINI & COLTORTI, 1990; TADDEUCCI et al., 1992; TUCCIMEI, 2004).
- The presence of some taxa as *Celastraceae*, *Cedrus*, *Pinus haploxylon*, *Picea*, *Abies*, *Cupressus*, *Juniperus* and the higher percentage of cold conifers/Pinaceae assign this sample to a cold phase of middle Pleistocene.
- The pollen spectrum detects the presence of "ancient" taxa and a cold mountain forest well represented,

attributable to a cold phase of Pleistocene, very probably related to the beginning of Riss II (0,30/0,20 Ma). In fact the dating of the III level has to be considered a minimum, because established only on the basis of dated concretions; this fact does not preclude the possibility to sample more ancient speleothemes that could be present at this level (TUCCIMEI, 2004).

Sample 6 - Grotta Grande del Vento, Sala Duecento

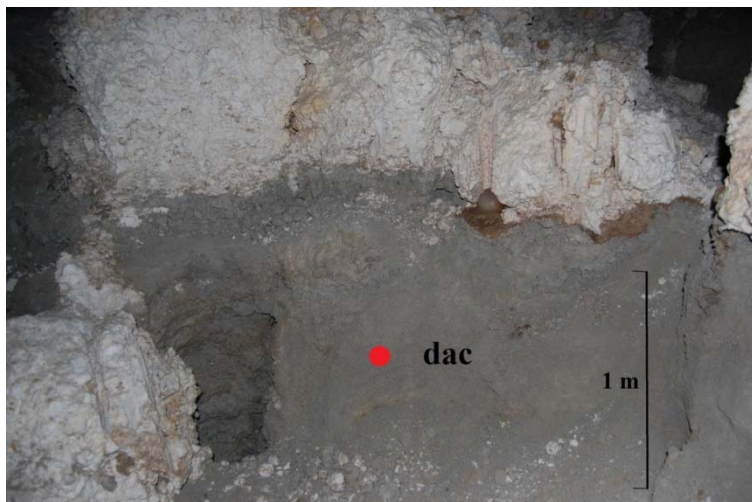


Figure 7. Grotta Grande del Vento - Sala Duecento, deposit of clays rich of quartz, washed by sulphureous waters (dac).

Figura 7. Grotta Grande del Vento – Sala Duecento, deposito di argille ricche di quarzo dilavate da acque solfuree (dac).

- Middle plan of *Frasassi* karst Complex, 20 metres above the base level (Fig. 8).
- Deposit of clays rich of quartz, washed by sulphureous waters (H_2SO_4) (Fig. 7).

The pollen spectrum of sediments in Sala Duecento shows “ancient” taxa; this is the most rich of *Taxodium*, distinctly thermophile conifer of Pliocene. It is presumable that the deposition could have occurred in a climatic phase different than sample 5, probably during humid and temperate climate, that could be related to late Riss II (0,30/0,20 Ma). Such hypothesis could be confirmed by pollen flora which contains *Quercetum* and *Orno-ostryetum* elements as well and thermophile conifers too. This sample has further provided the highest percentage of woody plants compared to herbaceous plants.

It could be therefore plausible that the two samples indicate different moments, a phase colder, and another fairly cold, temperate and humid, of late Riss II.

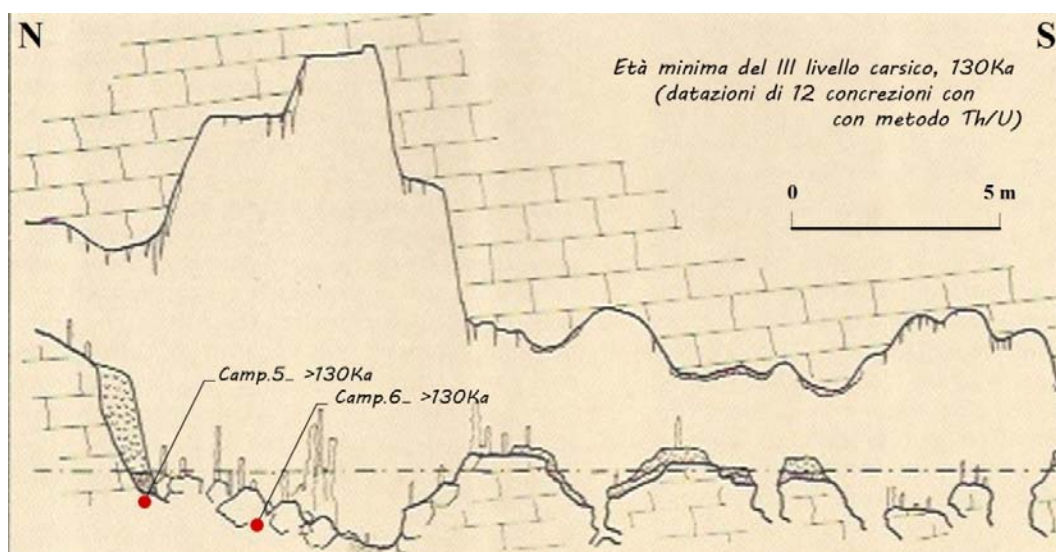


Figure 8. Schematic section of Grotta G. del Vento - Sala Duecento, samples 5 and 6 with chronology greater than 0,13 Ma (minimum age assigned to III karst level is 0,13 Ma).

Figure 8. Sezione schematica della Grotta Grande del Vento – Sala Duecento, campioni 5 e 6 con cronologia maggiore di 0,13 Ma (l'età minima attribuita al III livello carsico è di 0,13 Ma).

Conclusive considerations about karst Frasassi Complex

- Palinological research has made possible the observation, for the first time, of fossil pollen in clay-silt-sand deposits of the *Frasassi* Complex, and to allow a palaeo-environmental and palaeo-climatic reconstruction of each deposit (LORETI et al., in press).
- The achieved results have been encouraging, but showed the difficulty of speleo-palinology, a research which involves quite long and reiterated chemical-physical treatments to successfully get enough quantity of pollen; many slides were examined by microscope and the analysis is highly time-consuming.
- *Frasassi* Complex is so far the most ancient hypogenic cave in the Apennines, where palinological analyses were performed.
- Existence of pollen confirms the allochthonous and not residual origin of sediments, an hypothesis sustained also by the remarkable quantity of muds in the cave.
- The state of preservation of the pollen grains was good/excellent and quite similar in the various samples, which suggests that their deposition, coeval with the deposition phase of muds, happened in homogeneous way for each sample, excluding a subsequent mixing of the deposits. Once mud containing pollen was deposited and the diagenesis process began, the corruption of the layer already compact has to be excluded. In each sample current or recent pollen or attributable to other floristic-vegetational association was found.
- Assessing the shape of the cave and the distance among pollen sample sites and the natural entrance, it is possible to state that pollen had to be carried by waters. Filling up in similar way all the sample sites of the cave, the samples were then similar in conservation.
- Pollen concentration gives quite high values as regards the usual very poor concentration collected in cave deposits (LORETI et al., 1997, 2007; GAROFALO et al., 2009).
- It is confirmed that in a cave lack of hydration-dehydration and oxidation lower than outside are guarantees of a better conservation; this aspect is reflected on the pollen concentration, too. Certainly sulphur oxide/reduction reactions on the surface of the phreatic zone, where sulphur waters combine with cave oxygen, could have affected the quantity of pollen, as regard sample 5 of *Sala Duecento*.
- Pollen spectrum, even if obtained from discontinuous deposits, showed differences which can be correlated to a different external flora distribution and allowed to reconstruct the palaeo-environment at the moment of deposition of each sample.
- Muds deposition and then pollen deposition occurred in phreatic phase, when the shaping of karst passages and levels was in progress (cold phases of Pleistocene).
- Pollen spectrum reveals some “ancient” taxa that can be related to middle Pleistocene, accordingly with geomorphological and geochronological data, even though *Tsuga* and *Zelkova*, collected by various authors in Central Italy, are missing (LONA, 1961, 1963a, 1963b; RICCIARDI, 1961, 1965; PAGANELLI, 1961, 2000; LORETI, 1975; TOSTI, 1975; BERTOLANI et al., 1977; MAGRI, 1989; RAVAZZI & ROSSIGNOL-STRICK, 1995; RONCHITELLI et al., 1997, 2010; FOLLIERI & MAGRI, 2001; BERTINI, 2003, 2010; PINI et al., 2004; SADORI & GIARDINI, 2007; MAGRI & COLASANTI, 2010; FOLLIERI, 2010; RUSSO ERMOLLI et al., 2010). Studied pollen flora includes *Cedrus*, *Podocarpus*, *Taxodium* and Celastraceae. Differences detectable in single pollen spectrum suggest to relate their stratigraphic value to different depositional moments. Samples then correspond to different chronological phases.
- Finding *Taxodium*, thermophile conifer (FERGUSON, 1966; LORETI, 1975; TOSTI, 1975; ROSSIGNOL-STRICK, 1994, 1995; RAVAZZI & ROSSIGNOL-STRICK, 1995; RONCHITELLI et al., 1997, 2010; BERTINI, 2003, 2007; PINI et al., 2004; SADORI & GIARDINI, 2007; RUSSO ERMOLLI et al., 2010; MAGRI & COLASANTI, 2010), does confirm, in this deposit too, its surviving until the middle Pleistocene.
- Several recent palinological studies in many Italian sites, confirmed the survival of Taxodiaceae after the Pliocene: therefore, it survived to PPB (limit between Pliocene and lower Pleistocene).

- *Frasassi* seems to be the only site where *Podocarpus* and Celastraceae were found in Central Italy. The association of *Podocarpus*, Celastraceae, *Cedrus*, *Pinus haploxylon*, *Abies*, *Picea* and *Taxodium* were discovered in sea sites in the Ionian sea, survived in south Europe until the middle Pleistocene (ROSSIGNOL-STRICK, 1994, 1995). RICCIARDI (1965a) finds in northern Italy the association with *Podocarpus*, *Picea*, *Cedrus*, *Pinus haploxylon*, *Taxodium*, *Abies*. LONA (1963a) found it at *Parma Podocarpus* and *Cedrus*. FEDERICI & FOLLIERI (1980) and BERTOLDI (1984) register the presence of *Podocarpus* in *Val di Magna* in the site of *Aulla-Olivola*. FERGUSON (1966) upholds that *Podocarpus* had a distribution in Europe from Jurassic to the lower-middle Pleistocene and, in association with *Podocarpus* taxa were found as *Cupressus*, *Juniperus*, *Abies*, *Cedrus*, *Picea*, *Pinus haploxylon*, *Tsuga*, *Taxodium* and *Dacrydium*.
- Celastraceae, tertiary tropical plants, registred in samples 4, 5 and 6, were found in sea sites of the Ionian Sea and survived in southern Europe until the middle Pleistocene (ROSSIGNOL-STRICK, 1994, 1995). The only site in Italy where Celastraceae were registered is *Boca-Maggiara (Piemonte)*, together with *Pinus haploxylon* with chronology of the lower-middle Pleistocene (LONA, 1963b).

Frasassi Complex has provided ancient dating from lower to late Pleistocene with flora rich of ancient taxa, thermophile relicts of late Tertiary

Chronology of the deposits

- *Grotta della Beata Vergine*. The deposit has put in evidence a pollen flora which should correspond to an interglacial phase of warming which, correlated with geochronological and geomorphological data, could be attributed to a phase of lower-middle Pleistocene, probably referable to the Gunz-Mindel interglacial, humid and warm-temperate.
- *Grotta del Taglio*, the “youngest”, presents a pollen spectrum which describes a relatively cooler situation with slightly lower temperature and humidity level, and without the presence of some “ancient” taxa. This deposit could be attributed to a middle Pleistocene chronology, very probably referable to the terminal part of the last glacial of middle Pleistocene Riss III, in accordance with the geochronological and geomorphological data.
- *Grotta Grande del Vento “Abisso Ancona”*, has revealed a pollen spectrum attributable to a phase of cool to cold arid climate. The exotic flora found could suggest a pre-Pleistocene dating. The age of the deposit - on the base of Th/U dating of speleothem, the geomorphological contest, and the measure of the speed of growth of concretions – can be attributable to a glacial period of lower-middle Pleistocene, and with a certain confidence to Riss I, cold phase, which is confirmed also by pollen spectrum containing “ancient” taxa.
- *Grotta Grande del Vento, Sala Duecento*, (fine sand under gypsum), typology of pollen spectrum suggests the belonging of this deposit to a cool-cold climatic datable as middle Pleistocene, with presence of some “ancient” taxa. This pollen spectrum prompts to a glacial period older than the minimum age attributed to III level and to *Sala Duecento* (0,13 Ma), and attributable, with a good approximation, to a cold phase of the beginning of Riss II (0,30/0,20 Ma). This glacial time represents another depositional moment. TUCCIMEI (2004), dating the III level, considers it a minimum, because fixed only on the base on dated concretion. This does not exclude the possibility to have missed more ancient speleothems, possibly existing in this level.
- *Grotta Grande del Vento, Sala Duecento*, (deposit of clay rich of quartz washed by waters rich of sulphuric acid), should correspond to a relatively cold climatic phase but less cold of sand deposit, in the same *Sala Duecento*, under the gypsum, because of the relative high presence of *Taxodium*, a typically Plio-Pleistocene thermophile conifer. Pollen flora has given back, also, the presence of other thermophile conifers, the most percentage of woody plants than herbaceous plants, and the presence of thermophile elements of *Quercetum* and *Orno-ostryetum*. We can suppose that the deposition of muds was happened in a moment different than sample 5, and with a minimum age of shaping of *Sala Duecento* (0,13 Ma) on the base of concretions till now dated. Very probably its chronological setting has to be attributed to a period with humid and temperate climate in late Riss II (0,30/0,20 Ma) when karst caves, already existing, were again flooded because the rising of the base karst level (BISCI & DRAMIS, 1991)

Pollen collected in deposits of Frasassi Karst Complex

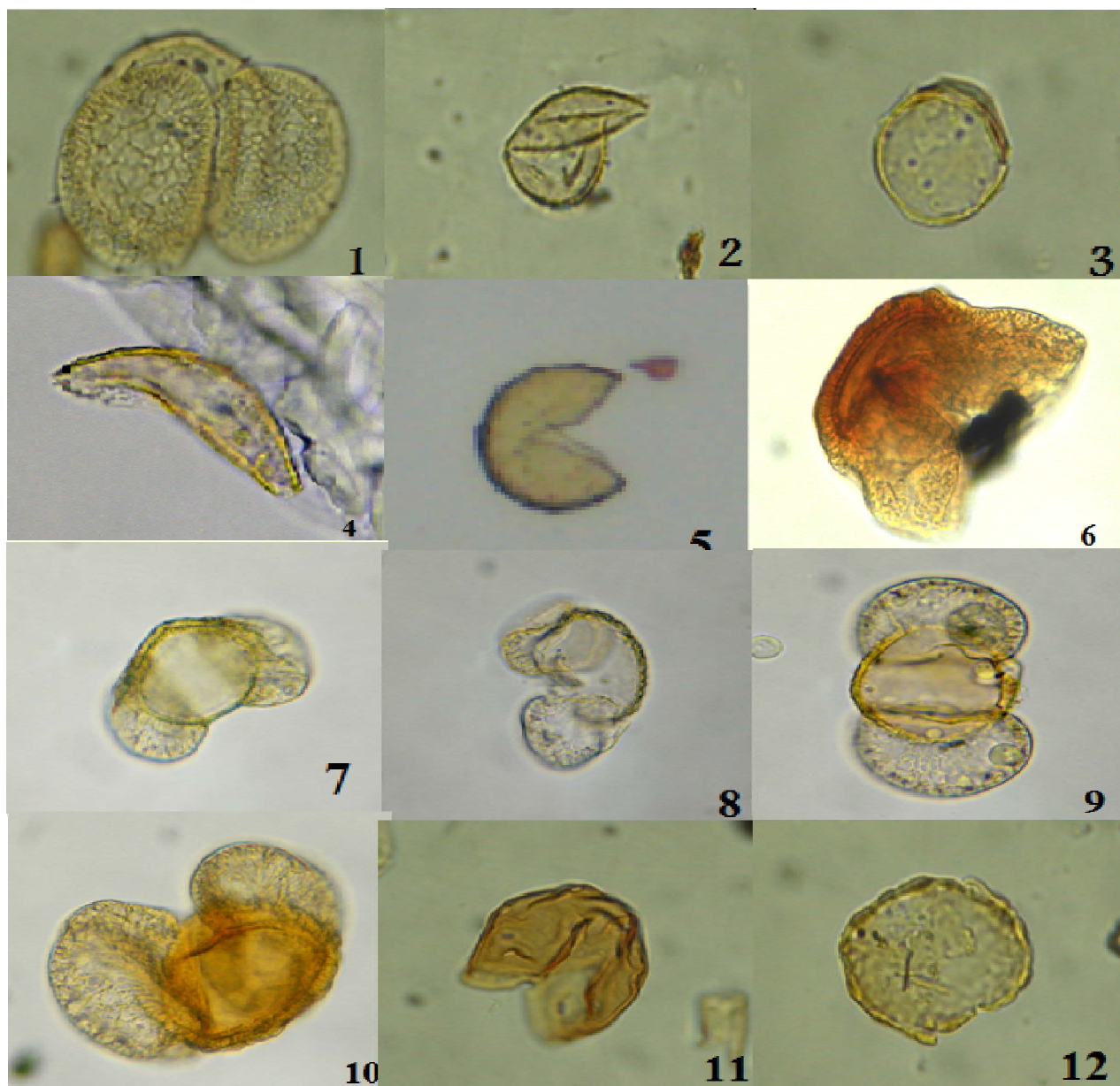


Figure 9. 1) *Abies*; 2) *Juniperus* tipo; 3) *Cupressus*; 4/5) *Taxodium*; 6/7) *Cedrus*; 8) *Pinus diploxylon*; 9) *Pinus halepensis*; 10) *Podocarpus*; 11) *Juglans*; 12) *Ulmus*.

Karst Complex of Caprelle

It is situated at an altitude between 795 and 880 metres a.s.l., with entrance to the N, and is an example of epigenetic cave in the limestones known as *Scaglia Bianca* (Fig. 10). The origin of epigenetic caves comes from the circulation, inside the limestone, of meteoric waters which drain towards the valley springs. *Grotta grande* and *Grotta piccola* of *Caprelle* represent the result of a geological event. *Grotta grande* was originated by flooding waters inside limestone layer, even if today the cave is quite completely dry (GALDENZI, 2008).

Morphologic analyses inside caves show that the same processes acted in different moments of their evolution history, even if with different intensity. In particular, in *Grotta grande di Caprelle* the predominance of vertical water flows produced an overlapping of forms and deposits, making difficult a stratigraphic analysis on continuous sequences.. Depositional conditions suggest that the placement of the greater part of the physical deposits happened in a previous evolutionary moment, because these deposits are not connected to the current flows. The sub-current deposits are few, and the water flows different.

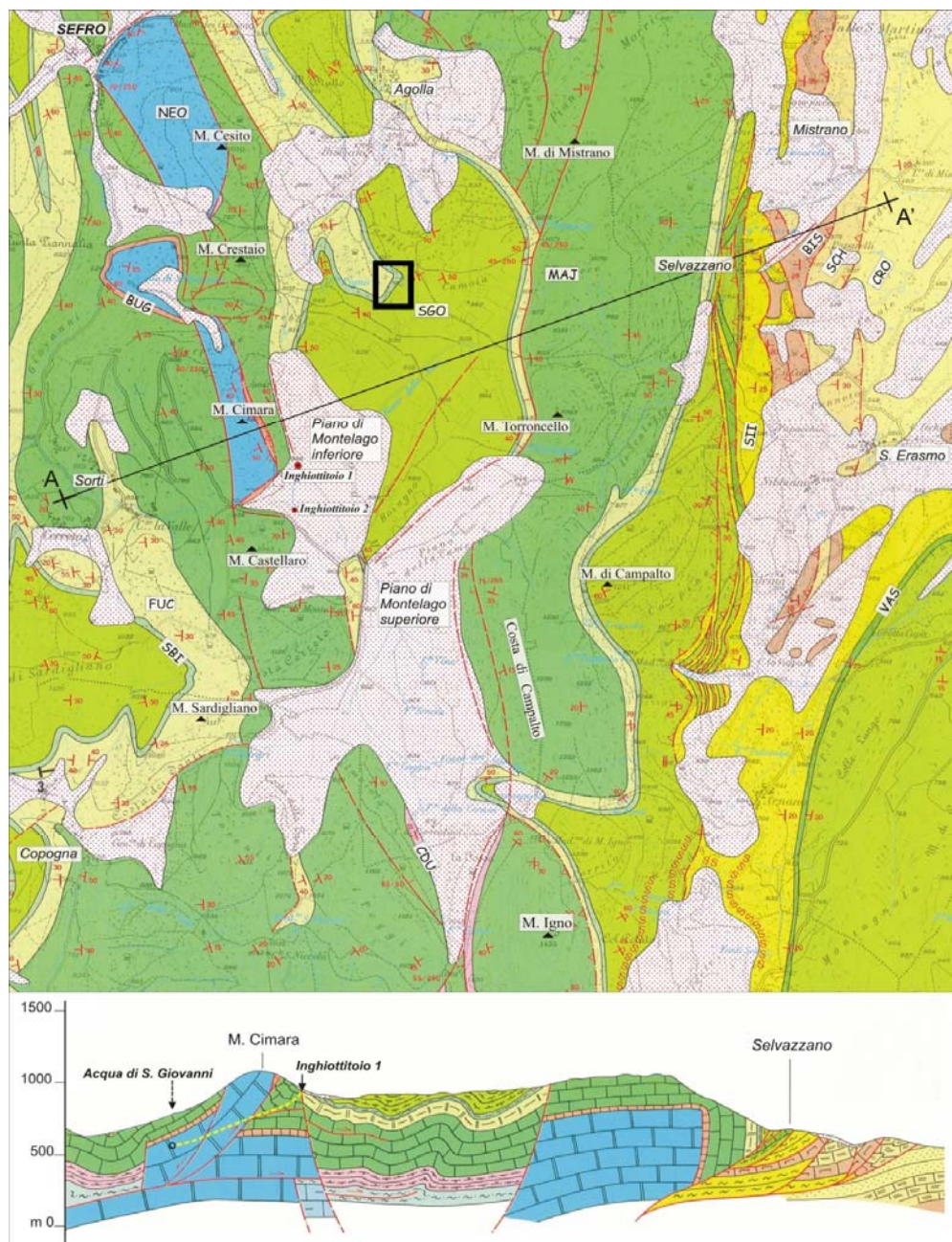


Figure 10. Geologic map of Monte Lago area and related geologic section (after CALAMITA & PIERANTONI, 1993, modified). For the key to lithostratigraphic units please refer to abbreviations in Fig. 2. a) Complex of Caprelle.

Figura 10. Mappa geologica dell'area di Monte Lago e sezione geologica (da CALAMITA & PIERANTONI, 1993, modificato). Per le unità litostratigrafiche si fa riferimento alle sigle riportate in Fig. 2. a) Complesso di Caprelle.

Currently in *Grotta piccola di Caprelle*, processes of chemical variations predominate, whilst concretion activity is missing. On the walls clay material rich of iron oxides and manganese is present, encrusted by calcite and small concretions. At the bottom of the 100 metres-long tunnel, debris deposits, sand and clays carried by waters, are present.

In the *Caprelle* Complex Th/U dating, lithostratigraphy, geomorphology and relative chronology, allowed to fix the evolutionary history of the complex, and its chronology. Samples from the cave were collected directly on the rock, and proved a chemical depositional activity essentially continuous since before 92,5 Ka to today. Parietal crusts in *Grotta piccola* of *Caprelle* complex resulted in ages as $28,4 \pm 1,2$ Ka, whereas iron-manganese muds beneath have an age of $37,6 \pm 0,6$ Ka. These data permit to date the depositional phase of iron-manganese muds to a time interval at least included between the two dates, considering that gravelly elements with dark covering are standing on the carbonate crust. A concretion laying on the ground in the

last side of the cave resulted between $92,5 \pm 3,4$ Ka and $48,5 \pm 1,3$ Ka.



Figure 11. Grotta piccola di Caprelle. Depositional sequence on the walls of the cave. Black muds, rich of iron and manganese oxide, are covered by calcium deposits dated 28,4 Ka (Sample 7).

Figura 11. Grotta piccola di Caprelle. Sequenza deposizionale documentata sulle pareti della grotta. I fanghi neri, ricchi di ossidi di ferro e manganese, sono rivestiti da depositi calcitici datati 28,4 Ka (Camp.7).

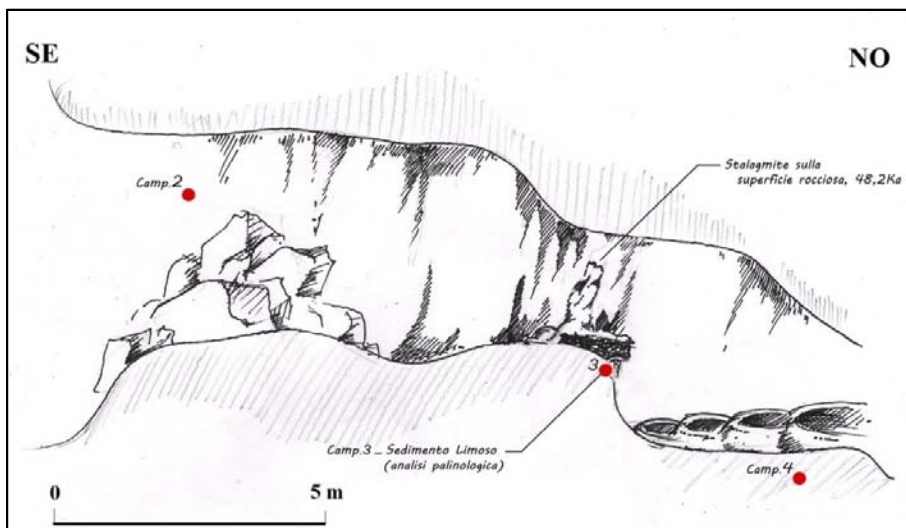


Figure 12. Schematic section of sample 3 site of Grotta grande di Caprelle - Stalagmite dated Th/U 48,2 Ka.

Figura 12. Sezione schematica del sito del campione 3 della Grotta grande di Caprelle - Stalagmite datata Th/U 48,2 Ka.

In *Grotta grande* of *Caprelle* complex, the only analysed concretion, directly standing on rock, in the same point of sampling n.3, got under the dated stalagmite, revealed an age between $48,2 \pm 1,7$ Ka and $4,1 \pm 0,3$ Ka (Fig. 12).

Being directly on the rock surface this deposit proves that at the moment of concretion the cave had already achieved a shape similar to the present, fixing then a *terminus ante quem* about its carving and enlargement by circulating waters (LORETI et al., in press).

Caprelle Complex genesis has to be placed at a previous moment at 92,5 Ka (upper Pleistocene).

Conclusive considerations about the karst Complex of Caprelle

Palinological analyses confirm the geochronological results. Pollen spectrum state an arid and cold climatic phase and a floristic-vegetational situation different than the present, an open and mainly steppe vegetation: throughout this phase muds, gravels and sands, pollen included, were carried into the cave by flooding waters.

It is possible to affirm that mud deposition happened in only one rapid event, coeval to pollen deposition, in

all the various sample points, and mixing of mud is excluded for these reasons:

- Pollen preservation state is similar in all the samples and this fact is an indication that its deposition happened in homogeneous way and during the same chronological phase, with water (the only possible carrier) occupying all the hypogenic areas where samples were collected.
- Any current or sub-current or other association pollen were collected.
- Diagenesis does impede other pollen deposition.
- Depositional conditions suggest that physical deposits are not directly connected to current flow ways, so putting in place of deposits happened in another evolutionary moment of the history of the cave. Very few are sub-current deposits and alternative the current flow ways.
- Carving of previous deposits by seepage waters are prevalent.

Pollen spectrum has allowed to reconstruct the palaeo-environment around karst Complex, putting in evidence an arid and cold period, with poor forest covering, prevailing steppe and grassland. Formulated palaeo-environmental reconstruction hypothesis are recognizable in almost all the pollen spectrum. Very poor presence of *Orno-ostryetum* and *Quercetum* and the diffusion of cold conifers forest at higher altitude testify that in the studied area an arid from cool to cold climate phase should had been present. Vegetational associations may be then referred to a glacial phase, ascribable to Würm, very probably to Würm II, upper Pleistocene, in the meantime forest phases were alternated to steppe phases.

In conclusion we can state that the cave deposits represent a development of sites where could make palinological analysis to know and deepen climate history of Pleistocene vegetation, in an area as Central Italy, poor of bogs.

This research presented the correlation between geological and geomorphological analysis in karst caves and palinological analysis with the deliberate purpose to investigate the palaeo-climatic evolution of *Frasassi* and *Caprelle* by a multidisciplinary point of view. This multidisciplinary is typical of the Earth Sciences but could be more extended to investigations related to isotopic composition of all typologies of cave deposits and their age as well (TADDEUCCI et al., 1992; TUCCIMEI, 2004; PIOTROWSKA et al., 2004), and can also include studies concerning chemico-physical properties of percolation flows which created the deposits (GAROFALO et al., 2010). This research explains only a part of all the variety of floristic, geological, geomorphological and geochemical constraints which can be extracted by a scientific project. From this point of view, I believe that the future of research in this field is combination and integration of all these unconnected data. If this combination will be achieved in the future, Earth Sciences could get a more powerful capability to correctly interpret past climate through the building of integrated archives of data, then allowing a better forecast of future climates.

The future of palinological research should be addressed to increase the number of caves to be studied. The future, considering the results, must be oriented to make wider the palinological analysis in *Frasassi* Complex, not only to mud deposits but also to concretions and gypsum. At the same time, other sampling and chronological determinations, by Th/U method, of speleothemes belonging to various karst levels, should be performed.

Pollen collected in deposits of Caprelle Karst Complex

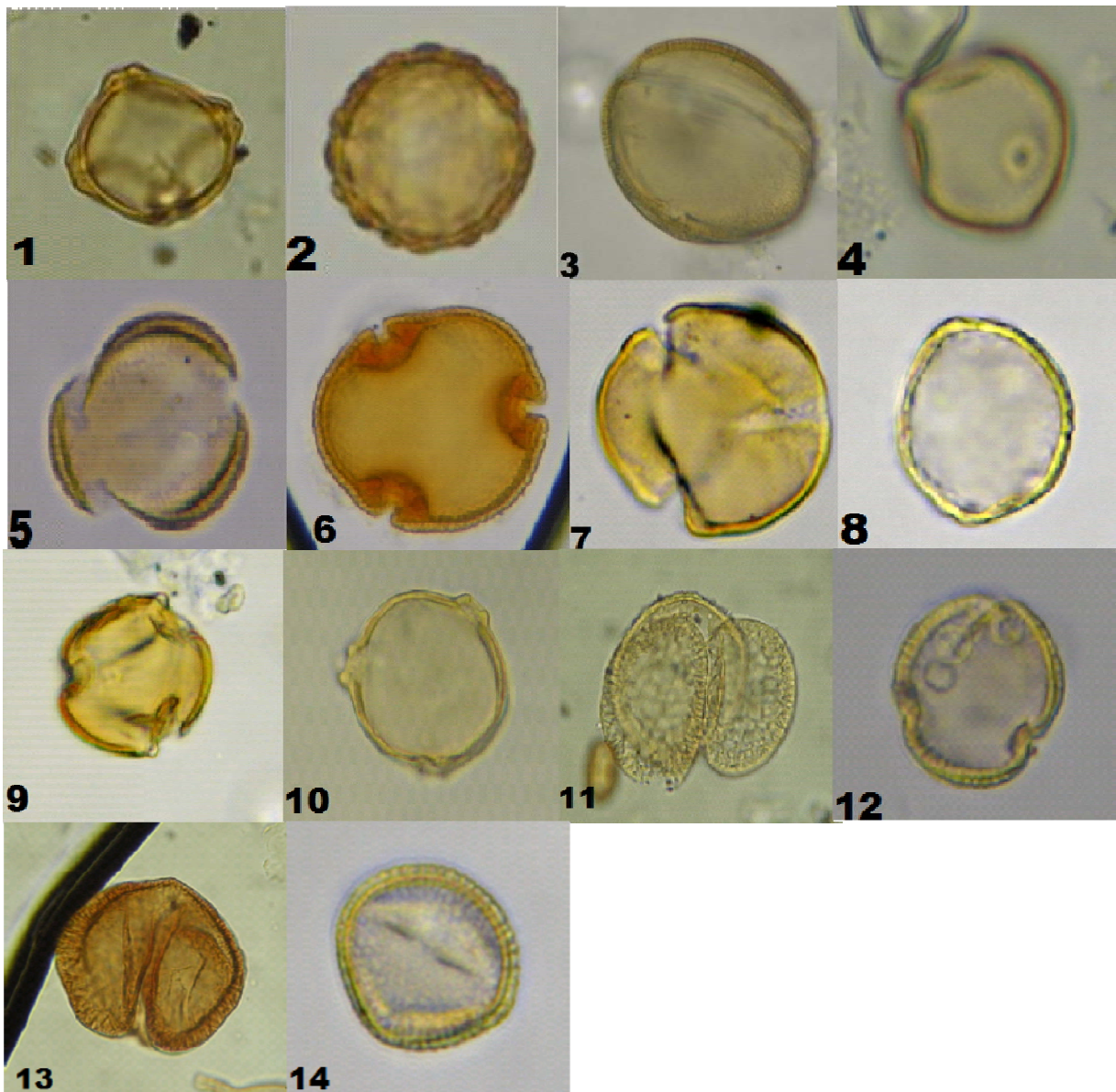


Figure 13. 1) *Alnus*; 2) *Plantago media* tipo; 3) *Helianthemum*; 4) Poaceae spont; 5) *Artemisia*; 6) *Tilia*; 7) *Quercus caducif.*; 8) *Ulmus*; 9) *Quercus cf. cerris*; 10) *Ostrya carpinifolia*; 11) *Pinus*; 12) Brassicaceae; 13) *Picea*; 14) *Fraxinus ornus* tipo.

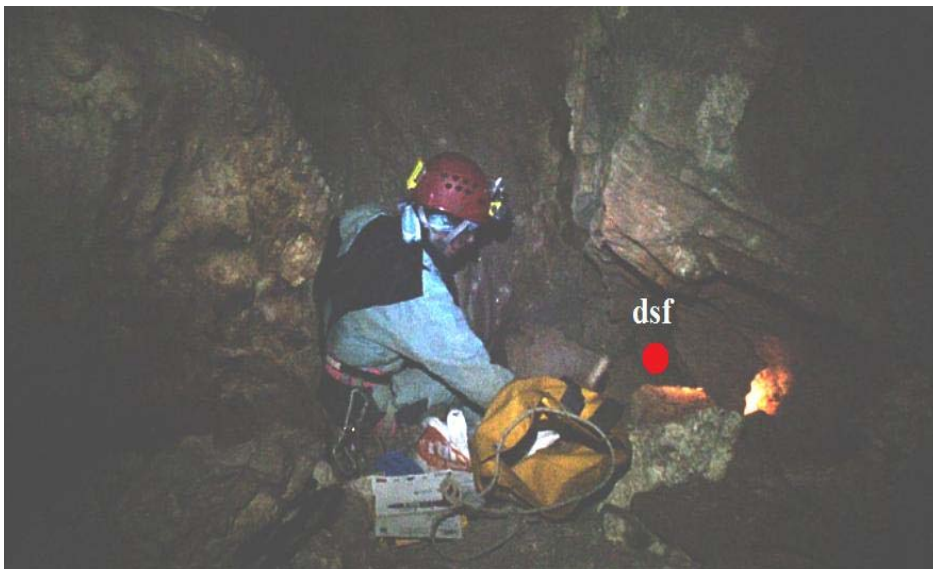


Figure 14. Taking cave samples for palynological analysis

Figura 14. Prelievo di campioni di grotta da sottoporre ad analisi palinologica

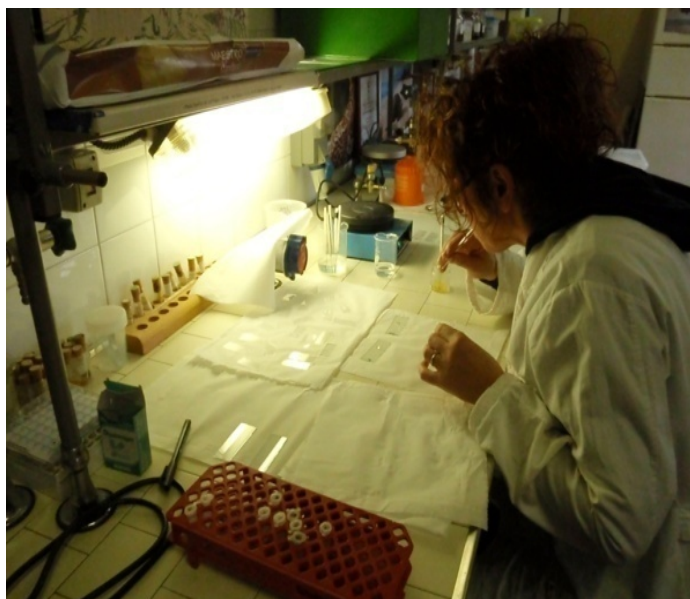


Figure 15. Preparation of slide to pollen microscope observation

Figura 15. Preparazione di vetrini per l'osservazione al microscopio

Bibliografia

- AMBROSETTI P., CARRARO F., DEIANA., DRAMIS F., 1982. *Il sollevamento dell'Italia Centrale tra il Pleistocene inferiore e il Pleistocene medio*. C.N.R., P.F. "Geodinamica", 219-223.
- BERGLUND B.E., RALSKA-JASIEWICZOWA M., 1986. *Pollen analysis and pollen diagrams*. In: BERGLUND B.E. (ed.) *Handbook of Holocene Paleocology and Palaeohydrology*. Chichester, 455-484.
- BERTINI A., 2010. *Pliocene of Pleistocene Palyflora and Vegetation in Italy: State of the art*. Quaternary International, 5-24.
- BERTINI A., 2000. *Pollen record from Colle Curti and Cesi: Early and Middle Pleistocene mammal sites in the Umbro-Marchean Apennine Mountains (central Italy)*. Journal of Quaternary Sciences, **15** (8), 825-840.
- BERTINI A., 2003. *Early to middle Pleistocene changes of the Italian flora and vegetation in the light a chronostratigraphic frame work*. Quaternary of Italian Journal, **16** (1bis), 19-36.
- BERTINI A., 2007. *Palinoflora e Vegetazione del Pliocene e del Pleistocene in Italia: stato dell'arte*. Conv. Soc. Bot. It.-AIQUA, "Stato dell'arte e della ricerca Paleobotanica e Palinologica in Italia dal Pliocene al Pleistocene medio". Università la Sapienza di Roma
- BERTOLANI M., ROSSI A., GARUTI G., 1975. *The speleological complex "Grotta Grande del Vento - Grotta del Fiume" in the Frasassi Canyon (Ancona-Italy) [a petrological and mineralogical study]*. Actes Congr. Int. Speleol. Olomouc 1973. **1**, 357-366.
- BERTOLANI M., GARUTI G., ROSSI A., BERTOLANI MARCHETTI D., 1977. *Motivi di interesse Mineralogico e Petrografico nel complesso carsico Grotta Grande del Vento-Grotta del Fiume*. Le Grotte d'Italia (4) V-VI.
- BERTOLANI MARCHETTI D., 1962. *Vicende di un'antichissima Laguna Veneta, messe in luce da ricerche palinologiche*. Tem. Biogeogr. Adriat., **5**, 3 – 35..
- BERTOLANI MARCHETTI D., FORLANI L., TREVISAN GRANDI G., 1983. *Analisi polliniche in reperti delle grotte del Lago Cropaide (Beozia-Grecia)*. Le Grotte d'Italia, **11**, 173-182.
- BERTOLDI R., 1984. *Indagini Palinologiche del deposito lacustre Villafranchiano di Pontremoli (Val di Chiana, Massa Carrara, Toscana)*.
- BERTOLANI M., CIGNA A.A., 1994. *Activity of the scientific commission of "Grotta Grande del Vento" (Genga, Ancona, Central Italy)*. Int. Journal Speleology, **23** (1-2), 51-60.
- BERTOLANI M., GARUTI G., ROSSI A., BERTOLANI MARCHETTI D., 1977. *Motivi di interesse Mineralogico-Petrografico nel Complesso carsico Grotta Grande del Vento - Grotta del Fiume (Genga, Ancona)*. Le Grotte d'Italia, (4) **VI**, 109-144.
- CALAMITA F. & PIERANTONI P.P., 1993. *Il sovrascorrimento di M.Cavallo-M.Primo (Appennino umbro-marchigiano)*. Boll. Soc. Geol. It., **112**, 825-835.

- CATUTTO C., 1976. *Correlazioni tra piani carsici ipogei e terrazzi fluviali nella valle del F. Esino*. Boll. Soc. Geol. d'It., **95**.
- COLTORTI M., 1981b. *Geomorphologic evolution of a karst area subject to neotectonic movements in the Umbria-Marche Appennines (Central Italy)*. VIII Int. Congr. of Spel. Proceed., Bowling Green, USA.
- COLTORTI M., 1981a. *Lo stato attuale delle conoscenze sul Pleistocene ed il Paleolitico inferiore e medio della Regione marchigiana*. Atti I° Conv. Beni Cult. e Amb. delle Marche, Numana 1981.
- CYR A.J., GRANGER D.E., 2008 - *Dynamic equilibrium among erosion, river incision, and coastal uplift in the northern and central Apennines, Italy*. Department of Earth and Atmospheric Sciences, Purdue University, Usa. *Geology*.
- DEIANA G., PIERANTONI P.P., CENTAMORE E., CANTALAMESSA G., 2002. *Cartografia Geologica*. Nota illustrativa. Progetto n. 2 – Zona Sud (Realizzazione della Cartografia Geologica e Geotematica e dei relativi supporti informatici alla scala 1:10000. Regione Marche, Servizio Urbanistica e Cartografia).
- FACENNA C., SOLIGO M., BILLI A., FILIPPIS L., FUNICIELLO R., ROSSETTI C., TUCCIMEI P., 2008. *Late Pleistocene depositional cycles of the Lapis Tiburtinus travertine (Tivoli, Central Italy): Possible influence of climate and fault activity*, *Global and Planetary Change*, **63**, 299–308.
- FAEGRI K., KALAND P.E., KRZYWINSKI K., 1989. *Textbook of Pollen Analysis*. Wiley & Son, London.
- FANCIULLI P.P., LORETI M., DALLAI R., 2010. *A new cave species of Deuteraphorura (Collembola: Onychiuridae) and redescription of four species of the genus from Italy*. *Zootaxa*, **2609**, 34–54.
- FEDERICI P.R., FOLLIERI M., 1980. *Indagini Palinologiche nei sedimenti lacustri basali del Bacino di Aulla- Olivola, Val di Magna, Massa Carrara, Toscana*.
- FERGUSON D.K., 1966. *On the Phytogeography of Coniferales in the European Cenozoic*. *Paleogeograph, Paleoclimatology, Paleoecology*. Elsevier Publishing Company, Amsterdam- Printed in the Netherlands.
- FOLLIERI M., MAGRI D., 2001. *Middle and Upper Pleistocene natural environment in the Roman area: climate, vegetation and landscape*. The World of Elephants - International Congress, Rome.
- FOLLIERI M., 2010. *Conifer extinction in Quaternary Italian records*. *Quaternary*, **225**, 37-43.
- FOLLIERI M., MAGRI D., SADORI L., 1988. *250,000-year pollen record from Valle di Castiglione (Roma)*. *Pollen et Spores*, **30**, 329–356.
- GALDENZI S., MENICETTI M., 1990. *Il carsismo della Gola di Frasassi*. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia - 4 serie II, Costacciaro (Umbria) 1990.
- GALDENZI S., PAGGI S., PISTOLESI E., 2008b. *Le grotte di Sefro*. UTJ, Jesi, 32 pp.
- GALDENZI S., PAGGI S., PISTOLESI E., COTECHINI G., 2008 a. *Grotte e Carsismo nel territorio di Sefro*. In: DI MARTINO V., PEDROTTI F. & VALERIANI P. (Eds.), Atti Conv., "Per l'istituzione del Parco Naturale Regionale dell'area Monte Pennino, Vallescurosa e Monte Lago". Sefro, 14 ottobre 2006.
- GAROFALO P.S., MATIAS B., FRICKER M., GUMTHER D., FORTI P., MERCURI A.M., LORETI M., LAURITZEN S.E., CONSTANTINI S., CAPACCIONI B., 2009. *Climatic control on the growth of gigantic gypsum crystals within hypogenic caves (Naica mine, Mexico)*. EPSL-10134.
- HAVINGA A.J., 1967. *Palynology and pollen preservation*. Review of Palaeobotany and Palynology, **2**, 81–98.
- HOROWITZ A., 1992. *Palynology of arid lands*. Amsterdam, Elsevier.
- LONA F., 1961. *Studio pollinologico stratigrafico su una serie lacustre Pleistocenica dell'Italia Centrale (Bacino di Gubbio, Perugia)*. *Pollen et Spores*, **3**, 93 – 100.
- LONA F., 1963 a. *Boschi di Cedrus e Sciadopitys in Emilia durante il Pliocene (Riassunto)*. *Nuovo Giorn. Botan. Ital.* **70**, 573.
- LONA F., 1963 b. *Alcuni tipi di pollini fossili rinvenuti in depositi terziari del Piemonte (Riassunto)*. *Nuovo Giorn. Botan. Ital.* **70**, 574.
- LONA F., 1971. *Correlazioni tra alcune sequenze micropaleobotaniche Plio-Pleistoceniche continentali e marine dell'Italia centro-settentrionale ed Europa centro – occidentale, con riferimento al limite Tiberiano*. Ateneo Parmense, **7**, 3–15.
- LORETI M., 1974-75. *Analisi palinologica dello strato superficiale (0 – 1 m) dei depositi lacustri del Bacino di Rieti*. Tesi di Laurea (relatore: Prof. R. Pichi Sermolli), Università degli Studi di Perugia.
- LORETI M., 1986. *La Flora dell'Appennino Gualdese*. Provincia di Perugia, Firenze 1996.

- LORETI M., CARINI V., SALERNO P., 2003. *Il Buco Bucone, esplorazioni e ricerche palinologiche*. La Rivista del Club Alpino Italiano, luglio-agosto 2003, 72-75.
- LORETI M., MERCURI A.M., 2007. *La ricostruzione del paleoambiente attorno alla Grotta delle Vacche: Parco Naz. D'Abruzzo, Lazio e Molise: un'ipotesi su base speleopalinologica*. In: LORETI M., SALERNO P. (Eds.), *Una cavità dalle mille sorprese: Grotta delle Vacche Parco Nazionale d' Abruzzo, Lazio e Molise*. Arduino Sacco editore, Bella (PZ), 43-67.
- LORETI M., MERCURI A.M., 2006. *Primi risultati dell'analisi speleopalinologica nella Grotta delle Vacche - Parco Nazionale d'Abruzzo, Lazio, Abruzzo e Molise*. Congr. Int. IMAGNA 2005, pp. 7.
- LORETI M., MERCURI A.M., SALERNO P., 1997. *Analisi palinologica della Grotta di Buco Bucone (Gualdo Tadino, Umbria)*.
- LORETI M., SALERNO P., 2007. *Una cavità dalle mille sorprese: la Grotta delle Vacche nel Parco Nazionale d' Abruzzo, Lazio e Molise*. Arduino Sacco editore, Bella (PZ).
- LORETI M., MERCURI A.M., FARABOLLINI P., PIERANTONI P.P., GALDENZI S.. *Complesso carsico di Caprelle: studio multidisciplinare dei depositi del Pleistocene superiore per una ricostruzione geomorfologica e paleoclimatico-ambientale*. In stampa
- LORETI M., MERCURI A.M., FARABOLLINI P., PIERANTONI P.P., GALDENZI S.. *Complesso carsico di Frasassi: studio multidisciplinare dei depositi del Pleistocene medio per una ricostruzione geomorfologica e paleoclimatico-ambientale*. In stampa
- MAGRI D., 1989. *Interpreting long-term exponential growth of plant populations in a 250.000 - year pollen record from Valle di Castiglione*. New Phytol., **112**, 123-128.
- MAGRI D., COLASANTI V., 2010. *La vegetazione del Pleistocene inferiore a Madonna della Strada (Scoppito, l'Aquila)*. Conv. Soc. Bot. It., AIQUA "Stato dell'arte e della ricerca Paleobotanica e Palinologica in Italia dal Pliocene al Pleistocene medio", Università la Sapienza di Roma.
- PINI R., RAVAZZI C., REIMER P.J., 2010. *The vegetation and climate history of the last glacial cycle in a new pollen record from Lake Fimon (southern Alpine foreland, N-Italy)*.
- PIOTROWSKA N., BLUSZCZ A., DEMSKE D., GRANOSZEWSKI W., HEUMANN G., 2004. *Extraction and AMS Radiocarbon dating of pollen from Lake Baikal sediments*. RADIOCARBON, **46**, 181-187.
- RAVAZZI C., BREDI M., MUTTONI G., PINI R., 2004. *The Pliocene - Early Pleistocene stratigraphy and cronology of the Leffe Basin (Pre - Alp, northern Italy)*. 18 Intern. Senckenberg Conference in Weimar.
- RAVAZZI C., ROSSIGNOL-STRICK M., 1995. *Vegetation change in a climatic cycle of early Pleistocene age in the Leffe basin (Northern Italy)*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, **117**, 105-122.
- RONCHITELLI A., ABBAZZI L., ACCORSI C.A., BANDINI MAZZANTI M., BERNARDI M., MASINI F., MERCURI A., MEZZAOTTA C., ROOK L., 1997. *The Grotta Grande of Scario (Salerno-Southern Italy): stratigraphy, archaeological finds, pollen and mammals*. Proceedings 1 International Congress of Science and technology for the safeguard of Cultural Heritage in the Mediterranean Basin (Catania, 27 November-2 December), 1529- 1535.
- RONCHITELLI A., BOSCATO P., SURDI G., MASINI F., ACCORSI C.A., PETRUSO D., TORRI P., 2010. *The Grotta Grande di Scario (Salerno, Italy): Archeology and environment during the last interglacial (Mis 5) of the Mediterranean region*. Quaternary, 1-15.
- ROSSIGNOL-STRICK M., 1994-95. *Pollen Analysis of Some Sapropel Layers from the Deep Sea Floor of the Eastern Mediterranean*. Laboratoire de Palynologie, Museum National d'Historie Naturelle, Paris.
- RUSO ERMOLLI E., 2010. *An integrated stratigraphical approach to the Middle Pleistocene succession of the Sessano basin (Molise, Italy)*. Quaternary Int., **225**, 114-127.
- SARDORI L., GIARDINI M., 2007. *La vegetazione Plio-Pleistocenica di due sequenze lacustri della Valle del Salto (Rieti, Italia Centrale)*. Conv. Soc. Bot. It., AIQUA "Stato dell'arte e della ricerca paleobotanica e palinologica in Italia dal Pliocene al Pleistocene medio", Università la Sapienza di Roma.
- TADEUCCI A., CONTE A., VOLTAGGIO M., 1987. *Datazione col ²³⁰Th di alcuni speleotemi del complesso carsico "Grotta del Fiume-Grotta Grande del Vento" a Frasassi (Ancona)*. Boll. Soc. Geol. It., **106**, 807-812.
- TADEUCCI A., TUCCIMEI P., VOLTAGGIO M., 1992. *Studio geocronologico del complesso carsico "Grotta del Fiume-Grotta Grande del Vento" (Gola di Frasassi, AN) e indicazioni paleo ambientali*. Il Quaternario, **5**, 213-222.
- TADEUCCI A., TUCCIMEI P., VOLTAGGIO M., 1994. *²³⁰Th dating of the speleothems from the "Grotta del Fiume-Grotta Grande del Vento" karst system in Frasassi (Ancona Italy) and paleoenvironmental implications*. Int. J. Speleology, **23**, 79-90.

TUCCIMEI P., 2004. *Evoluzione geocronologica del sistema carsico Fiume-Vento (Gola di Frasassi, AN) attraverso datazioni Th/U*. In: GALDENZI S. (Ed). *Frasassi 1989-2004: gli sviluppi della ricerca*, 48-54.

TECNICHE GEOELETTRICHE PER LA CARATTERIZZAZIONE DI CAVITÀ CARSICHE PROFONDE. IL CASO DELLA GROTTA DEL FALCO (ALBURNI, CAMPANIA)

GALILEO POTENZA^{1,3}, MASSIMO BAVUSI², SALVATORE LAURITA^{2,3},
SIMONA CAFARO^{3,4}, LAURA DE NITTO³

¹ G. & G.I.S. Geological & Geophysical Investigation Service; galileopz@virgilio.it

² Terralab S.r.l.; massimo.bavusi@terralab.eu; salvatore.laurita@terralab.eu;

³ Gruppo Speleo Alpinistico Vallo di Diano, Sala Consilina (SA); simona.cafaro@gmail.com
denittolaura@yahoo.it

⁴ Università della Basilicata, Potenza; simona.cafaro@gmail.com

Riassunto

L'individuazione di nuove cavità carsiche, che normalmente avviene attraverso faticose ricerche di superficie, si può avvalere del contributo delle moderne tecniche geofisiche. Tra queste, la Tomografia di Resistività Elettrica (ERT), largamente utilizzata per la ricerca di acqua nel sottosuolo, per gli studi stratigrafici e tettonici, per lo studio dei siti inquinati e la ricerca mineraria, è senza dubbio la metodologia di indagine non invasiva che può fornire dati affidabili e garantire il raggiungimento di notevoli profondità di esplorazione anche con array non particolarmente estesi. Il contrasto di proprietà elettromagnetiche offerto da una cavità all'interno di un ammasso carbonatico è tale da garantire teoricamente una risposta strumentale ottimale. Le cavità rappresentano, infatti, oggetti dalla resistività molto elevata che risultano immediatamente visibili all'indagine geoelettrica.

Ne consegue che, potendo caratterizzare l'ammasso roccioso dalla superficie, l'ERT può rappresentare uno strumento complementare ai rilievi speleologici, laddove gli stessi siano impediti da difficoltà di accesso. Allo scopo di verificare la fattibilità di un approccio integrato di questo tipo, è stata eseguita una tomografia di resistività elettrica in località Serra Nicola sul massiccio degli Alburni (regione Campania). Il dispositivo polo-dipolo ha permesso di raggiungere una profondità di esplorazione di circa 120 m che permette di osservare non solo l'anomalia visibile a 40 m di profondità, ma anche un gradiente di resistività a circa 100 m di profondità che potrebbe far ipotizzare un livello carsico più profondo.

Nella fattispecie, i risultati ottenuti incoraggiano a proseguire nell'implementazione sistematica dell'ERT nelle campagne speleologiche in atto nell'area. L'ERT permette, infatti, la verifica di quanto già caratterizzato con tecniche speleologiche tradizionali e, nel contempo, la caratterizzazione di porzioni ancora inesplorate dell'ammasso carbonatico.

Parole chiave: indagine geoelettrica, Alburni, grotta del Falco.

Abstract

GEOELECTRICAL TECHNIQUES FOR THE CHARACTERIZATION OF DEEP KARST CAVES: THE CASE STUDY OF GROTTA DEL FALCO (ALBURNI, CAMPANIA) - The identification of new karst caves, which normally occurs through strenuous surface searches, can take advantage of the contribution of modern geophysical techniques. Among these, the Electrical Resistivity Tomography (ERT), which is widely used for the detection of water in the subsoil, for stratigraphic and tectonic studies, for the study of polluted sites and mining research, is a non-invasive investigation methodology that can provide reliable data and ensure the achievement of considerable depth of exploration, even with not particularly long arrays. The contrast of the electromagnetic properties offered by a cave inside a carbonate bedrock is such to ensure a theoretically optimal instrumental response. In fact, the caves are very high resistivity objects that are immediately visible by geoelectric survey.

Consequently, being able to characterize the rock massif from the surface, ERT can provide a complementary tool to the surveying where the same are hindered by difficulties of access. In order to test the feasibility of this integrated approach, an electrical resistivity tomography has been carried out in Serra Nicola locality of the Alburni Massif (Campania region). The device pole-dipole allowed to reach a depth of about 120 m of exploration that permitted to see not only the anomaly at 40 m depth, but an increase of resistivity at about 100 m which could suggest a deeper karst level. In this case, the results encourage us to continue the systematic

implementation of ERT in the area, as they have allowed to verify what was already known through traditional speleological explorations and, at the same time, to characterize unexplored portions of the carbonate massif.

Key words: geoelectric survey, Alburni, Falco cave.

Introduzione

La caratterizzazione degli ammassi carbonatici riveste una notevole importanza non soltanto per le implicazioni speleologiche, ma anche per quelle idrogeologiche e più squisitamente geologiche.

L'individuazione delle cavità carsiche, che normalmente avviene con tecniche speleologiche tradizionali quali ricerche di superficie ed esplorazioni degli ipogei, si può avvalere del contributo delle moderne tecniche geofisiche.

Tra queste, la Tomografia di Resistività Elettrica (ERT), è senza dubbio la metodologia di indagine non invasiva che può fornire dati affidabili e garantire il raggiungimento di notevoli profondità di esplorazione anche con array non particolarmente estesi.

L'occasione per testarne gli sviluppi in ambito applicativo, è stato il superamento del sifone della Grotta del Falco, Cp 448 del Catasto Cavità Naturali della Campania, nell'aprile 2014 ad opera di LUCA PEDRALI (vedi PEDRALI et al., questo volume), che porta alla scoperta di un'ampia galleria avente direzione N270° con estensione di circa 500 m dal primo sifone, ed altezze stimate in alcuni punti in circa 60 m. Un dato estremamente approssimativo che dava però un'indicazione della direzione della galleria a valle dei sifoni. In attesa della successiva immersione, che avrebbe restituito un dato certo tramite il rilievo del nuovo tratto esplorato, si è proceduto alla analisi tramite ERT dell'area.

Inquadramento geologico dell'area in esame

Il massiccio degli Alburni afferisce all'unità tettonica "Alburno-Cervati-Pollino" costituita da un complesso calcareo dolomitico del Triassico Superiore - Cretaceo Inferiore indicativo di un ambiente di piattaforma interna (CASTELLANO & SGROSSO, 1996). Su questa pila carbonatica mesozoica affiorano lembi di successioni calcarenitiche e calcilutitiche paleoceniche ed eoceniche (formazione di Trentinara) e modeste placche conglomeratiche cementate, brecciole e calciruditi di età eocenica e miocenica. Al di sopra si rinviene un'alternanza, in facies di flysch, di argille, siltiti, marne ed arenarie di età compresa tra il Burdigaliano ed il Serravalliano. Presenti anche calcari marnosi a cui si associano intercalate a varie altezze, colate di Argille Varicolori Scagliose ed altri litotipi (arenarie, marne, calcilutiti ed argille appartenenti al flysch del Cilento). Ad est affiorano i depositi alluvionali detritici e lacustri a carattere prevalentemente limoso che colmano la piana del Vallo di Diano. Il complesso stato di fratturazione è stato corresponsabile dello sviluppo del carsismo ipogeo che caratterizza l'ammasso carbonatico in tutta l'area e dell'idrodinamica sotterranea associata. L'area in esame è sita nella porzione nord-orientale del massiccio, ed è in particolare l'area carsica dei Campitelli, compresa tra la località Serra Nicola, Serra dei Lepri e Varco dello Schiavo.

Metodi

La Tomografia di Resistività Elettrica è una tecnica geofisica attiva che permette di ottenere sezioni bidimensionali del sottosuolo investigato in termini di resistività elettrica. Essa è largamente utilizzata per la ricerca di acqua nel sottosuolo, per gli studi stratigrafici e tettonici, per lo studio dei siti inquinati e la ricerca mineraria (REYNOLDS, 2011). La resistività elettrica dei materiali è largamente influenzata dall'acqua: un materiale secco generalmente mostra alti valori di resistività, anche maggiori di 100 Ω m, mentre lo stesso materiale saturo può fornire valori di molto inferiori a 30 Ω m. Ne consegue che la Tomografia di Resistività Elettrica evidenzia soprattutto differenze nelle caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo.

Il contrasto di proprietà elettromagnetiche offerto da una cavità all'interno di un ammasso carbonatico è tale da garantire teoricamente una risposta strumentale ottimale. Le cavità rappresentano, infatti, oggetti dalla resistività molto elevata che risultano immediatamente visibili all'indagine geoelettrica. Ne consegue che, potendo caratterizzare l'ammasso roccioso dalla superficie, l'ERT può rappresentare uno strumento complementare ai rilievi speleologici, laddove gli stessi siano impediti da difficoltà di accesso o per la notevole profondità.

Risultati

Allo scopo di verificare la fattibilità di un approccio integrato di questo tipo, è stata eseguita una tomografia di resistività elettrica presso il sito compreso tra Serra Nicola, Serra dei Lepri e Varco lo Schiavo basandosi solo sul dato dell'orientazione rilevata da L. PEDRALI durante la prima immersione. In figura 1 si possono osservare lo sviluppo planimetrico della Grotta del Falco e la direzione stimata della galleria post-sifone in rapporto all'andamento della Tomografia Elettrica di Resistività.

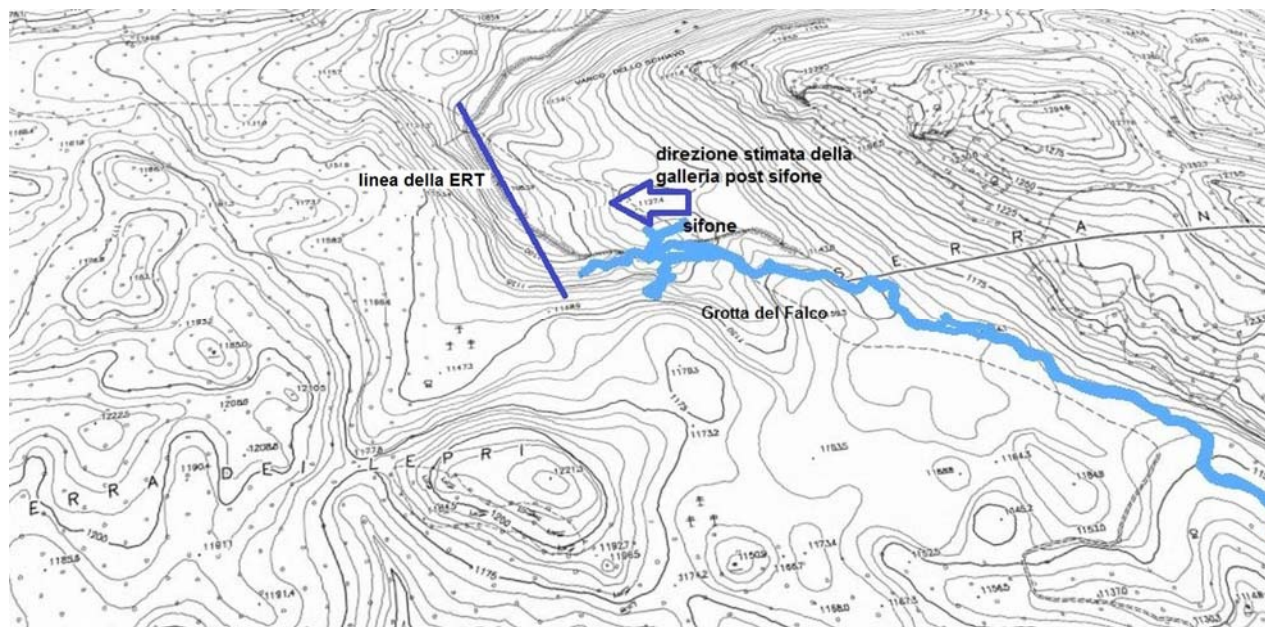


Figura 1. Area delle indagini geofisiche con tomografia di resistività elettrica ERT1.

Figure 1. Area of the geophysical investigations by electrical resistivity tomography ERT1.

Lungo il transetto tomografico sono state acquisite misure utilizzando i dispositivi elettrodiici Wenner, Schlumberger, Dipolo-Dipolo e Polo-Dipolo con il georesistivimetro MICROMED ELECTRA equipaggiato con 64 canali/elettrodi. La spaziatura interelettrodiica utilizzata è di 5.0 m, adatta ad esplorare il sottosuolo fino ad una profondità di circa 70 m con dispositivo Dipolo-Dipolo e 120 m con dispositivo Polo-Dipolo, con un'adeguata risoluzione spaziale.

In questo lavoro vengono descritti i soli modelli di resistività ricavati dai dispositivi elettrodiici Dipolo-Dipolo e Polo-Dipolo che sono risultati i più affidabili per errore e risoluzione spaziale (Fig. 2).

La scala di resistività è stata uniformata in modo da mettere in evidenza eventuali cavità che appaiono molto resistive ($> 4000 \Omega\text{m}$). Le differenze tra i due modelli sono dovute ai differenti percorsi delle linee di corrente, ai differenti filtraggi utilizzati e alla differente profondità di sottosuolo investigato. E' possibile in ogni caso definire alcuni andamenti comuni alle due sezioni tomografiche descritte.

Le tomografie di figura 2 presentano una notevole variabilità della resistività riscontrata (da $35 \Omega\text{m}$ a oltre $140000 \Omega\text{m}$ circa). Esse possono essere suddivise in livelli a differente comportamento elettrico:

il primo livello, (MC) caratterizzato da una fascia a media conducibilità ($25 - 370 \Omega\text{m}$), riferibile alla presenza alle coltri flyscioidi in cui la circolazione idrica sotterranea e la presenza di litotipi argillosi determinano la diminuzione di resistività osservata. Tale livello si estende dal piano campagna (p.c.) fino a 15-20 m di profondità ed è caratterizzato da lenti e nuclei che, a luoghi, denotano zone di infiltrazione di acque meteoriche. Al di sotto dei 15-20 m dal piano campagna si rinviene;

un **secondo livello (R)** resistivo (da 370 a circa $3900 \Omega\text{m}$) compatibile con le resistività riscontrabili in rocce carbonatiche massive. Tale livello appare interrotto da un elemento relativamente meno conduttivo che può essere interpretato come una faglia ad alto angolo. Questo si estende fino alla profondità massima raggiunta dalle tomografie (variabile da 70 a 120 m dal piano campagna). Valori di resistività elettrica superiori si giustificano soltanto ammettendo la presenza di cavità. Come si può notare in entrambe le tomografie di figura 2 le resistività giungono, approssimativamente al centro della sezione tomografica, a valori posti oltre i $12500 \Omega\text{m}$ circa. Il dispositivo Dipolo-Dipolo (Fig. 2a) evidenzia soltanto la porzione sommitale di una fascia resistiva (FR) che viene meglio definita dalla sezione tomografica costruita sul dispositivo polo-dipolo. Questa, in virtù

della sua profondità di esplorazione quasi doppia (120 m), permette di discriminare molto bene anche il limite inferiore dell'elemento (FR) resistivo che si osserva a circa 40-60 m di profondità. Al di sotto di questo nucleo resistivo si osserva un gradiente di resistività che giunge a valori elevatissimi (oltre 140000 Ωm) a circa 100 m di profondità che potrebbero indicare la presenza di un livello carsico profondo.

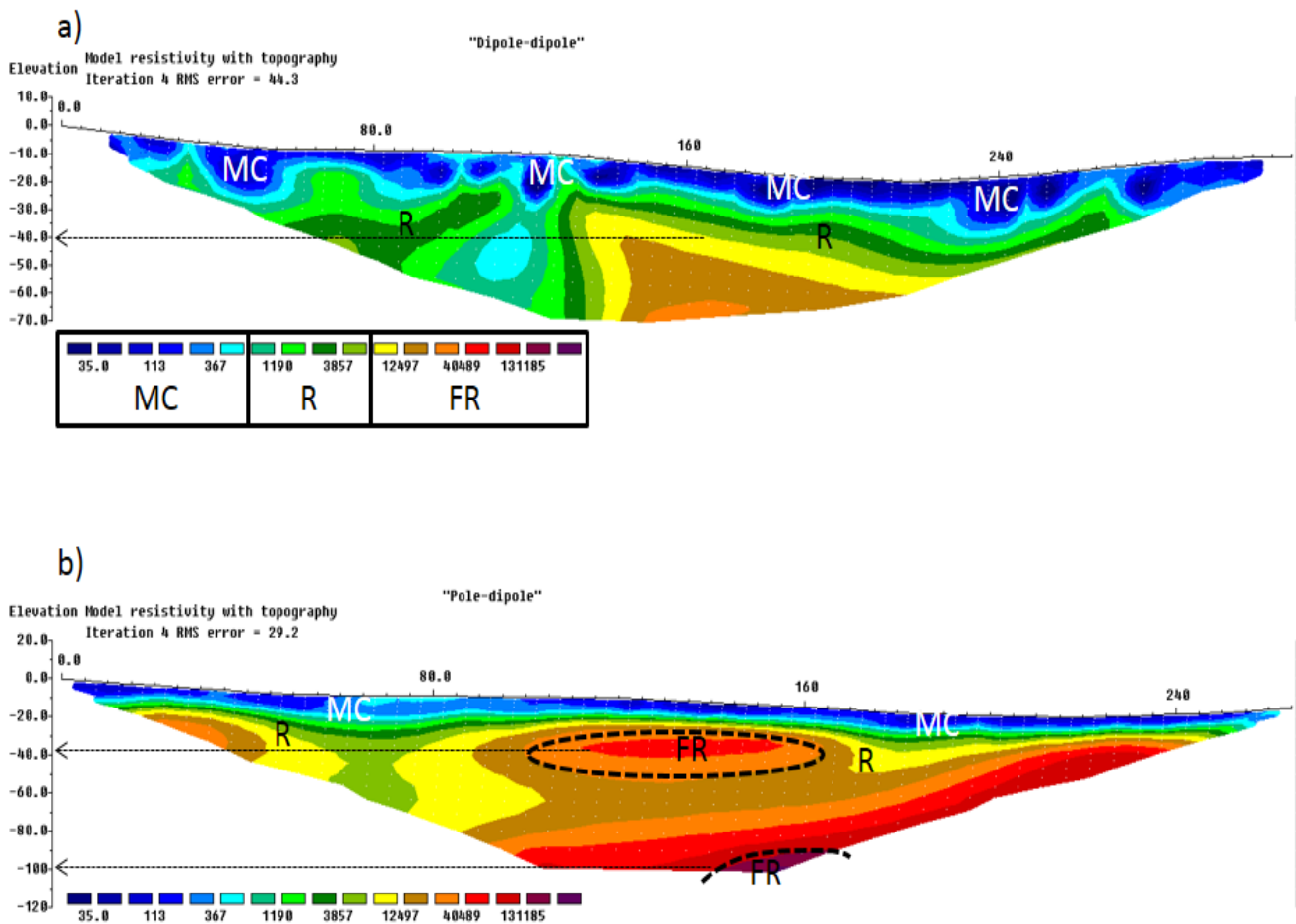


Figura 2 Risultati delle indagini geofisiche, a) tomografia di resistività elettrica ERT1 con dispositivo elettrodico Dipolo-Dipolo; b) tomografia di resistività elettrica ERT1 con dispositivo elettrodico Polo-Dipolo.

Figure 2. Results of geophysical investigations, a) electrical resistivity tomography ERT1 with Dipole-Dipole electrode device; b) electrical resistivity tomography ERT1 with Pole-dipole electrode device.

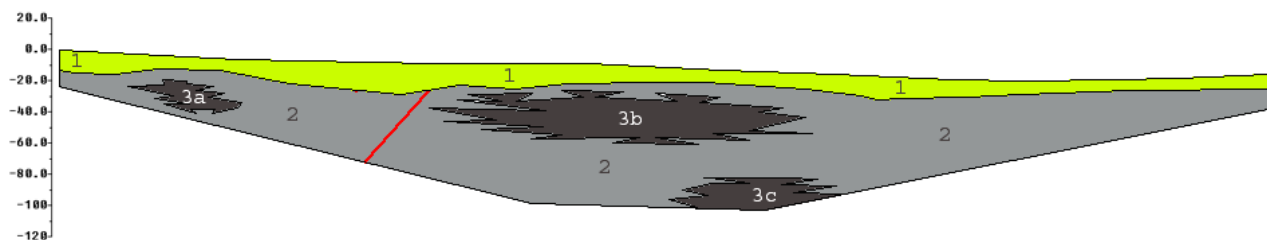


Figura 3. Modello di sottosuolo interpretato sulla base di tutte le osservazioni.

Figure 3. Subsurface model derived on the in basis of all the observations.

Conclusioni

Grazie alle indagini tomografiche descritte in questo lavoro, è stato possibile indagare a notevole profondità (70-120 m) un ammasso carbonatico per verificare la presenza di cavità carsiche ipotizzate sul prolungamento ideale di una condotta carsica documentata.

Il lavoro fin qui svolto ha dimostrato l'efficacia dell'approccio seguito e la validità dell'ERT come strumento integrativo dell'esplorazione speleologica ed i risultati hanno permesso di delineare un modello di sottosuolo compatibile con le osservazioni geologiche e speleologiche pregresse (Fig. 3).

In definitiva, gli elementi principali scaturiti dall'indagine tomografica sono stati:

1. La presenza di una fascia superficiale (1) con grado di saturazione non trascurabile che si spinge fino a circa 5- 20 m dal p.c.
2. Un substrato geologico (2) di natura carbonatica in cui si imposta una faglia con orientazione appenninica che ospita una serie di cavità descritte al punto 3.
3. Possibili cavità e/o zone di fratture beanti, denominate 3a, 3b e 3c, di cui, le prime due poste a profondità comprese tra -20 e - 40 m e la terza situata a profondità comprese - 80 e - 120 dal piano campagna.

Il test preliminare effettuato per questa ricerca ha dato risultati soddisfacenti concordi con i dati successivamente ottenuti dallo sviluppo della poligonale della galleria post-sifone della Grotta del Falco.

L'approccio utilizzato, che vede l'integrazione dell'esplorazione speleologica con quella geofisica, può essere ulteriormente migliorato infittendo i profili e i punti di misura in modo da assicurare un'adeguata copertura, garantire la sovrapposizione dei dati e minime distanze tra i profili e i rilievi geologici e speleologici.

Tali risultati incoraggiano a proseguire nell'implementazione sistematica dell'ERT nelle campagne speleologiche in quanto esse permettono la verifica di quanto già caratterizzato con tecniche tradizionali e, nel contempo, la caratterizzazione di porzioni ancora inesplorate.

Ringraziamenti

Si ringrazia per la collaborazione nelle operazioni di campagna, di installazione attrezzature geofisiche e rilievi GPS: GIUSEPPE PALADINO, VITTORIO MORRONE e RUBENS FUENTES del Gruppo Speleo Alpinistico Vallo di Diano e ANTONELLA GIAMMARINO del GS Natura Esplora.

Bibliografia

- REYNOLDS, 2011. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics, 2nd Edition*. ISBN: 978-0-471-48535-3
- CASTELLANO M.C., SGROSSO I., 1996. *Eta' e significato dei depositi miocenici della formazione di M. Sierio e possibile evoluzione cinematica dell'unita' Monti della Maddalena nell'Appennino campano-lucano*. Mem. Soc. Geol. It., **51**, 239-249.
- PEDRALI L., BUONGIORNO V., ANTONINI G., CAFARO S., DE NITTO L., 2015. *Convergenza di dati per l'esplorazione della Grotta del Falco massiccio degli Alburni (Campania)*. Questo volume.

SPECIE DI PTERIDOFITE PRESENTI IN AREE LIMITROFE AD ALCUNE CAVITÀ NEL PARCO NAZIONALE DEL CILENTO VALLO DI DIANO E ALBURNI

DIEGO DI NOVELLA¹

¹ *Gruppo Speleo Alpinistico Vallo di Diano, Via Ischia 61, 84038 Sassano (SA); diego.dinovella@tiscali.it*

Riassunto

In seguito ad indagini speleobotaniche effettuate in prossimità di cinque cavità presenti nel Parco Nazionale del Cilento Vallo di Diano e Alburni, è stato delineato un primo areale della distribuzione delle diverse specie di Pteridofite legate a tali ambienti. Le grotte prese in esame (Grava di Vesolo CP 187, il Gravattone CP 834, Inghiottitoio dell'Orsivacca CP 82, Affondatore di Vallivona CP 633 e Grotta del Falco CP 448) sono situate in aree del parco caratterizzate da differente altitudine ed esposizione. Il lavoro ha prodotto un erbario ed un primo elenco delle felci presenti delle quali vengono evidenziati i caratteri ecologici.

Parole chiave: speleobotanica, Pteridofite, felci, Parco Nazionale Cilento Vallo di Diano e Alburni.

Abstract

PTERIDOPHYTE SPECIES IN AREAS NEAR SOME CAVES WITHIN THE NATIONAL PARK OF CILENTO - VALLO DI DIANO AND ALBURNI - *Following speleobotanical investigations carried out near five cavities in the National Park of Cilento - Vallo di Diano and Alburni, a range of the distribution of different species of pteridophytes linked to these environments was first outlined. The examined caves (Grava di Vesolo CP 187, il Gravettone CP 834, Inghiottitoio dell'Orsivacca CP 82, Affondatore di Vallivona CP 633 and Grotta del Falco CP 448) are located in areas of the park that differ in altitude and exposure. The work resulted in a herbarium and in an initial list of ferns of which the ecological characters are highlighted.*

Key words: speleobotany, pteridophytes, ferns, National Park of Cilento Vallo di Diano and Alburni

TRACCIAMENTO DELLE ACQUE SOTTERRANEE NELLA GROTTA DEL PERAL (SORBAS, SPAGNA SUD-ORIENTALE)

LAURA SANNA¹

¹ *Istituto di Biometeorologia, Consiglio Nazionale delle Ricerche, IBIMET-CNR, Traversa La Crucca 3, Sassari; speleokikers@tiscali.it*

Riassunto

Al margine orientale di una depressione neogenica nella Cordigliera Betica, il Bacino di Tabernas-Sorbas (Spagna sud-orientale), il massiccio gessoso di Sorbas si estende per oltre 25 km² come un altopiano topograficamente elevato composto da selenite purissima alternata a strati marnosi in cui si osservano tra i più significativi esempi di carsismo nelle evaporiti in regioni aride. Uno dei principali sistemi carsici nell'area è la Grotta del Peral (*Cueva del Peral*), cavità di oltre 2 km di condotte che si sviluppa nella parte SW del massiccio. La sua importanza risiede nel fatto che al suo interno scorre al contatto tra gessi e marne un corso d'acqua sotterraneo perenne che da origine all'omonima sorgente, un'essenziale risorsa idrica per questo territorio. Con l'obiettivo di identificare la direzione di deflusso di questo torrente sotterraneo nell'inverno 2012 è stato condotto un test con tracciante, diluendo circa 1 kg di fluoresceina nel corso d'acqua sotterraneo del Peral. Contemporaneamente sono state monitorate le principali risorgenti del massiccio (Los Molinos e La Fortuna) e l'impianto di trattamento delle acque del paese di Sorbas, i cui due pozzi emungono direttamente dall'acquifero. In occasione dei recuperi dei captori, sono stati inoltre misurati i parametri fisico-chimici delle acque. Dopo oltre tre mesi di osservazioni nessuno dei recapiti ipotizzati ha dato esito positivo all'analisi fluorimetrica. Questo risultato sembra indicare che le acque sotterranee siano forzate a fluire verso l'acquifero profondo senza raggiungere nessuna delle emergenze conosciute. Si ipotizza quindi uno scorrimento verso N seguendo la giacitura degli strati gessosi inferiori, lungo condotti carsici speleologicamente inaccessibili.

Parole chiave: tracciamento, fluoresceina, idrogeologia, Grotta del Peral, Sorbas

Abstract

GROUNDWATER TRACING IN THE GROTTA DEL PERAL (SORBAS, SE SPAIN) - *At the eastern margin of a Neogene depression in the Betic Belt, the Tabernas-Sorbas Basin (south-east Spain), the gypsum massif of Sorbas outcrops over 25 km² as a topographically elevated plateau. It is composed of very pure selenite interbedded with marly layers and hosts the best examples of evaporite karst in arid regions. The main cave system in the area is the Peral Cave (Cueva del Peral), a 2 km-long network of cave passages developed at the SW side of the massif. The great importance of this cave is due to a steady underground stream that follows the gypsum and marls contact and gives rise to the homonymous spring, an essential water resource in this semi-arid zone. The aim of this research is to detect the underground drainage direction. For this purpose in winter 2012 a dye test has been carried out, injecting about 1 kg of fluorescein in the underground Peral stream and monitoring both the main outlets of the karst massif (Los Molinos and La Fortuna springs) and the drinking water treatment plant of Sorbas village that pump water directly from the aquifer. During charcoal captors collections, physical-chemical parameters of the water have also been recorded. After more than three-months observation, no-one of the hypothesized outlets was positive to fluorimeter analysis. This negative result seems to indicate that underground water is forced to stream towards the deep aquifer without reaching any of the known springs. A groundwater drainage towards N, along the lowest gypsum strata and through speleologically inaccessible karst systems, is possible.*

Key words: dye test, fluorescein, hydrogeology, Peral Cave, Sorbas

Introduzione

Il massiccio carsico di Sorbas (Almeria, Spagna sud-orientale) è una delle zone gessose più carsificate del mondo, dove si osservano centinaia di doline e altre forme carsiche singolari (SANNA et al., 2012).

L'evoluzione di quest'area è attualmente influenzata dai cambiamenti globali che hanno esasperato l'aridità del suo clima, caratterizzato da elevate temperature (media annuale 19,5 °C) e da precipitazioni che raramente raggiungono i 300 mm di pioggia l'anno. Il suo affioramento di gessi messiniani (Fig. 2A) costituito da selenite molto pura è stato sfruttato sin dall'epoca romana e da oltre 40 anni l'estrazione di solfato di calcio per fini industriali continua in tre grandi cave che producono oltre 200.000 t/a di gesso di alta qualità, un'attività che sta mettendo a repentaglio il futuro di questo singolare acquifero carsico (CALAFORRA et al., 2011). Nell'ambito di uno studio sulle interazioni tra sviluppo economico e protezione degli ambienti sotterranei (SANNA, 2011), questa ricerca ha avuto come obiettivo l'individuazione delle direzioni di drenaggio sotterraneo nell'area di ricarica della Grotta del Peral, cavità prossima alla cava di Mandaja Vieja.

Inquadramento dell'area

Aspetti geologici

L'altopiano di Sorbas è composto da sedici cicli di selenite purissima alternati a livelli marnosi per uno spessore complessivo di circa 130 metri (ROVERI et al., 2009). Da un punto di vista geologico quest'area è localizzata nel Bacino neogenico di Tabernas-Sorbas, una depressione della Cordigliera Betica, dove durante il Messiniano (5,3-5,5 Ma) si depositarono spessi livelli di evaporiti. La struttura del massiccio è tabulare, poco deformata, e la stratificazione blandamente inclinata verso N-NW. Il paesaggio è caratterizzato da una geometria monoclinale allungata verso NE, topograficamente elevata rispetto all'area circostante (con una quota media di 400 m s.l.m.), e delimitata a S e ad E da ripide pareti strapiombanti su valli asciutte. Gli strati gessosi gradualmente scompaiono verso N sotto sedimenti continentali più recenti. La superficie conta un elevato numero di doline, differenti forme di karren e ampi campi di tumuli, tipica forma epigea del carsismo nelle evaporiti (Fig. 2E). Il bordo del plateau gessifero è caratterizzato dalla presenza di numerose sorgenti, per lo più connesse a fiumi sotterranei che drenano quest'area carsica, indipendenti da qualsiasi contributo allogeno e dunque alimentate da fonti alternative di acqua differenti dalla pioggia (PULIDO-BOSCH, 1986).

Idrogeologia dell'area

L'assetto idrogeologico della zona in esame è condizionato dalla presenza di litologie differenti: da un lato la roccia gessosa del Membro Yesares (Fig. 1) che costituisce l'acquifero principale e dall'altro i livelli marnoso-argillosi del Membro di Abad che fungono da livello impermeabile di base. Le frequenti intercalazioni marnose nella serie gessosa implicano la definizione di un acquifero multi-strato permeabile per fessurazione e dissoluzione, che intercettando la superficie topografica origina varie emergenze sorgentizie.

L'infiltrazione preferenziale avviene tramite inghiottitoi nei canyon e nelle doline e la maggior parte delle acque emerge lungo l'alveo del Rio Aguas alla quota di 290 m s.l.m. dalla sorgente di Los Molinos, la più rilevante dell'area, con una portata media intorno a 70 l/s (considerevolmente alta per questa zona semi-arida) e di cui non si conosce nessuna cavità afferente. Tutte le altre risorgenze sono invece legate alla presenza di sistemi carsici e le più significative sono: (i) quella del Peral (410 m s.l.m.) nell'omonimo canyon, di La Fortuna (393 m s.l.m.) e del Yeso (341 m s.l.m.) nel Barranco del Infierno, nel settore più occidentale del massiccio; (ii) quella di Viñicas (356 m s.l.m.), del Tesoro (316 m s.l.m.) e dell'Apas (300 m s.l.m.) nel margine SE dell'altopiano (Fig. 1). Tutte queste risorgenti hanno un'area di ricarica superficiale limitata, che dipende dal regime delle precipitazioni e dal contributo delle piogge occulte, derivanti dalla condensazione del vapore acqueo all'interno dei sistemi carsici e delle fratture della roccia (BADINO, 2004), con una variazione di portata che durante le piogge risponde immediatamente incrementandosi (SANNA et al., 2014). La sorgente di Los Molinos invece è probabilmente alimentata da un bacino idrogeologico più ampio con una circolazione profonda che si estende verso W con tempi di residenza prolungati. Il drenaggio superficiale dell'area fa capo al Bacino del Rio Aguas, che con una superficie di circa 590 km², appartiene al V sub-bacino dell'Andalusia del Piano Idrologico Nazionale spagnolo. Gran parte della sua rete idrografica superficiale ha carattere effimero essenzialmente perdente e temporaneo dovuto all'estrema aridità del clima, in cui la maggior parte delle precipitazioni si concentra in pochi eventi temporaleschi che raggiungono rapidamente l'acquifero carsico. Solo circa 3 km dell'alveo del Rio Aguas hanno scorrimento perenne, i cui apporti provengono dall'acquifero carsico gessoso di Sorbas. Il reticolo idrografico è gerarchico e dipendente principalmente dalla geometria degli strati e secondariamente dal controllo tettonico. Anche la carsificazione è marcata dall'orientazione della paleo-idrografia superficiale che a sua volta segue la direzione delle principali lineazioni orientate rispettivamente NW, NE e NS.

Il più rilevante sistema carsico dell'area di studio è la Grotta del Peral (*Cueva del Peral*) la cui importanza risiede nelle relativamente abbondanti e perenni acque del suo torrente sotterraneo che danno origine all'omonima sorgente ma di cui si perdono le tracce dentro le alluvioni del canyon in cui sgorgano.

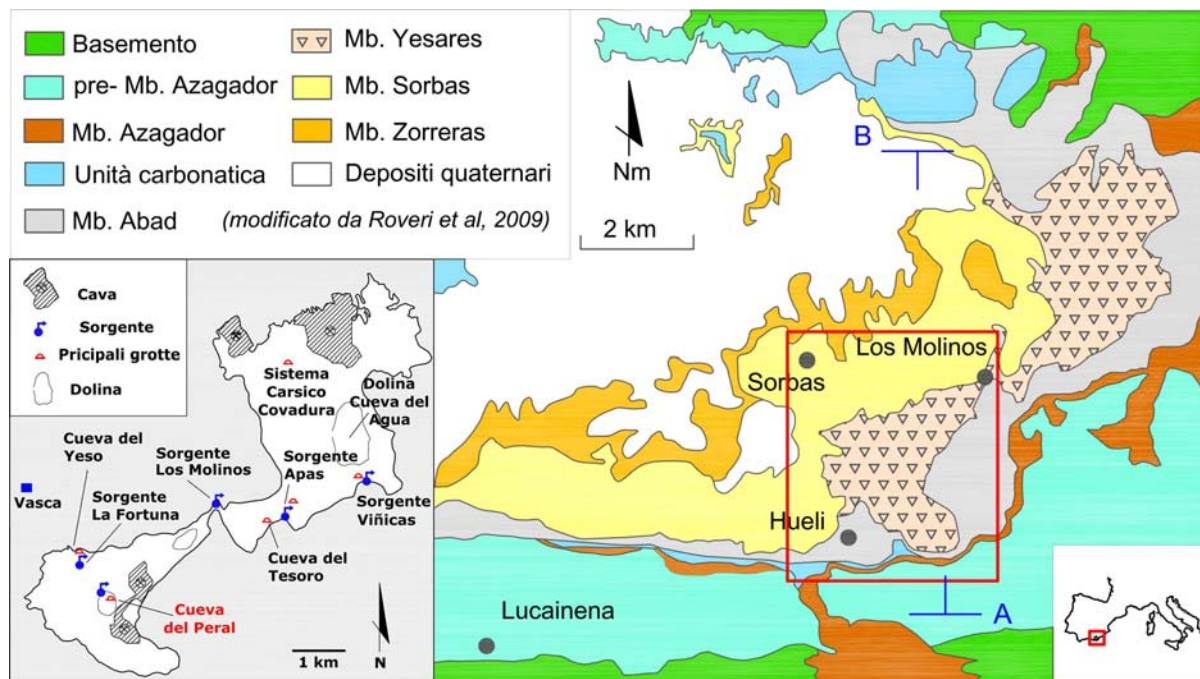


Figura 1. Carta geologica dell'altopiano di Sorbas (modificato da SANNA et al., 2014).

Figure 1. Geological sketch map of Sorbas plateau (modified from SANNA et al., 2014).

La Grotta del Peral

La Grotta del Peral è localizzata sul fianco idrografico destro del Barranco del Peral, uno dei canyon afferenti al Rio Aguas, pochi chilometri a monte della sorgente di Los Molinos. Gli 8 ingressi di questo sistema carsico danno accesso ad un reticolo sub-orizzontale lungo circa 2 km, che si sviluppa a poche decine di metri sotto la superficie. Dall'ingresso più a N, un pozzo dà accesso a un piccolo meandro che permette di raggiungere un ampio lago, lungo circa 35 metri e profondo in media 1,5 metri, seguito da un'ampia sala ingombra di blocchi. Oltre questo punto una biforcazione dirama la cavità su due gallerie parallele, una allagata che raggiunge un sifone, l'altra asciutta che intercetta altri pozzi verticali. Prima di raggiungere la risorgente, i due condotti convergono nuovamente in un'ampia galleria. Il drenaggio sotterraneo di questa cavità è strettamente legato al controllo geologico e strutturale. All'interno del sistema carsico il torrente segue il contatto tra gessi e marne, con ampie variazioni di portate che possono raggiungere 1 m³/s in occasioni di intense precipitazioni. Le portate di magra invece non eccedono 1 l/s e sono garantite da processi di condensazione.

Metodi

Per il tracciamento delle acque sotterranee nella Grotta del Peral sono stati impiegati 900 g di fluoresceina sodica (Fig. 2G) e per la sua rilevazione sono stati realizzati dei captori di carbone attivo posizionati (i) quattro nella sorgente di Los Molinos (Fig. 2B), (ii) uno poco a valle di quella di La Fortuna (Fig. 2C) e (iii) uno nella vasca di trattamento dell'acquedotto di Sorbas (Fig. 2D), che raccoglie le acque dei pozzi Larache, localizzati poco più a N della valle del Rio Aguas, che pescano nell'acquifero a 70 metri di profondità. La diluizione del colorante è avvenuta nel torrente che in quell'occasione aveva una portata di 0,2 l/s, in prossimità della risorgenza di troppo pieno del sistema.

La concentrazione di tracciante nei captori è stata misurata tramite un fluorimetro Turner Designs Digital, modello 10-AU-000, dotato di cuvette di quarzo e lampada UV a bulbo con tubo di rivelazione PhotoMultiplier equipaggiato con filtri per fluoresceina di 520 nm (Eccitazione) e 550 nm (Emissione) (limiti di rivelabilità pari a 0,01 ppb di fluoresceina in acqua) e impiegando uno standard primario di fluoresceina sodica con concentrazione di 0,1 ppm preparato pesando circa 0,5 g di fluoresceina, a cui si aggiungono 1 g di sodio tetraborato decaidrato e poi portato a volume di 1 l con acqua distillata. Per l'analisi sono stati prelevati circa 1,5 g di carbone, in duplice copia, trattati per estrazione con circa 50 mL di KOH al

10% in metanolo per 30 minuti sotto agitazione, e successivamente filtrati e diluiti a 100 mL sempre con KOH 10% in metanolo. Durante il periodo di monitoraggio sono stati misurati anche i parametri fisico-chimici delle acque impiegando un sensore portatile Multi 340 WTW che misura in situ pH, temperatura (T) e conduttività elettrica (EC). L'intervallo dei parametri misurati è rispettivamente tra -2,00 e 19,00 per il pH (risoluzione 0,01 – accuratezza $\pm 0,01$), tra 0,00 e 20,00 mS/cm per EC (risoluzione 0,01 mS/cm – accuratezza $\pm 1\%$ F.S.) e da -5,0 a 105,0 °C per la temperatura (risoluzione 0,1 °C – accuratezza $\pm 0,1$ °C). L'alcalinità è stata determinata in situ per titolazione con metilarancio e acido cloridrico. La composizione isotopica ($\delta^{18}\text{O}$, δD) dei campioni d'acqua prelevati alle sorgenti è stata analizzata nel laboratorio di Davis (Università della California, USA), con metodologia basata su spettrometria laser che permette di analizzare simultaneamente $\delta^{18}\text{O}$ e δD con una riproducibilità di $\pm 0,1\%$ e $\pm 0,8\%$, rispettivamente.

Risultati e discussione

I captori di carbone attivo utilizzati per la rilevazione della fluoresceina sono stati recuperati a cadenze temporali distinte. In Tabella 1 è riportato l'elenco delle attività svolte per ciascun punto. Durante il periodo di monitoraggio sono intercorsi due eventi temporaleschi molto intensi, il primo a cavallo tra il 19 e il 20 marzo 2012 con circa 27 mm di pioggia cumulata, mentre l'altro in data 04 aprile con 29 mm/d. Queste precipitazioni hanno accelerato il tempo di transito del colorante, come registrato dalla brusca diminuzione della conducibilità e dall'incremento di temperatura misurati alla risorgente di Los Molinos, trasportando però una coltre di sedimenti finissimi che potrebbero aver captato parte della fluoresceina. Dato che l'analisi fluorimetrica ha dato esito negativo in tutti recapiti monitorati, non si esclude che le ragioni del mancato rilevamento del colorante possano essere dovute al suo assorbimento da parte di queste argille. Per quanto riguarda la vasca di carico di Sorbas si è ipotizzato che l'assenza di positività sia invece attribuibile alla sua decomposizione a opera delle sostanze impiegate per la potabilizzazione. In fase di recupero di questo captore, infatti, si è venuti a conoscenza che le acque venivano pre-trattate nel serbatoio (Fig. 2H). Per confermare l'effetto del cloro sulla degradazione della fluoresceina è stata condotta una prova di laboratorio preparando tre soluzioni di uguale concentrazione (20 ppm) di fluoresceina con la seguente procedura: la soluzione (#1) è stata ottenuta diluendo lo standard con acqua bi-distillata; la seconda (#2) diluendo lo standard con acqua potabile presa direttamente dalla rete (che contiene cloro, ma in concentrazioni molto basse, inferiori a 0,05 ppm); la terza (#3) diluendo lo standard con acqua bi-distillata e aggiungendo una goccia di ipoclorito al 10%. Durante la preparazione di quest'ultima non appena è stato aggiunto l'ipoclorito, la soluzione si è immediatamente decolorata, passando da giallo fluorescente (come le precedenti) a giallo paglierino chiaro. I tre campioni sono stati ulteriormente diluiti con acqua distillata per portarli alla concentrazione di circa 0,1 ppm, pari a quella dello standard di lettura. I dati dell'analisi fluorimetrica sono riportati in Tabella 2. Le tre soluzioni sono state mantenute al buio per tre giorni e la lettura è stata ripetuta ulteriormente: la soluzione #3 era completamente incolore (Fig. 2F) e l'assorbanza pari a zero. Da questi dati emerge che le soluzioni a circa 0,1 ppm hanno un valore di lettura in linea con i valori di riferimento dello standard e che non ci siano dubbi che il cloro distrugga la fluoresceina in un breve periodo di tempo.

Data	Località	Attività	pH	Cond. (mS/cm)	T (°C)	HCO ₃ (mg/L)	Analisi
01/03/2012	Los Molinos	Posizionamento 4 captori	7,65	3,29	21,5	232	-
	La Fortuna	Posizionamento captore	8,81	2,68	9,2	212	-
11/03/2012	Vasca Sorbas	Posizionamento captore	nd	2,59	20,3	230	-
	Grotta Peral	Diluizione fluoresceina	8,52	2,42	15,6	134	-
18/03/2012	Los Molinos	Recupero captore	nd	3,27	nd	210	negativo
24/03/2012	Los Molinos	Recupero captore	nd	3,18	20,3	223	negativo
05/04/2012	La Fortuna	Recupero captore	nd	2,45	11,5	nd	negativo
07/04/2012	Los Molinos	Recupero captore	nd	2,75	22,0	214	negativo
17/05/2012	Los Molinos	Recupero captore	nd	3,28	22,1	nd	negativo
	Vasca Sorbas	Recupero captore	nd	2,62	21,3	nd	negativo

Tabella 1. Cronogramma delle attività di tracciamento e dati idrochimici acquisiti durante il monitoraggio.

Table 1. Timeline of dye-test activities and hydrochemical data collected during the monitoring.

Sebbene il tracciamento non abbia dato esito positivo, il segnale isotopico delle acque carsiche di questa zona indica chiaramente una certa omogeneità tra il torrente della Grotta del Peral e la risorgente di Los Molinos (Fig. 2I), discostandosi significativamente da quello delle altre emergenze sorgentizie, ma tutti sulla linea isotopica dell'acqua piovana (non indicata in figura 2).

Le acque di Los Molinos e del Peral condividono un costante $\delta^{18}\text{O}$ pari a -6,3‰, e valori prossimi di δD , in media di -34,6‰ e -36,4‰, rispettivamente più negativi per la risorgente, come risposta al mescolamento di più apporti.

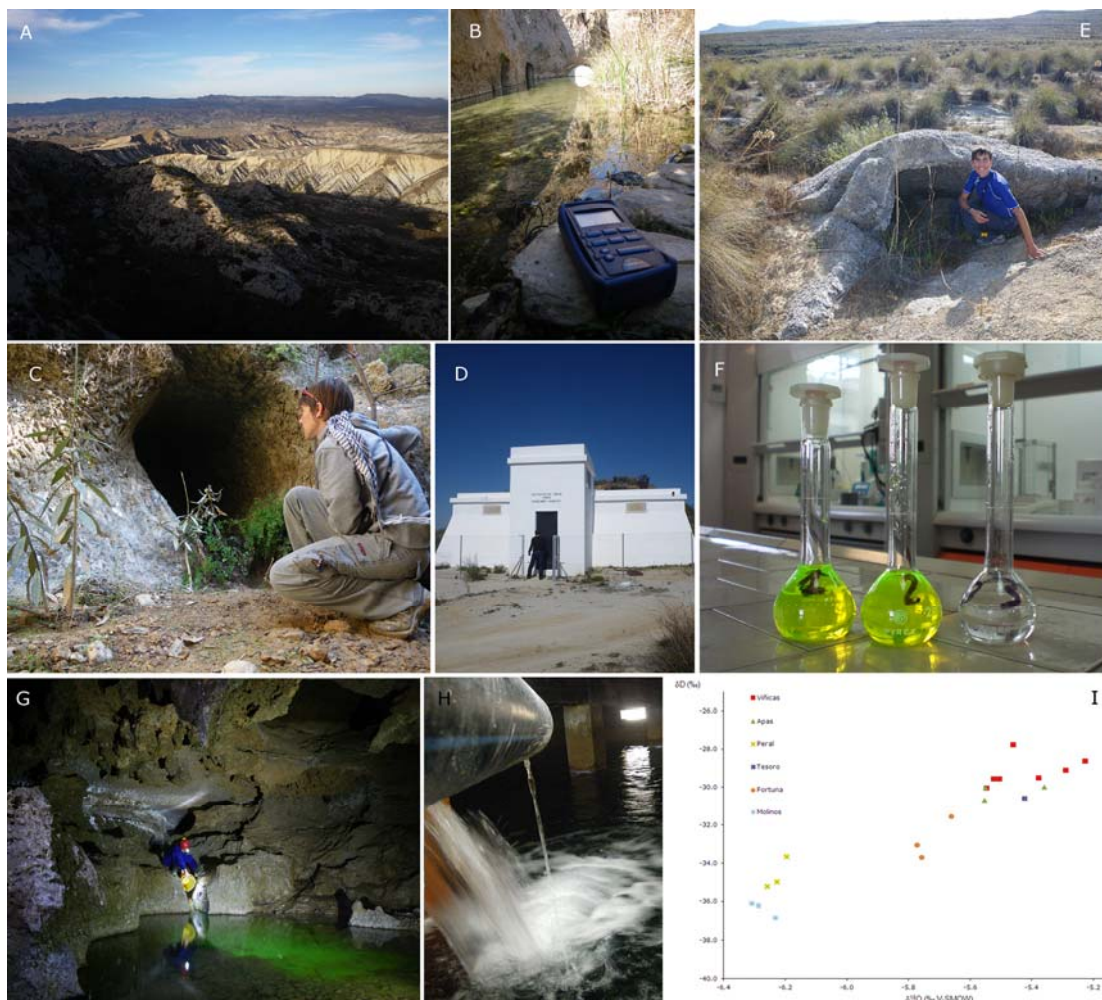


Figura 2. A: paesaggio desertico dell'altopiano di Sorbas; B: misure alla risorgente di Los Molinos; C: ingresso della sorgente carsica di La Fortuna; D: la vasca di carico dei pozzi Larache; E: tumulo, tipica forma epigea del carsismo nei gessi; F: le tre soluzioni sperimentali di fluoresceina; G: colorazione nella Grotta del Peral; H: pre-trattamento nel serbatoio dell'acquedotto di Sorbas; I: composizione isotopica delle acque sorgive di Sorbas (foto L. SANNA).

Figure 2. A: arid landscape of Sorbas plateau; B: water measurements at Los Molinos spring; C: entrance of La Fortuna karst spring; D: water storage of Larache wells; E: tumuli, typical epigean feature of gypsum karst; F: the three experimental fluorescein solutions; G: dye-test at the Peral Cave; H: pre-treatment at the drinking water plant of Sorbas; I: isotopic composition of Sorbas spring waters (photo L. SANNA).

Soluzione	Concentrazione iniziale (ppm)	Concentrazione teorica finale (ppm)	Assorbanza	Concentrazione riferita allo standard (ppm)	Assorbanza dopo 3 giorni
#1	20,090	0,1100	0,384	0,1263	0,434
#2	20,230	0,1075	0,373	0,1277	0,436
#3	20,168	0,1024	0,131	0,0431	0,000

Tabella 2. Dati sperimentali sulla degradazione di fluoresceina in presenza di differenti concentrazioni di ipoclorito.

Table 2. Experimental data fluorescein degradation in presence of different concentrations of hypochlorite.

I caratteri geochimici della sorgente di La Fortuna invece si discostano in entrambi gli isotopi stabili (^{18}O e ^2H) risultano intermedi tra quelli degli altri sistemi di drenaggio dell'area. Con queste evidenze si ipotizza un deflusso profondo delle acque sotterranee del Peral, indipendente dal drenaggio facente capo alla sorgente di La Fortuna che si dirige verso N seguendo gli strati gessosi inferiori e attraversando un sistema carsico sconosciuto, che probabilmente alimenta il collettore principale di Los Molinos.

Conclusioni

Il drenaggio sotterraneo del massiccio carsico di Sorbas è fortemente controllato da elementi geologici e strutturali, in primo luogo la struttura monoclinale inclinata verso N (che forza le acque sotterranee a fluire lungo l'immersione degli strati) e le fratture e le faglie come elementi secondari nel determinare la circolazione ipogea.

La parte occidentale del sistema idrogeologico è compartimentalizzata da due spartiacque orientati N-S, in una serie di piccoli bacini di ricarica che ricevono esclusivamente un contributo idrico diretto dalle rare precipitazioni e dalle piogge occulte. Uno di essi alimenta la sorgente di La Fortuna e quindi la Grotta del Yeso, per raggiungere con un piccolo immissario l'alveo del Rio Aguas, mentre quello pertinente alla Grotta del Peral raccoglie l'infiltrazione e le condensazioni della parte S dell'altopiano dirigendole verso le parti profonde dell'acquifero, senza corrispondenza tra l'idrografia superficiale e il drenaggio sotterraneo.

Nonostante l'indagine colorimetrica non abbia confermato la connessione diretta con nessuna delle emergenze sorgentizie e i dati idrochimici indichino un'eterogeneità con gli altri sistemi, è evidente un'evoluzione geochimica comune per le acque della sorgente di Los Molinos e quelle del torrente del Peral, per le quali si ipotizza una circolazione profonda, mentre il mancato recapito può essere attribuito agli eventi alluvionali intercorsi durante il monitoraggio.

Da questa esperienza inoltre emergono alcune problematiche relative ai tracciamenti delle acque sotterranee condotte in aree urbanizzate (degradazione della fluoresceina ad opera dei prodotti potabilizzanti) che dovrebbero essere prese in considerazione nella pianificazione di un'indagine idrogeologica con l'impiego di fluoresceina.

Ringraziamenti

Un sentito ringraziamento va a CARMEN GUIRADO, compagna di esplorazioni e ricerche dentro e fuori l'altopiano di Sorbas, insieme a IRENE GALLEGO e JAVIER MARTINEZ. Non dimentico l'importante contributo di LUANA SANNA che ha condotto le analisi di laboratorio e inoltre le preziose informazioni fornitemi dai membri del Espeleo Club Almeria.

Bibliografia

- BADINO G., 2004. *Clouds in Caves. Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers*, **2**, 1-8.
- CALAFORRA J.M., SANNA L., GUIRADO C., CASTELLANO A., 2011. *Estudio hidroespeleológico del sector Majadas Viejas del karst en yeso de Sorbas*. Relazione tecnica inedita per la Knauf Company, Almeria (Spagna), 66 pp.
- PULIDO-BOSCH A., 1986. *Le karst dans les gypses de Sorbas (Almeria). Aspects morphologiques et hydrogéologiques*. In: *Karst et cavités d'Andalousie, Cordillères Bétiques centrales et occidentales*. Karstologia Mémoires, **1**, 27-35.
- ROVERI M., GENNARI R., LUGLI S., MANZI V., 2009. *The Terminal Carbonate Complex: the record of sea-level changes during Messinian salinity crisis*. GeoActa, **8**, 63-70.
- SANNA L., 2011. *A hydro-speleological approach to the study of mining impact on the gypsum karst of Sorbas (SE Spain)*. Tesi di Master, Dipartimento di Idrogeologia e Chimica Analitica, Università di Almeria (Spagna), 51 pp.
- SANNA L., GAZQUEZ F., CALAFORRA J.M., 2012. *A geomorphological and speleological approach in the study of hydrogeology of gypsum karst of Sorbas (SE Spain)*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, **35**, 153-166.
- SANNA L., DE WAELE J., CALAFORRA J.M., FORTI P., 2014. *Long-term erosion rate measurements in gypsum caves of Sorbas (SE Spain) by the Micro-Erosion Meter method*. Geomorphology, **228**, 213-225.

STUDI SPELEOGENETICI E PALEOCLIMATICI SU STALAGMITI DEL SISTEMA CARSIKO DEI PIANI ETERNI, PARCO NAZIONALE DOLOMITI BELLUNESI, ITALIA

FRANCESCO SAURO^{1,2}, JOYCE LUNDBERG³, ANDREA COLUMBU⁴, JO DE WAELE²

¹*Gruppo Speleologico Padovano CAI, Progetto Piani Eterni*

²*Dip. Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Bologna, Istituto Italiano di Speleologia, Via Zamboni 67, 40126 Bologna (Italia); e-mail: cescosauro@gmail.com; jo.dewaele@unibo.it*

³*Dep. Geography and Environ. Studies, Carleton Univ., Ottawa, Ontario, Canada, K1S 5B6; joyce.lundberg@carleton.ca*

⁴*Dep. Resource Management and Geography, University of Melbourne, VIC, 3010, Australia; acolumbu@student.unimelb.edu.au*

Riassunto

Nel 2013 ha avuto inizio una fruttuosa collaborazione tra il Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali dell'Università di Bologna, l'Ente Parco Nazionale Dolomiti Bellunesi, la Commissione Centrale per la Speleologia CAI, e la Federazione Speleologica Veneta per la datazione e lo studio paleoclimatico degli speleotemi del Sistema Carsico dei Piani Eterni. A tutt'oggi, sono state campionate diverse stalagmiti provenienti da condotti relativi a diversi livelli paleo-epifreatici. La presenza di abbondante uranio nell'Unità Bituminosa che caratterizza buona parte del sistema ha permesso di datare le concrezioni con ottima precisione fino a oltre i 500.000 anni.

I due campioni più interessanti sono IS1 (crescita da 390.000 a 345.000 anni) e MN1 (crescita da 105.000 a 85.000 anni). Entrambi gli speleotemi provengono da condotte paleo-epifreatiche, a quote diverse (rispettivamente a 1340 e 860 m s.l.m.) e hanno registrato numerose fasi di allagamento dei condotti con sedimentazione di argille e sabbie, probabilmente legate al periodo di raffreddamento e aumento dell'instabilità climatica post-interglaciale (rispettivamente del MIS11 e MIS5). Tali speleotemi hanno registrato le ultime fasi di allagamento epifreatico di tali gallerie e, attraverso comparazioni di quota con morfologie esterne quali terrazzi fluviali e depositi glaciali, potrebbero fornire un'idea temporale dell'evoluzione del sistema, sollevamento regionale, incisione e conseguente abbassamento della tavola d'acqua nell'adiacente Val del Mis.

Altri speleotemi in livelli superiori del sistema sono stati datati e risultano essere più antichi (oltre 520.000 anni), mentre alcuni speleotemi del livello paleo-freatico più elevato (Grotta Isabella) sono in corso di studio. Sono previste inoltre analisi isotopiche degli speleotemi per ricostruzioni paleoclimatiche di specifici intervalli del Quaternario nelle Dolomiti. Lo studio degli speleotemi e della loro relazione con la formazione dei condotti e le oscillazioni epifreatiche, a diverse quote e in diversi periodi temporali, potrebbe fornire nuovi interessanti spunti sull'evoluzione di sistemi carsici multi-livello come quello dei Piani Eterni.

Parole chiave: Dolomiti, speleotemi, datazioni, sistemi multi-livello, piene

Abstract

SPELEOGENETIC AND PALAEOCLIMATIC STUDIES ON STALAGMITES OF THE PIANI ETERNI KARST COMPLEX (DOLOMITI BELLUNESI, NE ITALY) - A project of dating speleothems from the Piani Eterni Karst Complex started in 2013 thanks to a collaboration between the University of Bologna (Dept. Biological, Geological and Environ. Sciences), the National Park of the Dolomiti Bellunesi, the Central Commission for Speleology CAI, and the Venetian Speleological Federation. To date, several stalagmites were sampled from different paleo-epiphreatic levels in the karst system. The relatively high concentration of uranium in the Bituminous Unit has allowed to date with high precision up to over 500.000 year old stalagmites.

The two most interesting samples are IS1 (growing from 390.000 to 345.000 years ago) and MN1 (growing from 105.000 to 85.000 years ago). Both speleothems were collected from paleo-epiphreatic conduits at different altitudes (respectively, at 1340 and 860 m a.s.l.), registering different flooding events with sedimentation of silts and sands. These events happened when the conduits were still very close to the epiphreatic zone, probably related to cool and unstable periods following the interglacial apexes (respectively MIS11 and MIS5). Indeed, those speleothems formed during the last epiphreatic flooding of the conduits. An altitude comparison with fluvial terraces and glacial deposits could shed light on the temporal evolution of the

karst system, the regional uplift, the entrenchment of the nearby Mis Valley and the consequent water table deepening.

Other speleothems coming from higher paleo-epiphreatic levels are even older (up to 520.000 years) as expected, while some speleothems from the highest level of the system (Grotta Isabella) are currently under study. Furthermore, stable isotopic studies (oxygen and carbon) for palaeoclimatic research are planned on the collected samples in order to reconstruct the evolution of the climate in the Dolomites during specific intervals of the Quaternary. The study of speleothems and of their growth in relation with the formation of the hosting conduits and epiphreatic oscillations could reveal new insights on the evolution of multilevel karst systems like that of Piani Eterni.

Key words: Dolomites, speleothems, dating, multilevel karst system, floods

Introduzione

Esistono ormai diversi studi che hanno come oggetto speleotemi di grotta per la ricostruzione paleoclimatica nelle Alpi. Molti dei lavori pubblicati riguardano speleotemi campionati in grotte dell'Austria (SPÖTL et al., 2002, 2006; MEYER et al., 2009), Germania (NIGGEMAN et al., 2003) e Svizzera (LUETSCHER et al., 2011), ma solo pochi dall'Italia (FRISIA et al., 2000, 2005; HUANG et al., 2001).

In seguito ad una prima datazione U-Th effettuata presso la Carleton University nel 2012, gli speleotemi provenienti dal sistema carsico dei Piani Eterni si sono rivelati adatti per ricostruzioni paleoclimatiche, grazie soprattutto all'alto contenuto di uranio (oltre 2 µg/g di ²³⁸U) che permette di ottenere datazioni precise fino a oltre 500.000 anni. Inoltre la struttura del sistema in una sequenza di livelli paleo-freatici che hanno registrato l'abbassamento del livello relativo di base nel tempo (SAURO et al., 2013), permette una correlazione tra sviluppo degli speleotemi e speleogenesi, offrendo nuove prospettive nello studio dei sistemi carsici multilivello.

Grazie a una convenzione stipulata tra l'Università di Bologna e il Parco Nazionale Dolomiti Bellunesi, con il sostegno della Commissione Centrale per la Speleologia CAI, nel gennaio 2013 ha avuto inizio un progetto triennale di monitoraggio, campionamento e studio degli speleotemi nel sistema dei Piani Eterni, orientato sia a ottenere un record paleoclimatico dell'area nel Quaternario, sia a comprendere le condizioni in cui si sono verificate le diverse fasi di concrezionamento in relazione allo sviluppo del sistema stesso. Tale studio è tuttora in corso d'opera e in quest' articolo vengono presentati i risultati dei primi due anni di lavoro.

Inquadramento geologico

Il Sistema Carsico dei Piani Eterni è attualmente la più vasta e profonda cavità carsica esplorata nel territorio delle Dolomiti (Fig. 1: SALOGNI & SAURO, 2013). La conca dei Piani Eterni si trova nel vasto altopiano di Erera-Brendol, grossomodo al centro della catena delle Dolomiti Bellunesi. Dopo oltre vent'anni di esplorazioni speleologiche, condotte dai gruppi speleologici di Valdobbiadene, Feltre, Padova e Belluno, sono stati rilevati oltre 36 km di condotti solo nel Complesso PE10-V35-Isabella, ma considerando anche tutte le cavità rilevate e catastate, speleologicamente non connesse al complesso principale ma certamente facenti capo allo stesso sistema, i rilievi topografici hanno ormai superato i 45 km di sviluppo. È evidente che il sistema carsico, a questo livello di conoscenza, rappresenta una finestra eccezionale sul carsismo e in generale sulla geologia delle Dolomiti, oltre ad essere la più profonda e più lunga cavità conosciuta nella Regione Veneto, il più importante sistema carsico presente in un parco nazionale italiano, e una delle maggiori grotte d'Europa all'interno in un'area Patrimonio dell'Umanità UNESCO.

Il sistema è costituito da varie cavità connesse: alcuni abissi che si aprono in prossimità di una conca glacio-carsica sull'altopiano sommitale del massiccio (PE10, V35, PE25, PE130, PE3) e una cavità di origine freatica relitta, Grotta Isabella, ungo il versante orientale dell'altopiano (AA.VV., 2007). A queste si aggiungono due importanti cavità recentemente scoperte nella Piana di Cimia, l'Abisso Bluette e O6, entrambe non ancora collegate al sistema principale, ma sicuramente facenti parte dello stesso reticolo di condotte di Grotta Isabella.

Dal punto di vista stratigrafico l'area si trova al bordo occidentale del Bacino Bellunese. La successione, in buona parte dolomitizzata, va dalla Dolomia Principale alla base del massiccio, alla sequenza del Gruppo dei Calcari Grigi, fino alla Maiolica e alla Scaglia Rossa del Cretaceo, che però non interessano direttamente il sistema ma solo alcune aree sovrastanti. Nella sequenza stratigrafica si evidenzia per importanza nella speleogenesi un'unità non riconosciuta, detta informalmente Unità Bituminosa (RIVA et al., 2008, D'ALBERTO, 2008), che si trova tra il limite superiore della Dolomia Principale e la Formazione di Monte Zugna (Calcari

Grigi).

Dal punto di vista dell'assetto tettonico l'altopiano di Erera-Brendol-Piani Eterni si situa grossomodo al centro di un corridoio delimitato da due sovrascorrimenti sud-vergenti d'importanza regionale: la Linea della

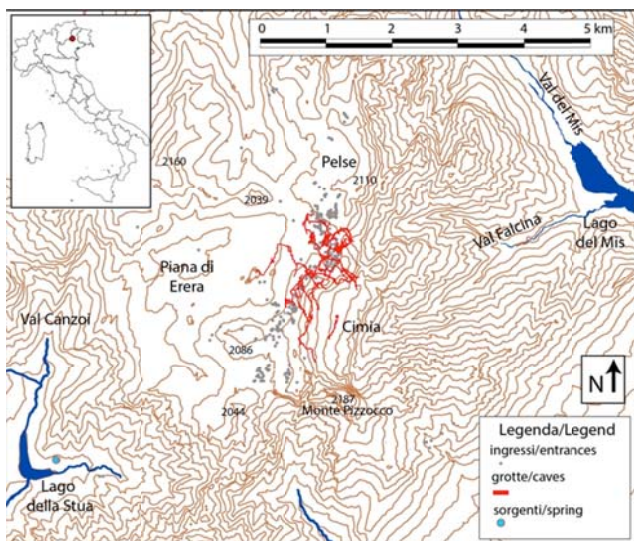


Figura 1. Localizzazione geografica del sistema carsico, nel Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi.

Figure 1. Geographic location of the karst system in the Dolomiti Bellunesi National Park.

Valsugana a N e la Linea di Belluno a S, entrambe caratterizzate da un andamento ESE-WNW (D'AMBROGI & DOGLIONI, 2008). La grotta si sviluppa all'interno di un corridoio transpressivo, caratterizzato da una complessa morfostruttura a blande pieghe sinclinali, delimitato da due faghi trascorrenti, la Linea delle Scoregade e la Linea della Val Brenton (SAURO et al., 2013). SAURO et al. (2013) hanno dimostrato tramite analisi 3D dei condotti e delle strutture tettoniche che la speleogenesi è stata controllata principalmente dall'intersezione della tavola d'acqua con superfici di *inception* (termine traducibile in "innesco" o "inizio") di tipo tettonico e stratigrafico. In particolare l'intersezione tra l'Unità Bituminosa lungo l'asse della piega di Cimia e susseguenti livelli di stazionamento del livello di base hanno portato alla formazione di estesi livelli epifreatici a quote ben definite. Tali livelli si possono suddividere nei seguenti gruppi principali (Fig. 2, aggiornato da SAURO et al., 2013):

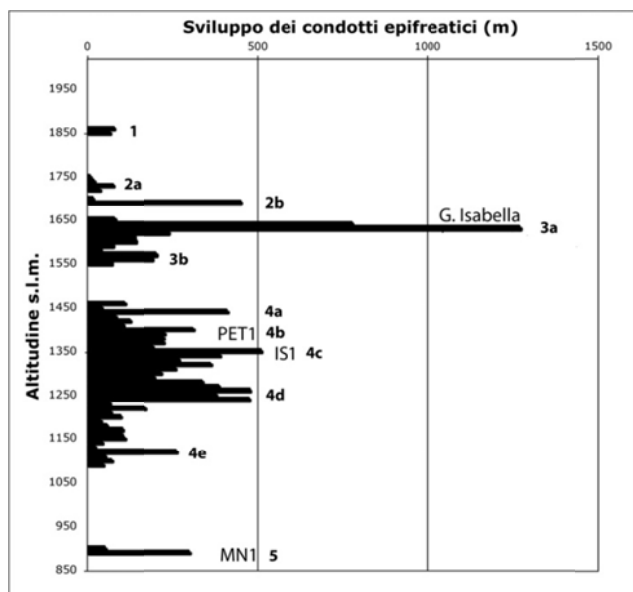


Figura 2. Posizione dei campioni descritti in relazione ai paleo-livelli epifreatici. Ogni livello potrebbe corrispondere a una fase speleogenetica relativa a uno specifico periodo di stazionamento del livello di base.

Figure 2. Position of the studied samples and the paleo-epiphreatic levels. Each level might correspond to a well-defined speleogenetic phase in turn related to the incision of the nearby valleys.

- le piccole condotte paleo-freatiche di -40 (1840 m s.l.m.), connesse allo sviluppo del reticolo di drenaggio epidermico della conca glacio-carsica della Dolina Bianca (1);
- il livello di condotte che va da -170 a -200 (1710-1680 m s.l.m.), a sua volta suddivisibile in due picchi minori a trenta metri di dislivello tra di loro (2a, 2b), legato alla presenza di livelli argillosi;
- il livello paleo-epifreatico corrispondente alle gallerie di Grotta Isabella, O6 e Bluettes, posto a quota 1640 m s.l.m. (3a). Si tratta di grandi gallerie di origine epifreatica, con anche oltre 10 metri di diametro, probabilmente frammentate da attività tettonica quaternaria. Esiste anche un picco secondario posto a quota 1560 m s.l.m. caratterizzato da condotte di dimensioni minori (3b).

- il reticolo paleo-epifreatico profondo, da -450 a -800 (1430-1080 m s.l.m.). Tale reticolo si sviluppa lungo l'unità bituminosa inclinata verso NE sul fianco della Piegia di Cimia, ed è costituito da concentrazioni di condotti paleo-epifreatici pressoché orizzontali (perpendicolari all'immersione della stratificazione (picchi: 4a, 1430 m s.l.m.; 4b, 1380 m s.l.m.; 4c, 1340 m s.l.m.; 4d 1240 m s.l.m.; 4e, 1110 m s.l.m.) connessi verticalmente da condotti impostati lungo la direzione d'immersione detti "soutirages" (GABROVŠEK et al., 2014.);
- le gallerie paleo-epifreatiche di -1000 scoperte solo nel 2014, di grandi dimensioni, poste a quota 880 m s.l.m. (livello 5).

Speleotemi ben sviluppati sono presenti quasi esclusivamente nelle condotte paleo-epifreatiche e raramente risultano attivi. I livelli più ricchi di concrezionamento sono 2a, 3b, 3c, 3d e 5. In alcuni casi gli speleotemi raggiungono dimensioni ragguardevoli per una grotta alpina, con colonne che superano i due metri di altezza (come nella zona del Teatro sul livello 3b; Fig. 3).



Figura 3. Stalagmiti e piccole colonne nella Sala del Teatro nel livello 3b (A) e nelle condotte del Tesoretto nel livello 3c (B).

Figure 3. Stalagmites and small columns in the Theatre Room in level 3b (A) and in the passages of the Small Treasure in level 3c (B).

Metodologie

Datazioni U-Th

A tutt'oggi sono in corso di studio 5 stalagmiti complete (MEN1, IS1, ISA1, ISA2 e ISA3) e alcuni piccoli frammenti della sommità e base di altre stalagmiti per verificarne la databilità (PET1, PET1r, ISA4). Le stalagmiti provengono da condotte paleo-epifreatiche che non hanno subito successivo approfondimento vadoso, cercando di avere almeno un campione rappresentativo per ogni livelli paleo-epifreatico. Sui campioni MEN1, IS1 e PET1 nel corso del 2013 sono state realizzate datazioni U-Th (in totale 10) presso il Geochronology Lab della Carleton University (Canada). Gli altri campioni sono attualmente nei laboratori dell'Università di Melbourne e attendono di essere datati.

Per le datazioni 0.1 g per campione sono stati prelevati da lamine visibilmente pulite. Il campione è stato polverizzato e mescolato con uno spike ^{233}U - ^{236}U - ^{229}Th e quindi disciolto in acido fluoridrico e acido nitrico. Successivamente sono state utilizzate delle colonne a cromatografia ionica (Dowex AG1-X 200-400 mesh), che permettono, attraverso una serie di lavaggi, di separare l'uranio e il torio. Per l'analisi dei rapporti isotopici è stato utilizzato uno spettrometro di massa TIMS "Selena".

Petrografia

Il riconoscimento delle caratteristiche tessiturali è stato effettuato in microscopia ottica su sezioni sottili, ricavate lungo l'asse della stalagmite. Le sezioni sono state analizzate tramite microscopio Zeiss Axioplan dotato di telecamera digitale Deltapix DP200. Per il riconoscimento delle tessiture ci si è basato sui lavori di FRISIA et al. (2000) e FAIRCHILD et al. (2007).

Risultati

Dalle quote minori alle maggiori i risultati sono i seguenti:

- MEN1, stalagmite di circa 63 cm di lunghezza prelevata dal livello 5 a 1000 metri di profondità (880 m s.l.m.). Il campione si trovava al centro di un condotto di origine paleo-epifreatica impostato lungo una faglia inclinata.

I sedimenti di argilla indurita che ricoprono le pareti, pavimento e tutti gli speleotemi presenti in tale galleria, sono legati probabilmente alle ultime fasi di allagamento di tale livello, certamente nell'ordine di migliaia di anni fa, dato che il livello di base del sistema attuale si trova tuttora circa 200 metri più in basso a livello della sorgente del Caoron in Val del Mis (SAURO et al., 2013). MN1 si presenta ricoperto di tale strato di argilla calcificata e numerosi altri livelli di sedimenti sono ben visibili nelle bande di crescita, segno di frequenti allagamenti del condotto nel periodo di concrezionamento. Quattro datazioni ottenute con il TIMS lungo l'asse dello speleotema hanno fornito un periodo di crescita da 106 ka a 82 ka, con un tasso di accrescimento di 0,0025 mm/anno.

- IS1, stalagmite di 18,9 cm di lunghezza prelevata dal livello 4c, a 1340 m s.l.m. Anche in questo caso la stalagmite si trovava in un condotto paleo-epifreatico, cresciuta su un deposito di sabbie e ricoperta in superficie da uno strato argilloso indurito. La concrezione si trovava in un gruppo di stalagmiti di dimensioni maggiori, ma ugualmente ricoperte da sedimenti induriti. La peculiarità di tale speleotema consiste nella presenza di 9 livelli di argille e sabbia, inglobati durante la crescita, più facilmente riconoscibili e definiti rispetto ai livelli detritici di MEN1 (Fig. 4). Tali livelli corrispondono molto probabilmente a fenomeni di piena che hanno allagato temporaneamente le gallerie, depositando tali sedimenti sulle concrezioni. Tali eventi potrebbero avere un ben definito significato paleoclimatico sul quale si stanno concentrando gli studi attuali. Sul campione sono state realizzate 10 datazioni U-Th lungo l'asse della stalagmite, appena al di sopra e al di sotto dei livelli di sedimenti. I tempi di formazione vanno da circa 380 ka a circa 340 ka. I livelli detritici hanno una marcata influenza sull'equilibrio isotopico. Infatti le datazioni realizzate al di sotto dei livelli di sedimenti (hiatus), risultano alterate probabilmente dalle acque di piena e pertanto forniscono sistematicamente datazioni "ringiovanite" con uno sfasamento di circa - 3/5 ka, rispetto alla data che ci si aspetterebbe seguendo la linea di crescita fornita dalle altre datazioni (Fig. 5). La velocità di crescita media è anche in questo caso molto lenta, intorno a 0,009 mm/anno.



Figura 4. Sezione sottile (nicols incrociati) di parte della stalagmite IS1. Si vedono molto bene gli strati di sedimenti terrigeni (argille, marroni) che spezzano la continuità del concrezionamento composto da calcite (cristalli allungati).

Figure 4. Thin section (crossed nicols) of part of stalagmite IS1. The terrigenous levels of sediments that interrupt the continuous calcite layering are clearly visible (clays, brownish).

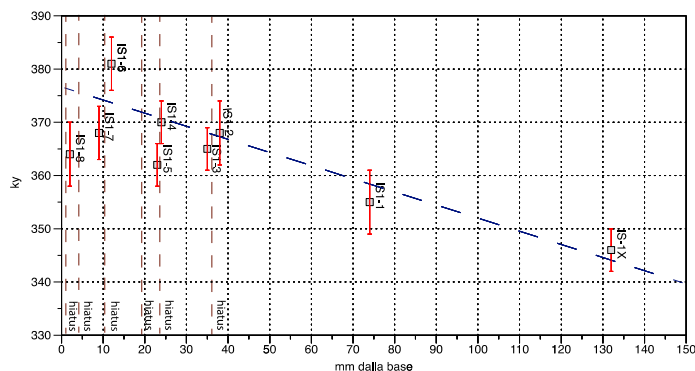


Figura 5. Grafico che mostra le datazioni U-Th per la stalagmite IS1, con date più giovani poco prima dei hiatus.

Figure 5. Graph showing the U-Th dates of stalagmite IS1, with the younger ages always immediately below the hiatuses

- PET1, grande stalagmite crollata di una lunghezza di circa 190 cm, situata nel livello paleo-epifreatico 4b a 1380 m s.l.m. Di tale speleotema è stato datato esclusivamente il top e la base, e la fase di ricrescita sulla base in seguito al crollo. Si tratta di uno speleotema molto antico, la cui crescita è cominciata circa a 517 +/- 20 ka e si è interrotta circa 491 +/- 20 ka. Il crollo è stato probabilmente causato da un evento sismico o da neotettonica: infatti, se riportata in posizione eretta al di sopra del punto di rottura avrebbe un'altezza maggiore della volta soprastante. Una successiva ricrescita sulla base spezzata (PET1r) ha fornito una data di 198 ka, pertanto l'evento neotettonico potrebbe essere avvenuto in un periodo tra 491 e 198 ka.

- ISA1, ISA2 e IS3. Si tratta di tre stalagmiti dall'aspetto corroso e polveroso campionate nel livello paleo-epifreatico di Grotta Isabella (livello 3a). Le datazioni sono in corso, è tuttavia molto probabile che tali speleotemi siano più antichi di quelli presenti nel livello sottostante 4b (come PET1) e pertanto oltre il range di databilità U-Th.

Discussione e conclusioni

Gli speleotemi studiati fino ad ora presentano alcune caratteristiche comuni, sia riguardo la presenza di orizzonti detritici, sia riguardo i periodi di crescita. MN1 e IS1 sono entrambi cresciuti in gallerie-epifreatiche che rappresentavano nelle rispettive epoche il livello di base, direttamente connesso alle varie fasi di approfondimento della Valle del Mis. La presenza negli speleotemi di orizzonti detritici legati a frequenti allagamenti di tali condotti indicano che le stalagmiti erano in fase di crescita quando il livello di base era ancora nelle prossimità. Nei due casi MN1 e IS1 le fasi di concrezionamento pertanto potrebbero essere direttamente successive alla formazione delle condotte stesse, fornendo un'indicazione di estremo interesse per quanto riguarda l'evoluzione speleogenetica del sistema. Inoltre tutte le fasi di concrezionamento riscontrate sono legate a periodi di deterioramento climatico post-interglaciale. Si tratta probabilmente di fasi ancora calde ma con elevata piovosità. Tuttavia solo lo studio approfondito degli isotopi stabili potrà fornire maggiori indicazioni a riguardo.

Bibliografia

- AA.VV., 2007. *PE10, Piani Eterni*. Speleologia Veneta, **15**, 35-50.
- D'ALBERTO L., 2008. *Hettangian ammonite from the Trento Platform – Belluno Basin edge (Sottogruppo Pizzocco Brendol, Eastern Southern Alps)*. Rend. online Soc. Geol. It., **4**, 33-36.
- D'AMBROGI C., DOGLIONI C., 2008. *Struttura delle Vette Feltrine*. Rend. online Soc. Geol. It., **4**, 37-40.
- FAIRCHILD I.J., FRISIA S., BORSATO A. & TOOTH A.F., 2007. *Speleothems*. In: NASH D.J., MCLAREN S.J. (Eds.), *Geochemical Sediments and Landscapes*. Blackwell, Oxford, pp. 200-245.
- FRISIA S., BORSATO A., FAIRCHILD I.J., MCDERMOTT F., 2000. *Calcite Fabrics, Growth Mechanisms, and Environments of Formation in Speleothems from the Italian Alps and Southwestern Ireland*. Journal of Sedimentary Research, **70** (5), 1183-1196.
- FRISIA S., BORSATO A., SPÖTL C., VILLA I.M., CUCCHI F. 2005. *Climate variability in the SE Alps of Italy over the past 17000 years reconstructed from a stalagmite record*. Boreas, **34** (4), 445-455.
- GABROVŠEK F., HÄUSELMANN PH., AUDRA PH., 2014. *'Looping caves' versus 'water table caves': The role of base-level changes and recharge variations in cave development*. Geomorphology, **204** (1), 683-691.
- HUANG Y., FAIRCHILD I.J., BORSATO A., FRISIA S., CASSIDY N.J., MCDERMOTT F., HAWKESWORTH C.J., 2001. *Seasonal variations in Sr, Mg and P in modern speleothems (Grotta di Ernesto, Italy)*. Chemical Geology, **175** (3-4), 429-448.
- LUETSCHER M., HOFFMANN D.L., FRISIA S., SPÖTL C., 2011. *Holocene glacier history from alpine speleothems, Milchbach cave, Switzerland*. Earth and Planetary Science Letters, **302** (1-2), 95-106.
- MCDERMOTT F., FRISIA S., YIMING H., LONGINELLI A., SPIRO B., HEATON T. H. E., HAWKESWORTH C. J., BORSATO A., KEPPENS E., FAIRCHILD I. J., VAN DER BORG K., VERHEYDEN S., SELMO E. 1999. *Holocene climate variability in Europe: evidence from $d^{18}O$, textural and extension-rate variations in three speleothems*. Quat. Sci. Rev., **18**, 1021-1038.
- MEYER M.C., CLIFF R.A., SPÖTL C., KNIPPING M., MANGINI A., 2009. *Chronology and paleoenvironment of Marine Isotope Stage 3 from two high-elevation speleothems, Austrian Alps*. Quat. Sci. Rev., **28** (15-16), 1374-1391.
- NIGGEMANN S., MANGINI A., RICHTER D.K., WURTH G., 2003. *A paleoclimate record of the last 17,600 years in stalagmites from the B7 cave, Sauerland, Germany*. Quat. Sci. Rev., **22** (5-7), 555-567.
- RIVA A., PERISSINOTTO M., D'ALBERTO L., ZOPPELLO C., 2008. *Geology of the Piani Eterni Karst Complex*. Rend. online Soc. Geol. It., **4**, 71-74.
- SALOGNI M., SAURO F., 2013. *PIANI ETERNI*. Speleologia, **68**, 16-21.
- SAURO F., ZAMPIERI D., FILIPPONI M., 2013. *Development of a deep karst system within a transpressional structure of the Dolomites in north-east Italy*. Geomorphology, **184**, 51-63.
- SPÖTL C., MANGINI A., RICHARDS D.A., 2006. *Chronology and paleoenvironment of Marine Isotope Stage 3 from two high-elevation speleothems, Austrian Alps*. Quat. Sci. Rev., **25** (9-10), 1127-1136.
- SPÖTL C., MANGINI A., FRANK N., EICHSTÄDTER R., BURNS S.J., 2002. *Start of the last interglacial period at 135 ka: evidence from a high Alpine speleothem*. Geology, **30** (9), 815-818.

RICERCHE IDROLOGICHE SULLE ACQUE CARSICHE DEI PIANI DI MONTE LAGO

SANDRO GALDENZI¹

¹ Viale Verdi 10, Jesi; galdenzi.sandro@tiscali.it

Riassunto

Lo studio geologico ed il monitoraggio idrochimico effettuato nell'area di emergenza delle acque assorbite tramite inghiottitoi nel piano carsico di Monte Lago ha portato nuovi elementi sulle modalità di deflusso delle acque. Si evidenzia il comportamento decisamente differente della sorgente San Giovanni, utilizzata per scopo idropotabile con parametri chimico-fisici estremamente stabili, rispetto all'emergenza carsica ubicata nelle immediate vicinanze e soggetta a fortissime variazioni stagionali dei parametri fisico-chimici e della portata. I dati acquisiti evidenziano la possibilità di drenaggi estremamente rapidi attraverso condotti carsici. Il diverso comportamento delle sorgente San Giovanni viene attribuito all'esistenza di una barriera di permeabilità di origine tettonico/stratigrafica, che smorza gli input rapidi di acque superficiali attraverso la rete drenante carsica.

Parole chiave: idrologia, carsismo, inghiottitoio, piano carsico, Monte Lago, Appennino centrale

Abstract

HYDROLOGIC RESEARCHES ON THE KARST WATERS OF THE MONTE LAGO POLJE (CENTRAL APENNINES) - *The geologic survey and hydrologic monitoring in the area of the Monte Lago polje provided new important data that highlight the condition of groundwater drainage. The main spring (San Giovanni), exploited as an aqueduct, has very stable chemo-physical parameters, and the variable arrival of water from the Monte Lago ponor does not influence significantly the spring hydrograms. A temporary resurgence located some tens of meters upstream in the same valley reacts very fast to the infiltration of water in the ponor, evidencing the existence of a fast karst drainage. The different behaviour of the two springs has been explained by the existence of a tectono-stratigraphic permeability barrier that divides the hydrogeological circuits, smoothing the fast inputs of infiltrating water.*

Key words: karst, hydrology, ponor, polje, Monte Lago, Central Apennines

Introduzione

I "Piani" sono le più importanti forme di carsismo superficiale presenti nell'Appennino Umbro Marchigiano; si tratta di depressioni di origine tettonica evolute in polje in un passato contesto morfoclimatico. I Piani di Monte Lago sono la più piccola delle tre simili strutture all'interno della dorsale, e l'unica interamente compresa nel territorio delle Marche. I Piani di Monte Lago sono stati studiati nell'ambito dei progetti di ricerca dei gruppi speleologici della Provincia di Macerata sul carsismo ipogeo dell'area, finanziati dalla Regione Marche con la L.R. 12/2000. Le ricerche comprendevano tra gli obiettivi l'analisi dei rapporti tra l'inghiottitoio e la sorgente San Giovanni, da tempo individuata come principale emergenza per le acque carsiche ed utilizzata per scopi idropotabili.

Il lavoro ha utilizzato differenti metodologie: è stato eseguito un dettagliato rilevamento geologico per definire l'assetto tettonico e stratigrafico dell'area dei Piani e delle vicine sorgenti; sono state analizzate struttura morfologica e funzioni idrologiche delle grotte conosciute; sono state monitorate per un anno nel periodo 2006/07 le acque superficiali che si immettono nell'inghiottitoio e le sorgenti ritenute più interessanti con strumenti ad acquisizione automatica di dati su livello idrico, temperatura e conducibilità. In base alle risultanze di queste misure, nel 2010 è stato ripetuto il monitoraggio nell'inghiottitoio e nell'area della principale emergenza, estendendolo ad una limitrofa sorgente temporanea individuata durante i rilievi.

Le forme carsiche di superficie

I Piani di Monte Lago sono due piani chiusi, separati da un dosso calcareo, drenati tramite inghiottitoi (Fig. 1).

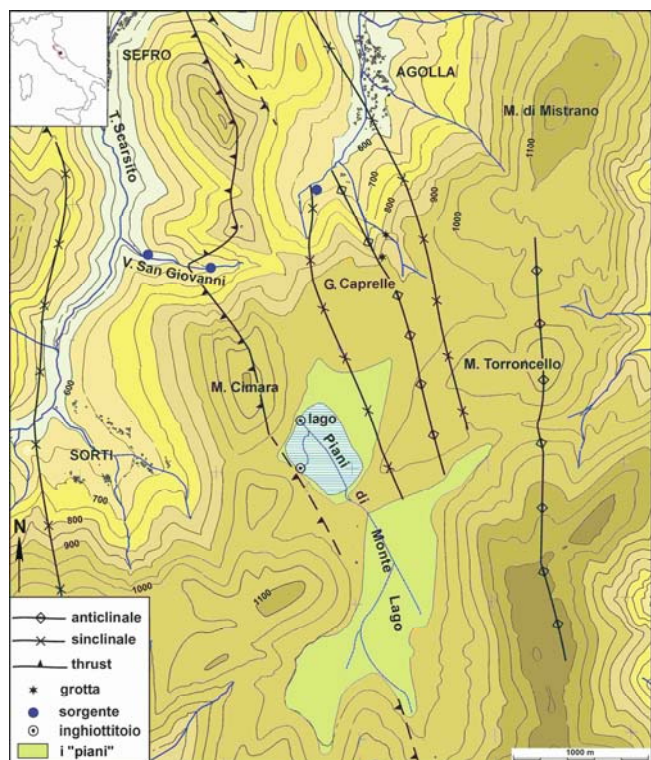


Figura 1. Planimetria dell'area.

Figure 1. Map of the area.

Il piano superiore, con quota minima di 918,2 m s.l.m., si estende per circa 1,1 km²; il piano inferiore, con quota minima di 891,0 m s.l.m., ha un'area di circa 0,6 km². Nel piano inferiore confluiscono attualmente anche le acque da quello superiore a seguito del taglio del costone divisorio ordinato da Giulio Cesare da Varano nel 1458, ed in esso si trovano gli inghiottitoi attualmente attivi.

Il deflusso delle acque che si raccolgono nei Piani avviene esclusivamente per via sotterranea; in seguito a periodi di piogge intense o allo scioglimento delle nevi nel piano inferiore si forma un lago temporaneo, con spessore d'acqua fino a ~2,5 m (Fig. 2). Gli inghiottitoi sono impostati negli strati verticali della Maiolica, calcare selcifero del Cretacico inferiore; per quanto visibile, l'acqua defluisce negli interstrati attraverso vie drenanti di piccole dimensioni. L'abbondante quantità di detrito fine tende ad ostruire le vie drenanti, che restano inesplorate nonostante scavi operati in passato per favorire la bonifica dell'area e tentativi di disostruzione operati dagli speleologi.



Figura 2. Il Piano inferiore con la palude e l'inghiottitoio (A) e con il lago temporaneo (B).

Figure 2. The lower Piano with the swamp and ponor (A) and the temporary lake (B).

Le vie di drenaggio sotterranee non sono conosciute nel dettaglio. La giacitura delle unità geologiche, le osservazioni idrologiche, le risultanze di esperienze eseguite con traccianti negli anni '70 (DRAMIS & DEIANA,

comunicazione personale) indicano che la principale emergenza è nella Valle San Giovanni, ubicata circa 1,5 km a NO, circa 300 m più in basso. La principale sorgente (sorgente San Giovanni) ha una portata abbastanza regolare, stabili caratteri chimico-fisici ed è utilizzata per scopi idropotabili (Fig. 3). Emergenze idriche più irregolari e discontinue sono nella parte superiore della stessa valle. La prova colorimetrica di DRAMIS & DEIANA ha evidenziato risposte positive anche in emergenze ubicate in strutture idrogeologiche limitrofe, a causa di scambi idraulici tra le strutture stesse. Ulteriori prove con traccianti eseguite da ACQUILANTI et al. (2013) confermano che la principale emergenza è ubicata in Valle San Giovanni, senza tuttavia precisare in dettaglio i punti di emergenza.

Il carsismo

L'area ha un tipico paesaggio fluvio-carsico, con scorrimento idrico permanente solo nelle profonde vallate incise nella dorsale montuosa calcarea. Il drenaggio superficiale sui versanti montuosi è invece scarso, seppure le tipiche forme carsiche di superficie siano poco comuni, a parte i Piani di Monte Lago. Quest'ultima struttura rappresenta un residuo delle antiche superfici d'erosione evolute nel Pliocene superiore e nel Pleistocene inferiore prima che l'approfondimento dell'idrografia generasse l'attuale paesaggio (AMBROSETTI et al., 1982). Ripidi versanti incidono le aree ai margini dei Piani in seguito all'erosione lineare operata dai fiumi nelle valli maggiori.

Il carsismo sotterraneo presenta un discreto sviluppo, e numerose grotte di breve estensione sono conosciute nell'area (GALDENZI et al., 2008). Nessuna di queste grotte mostra chiare evidenze di una relazione genetica diretta con l'inghiottitoio dei Piani di Monte Lago, e non sono inoltre conosciute grotte carsiche nella Valle San Giovanni.

Grotte verticali profonde fino a poche decine di metri, formate da successioni di brevi pozzi, si aprono sui dolci versanti alla sommità delle dorsali (Pozzo di Pian de' Morri, Buca di Sasso Freddo) o anche nei ripidi versanti alla testata delle valli, nel qual caso l'ingresso appare tagliato dall'erosione superficiale (Grotta di Caprelle). Queste grotte hanno una debole attività idrologica fortemente dipendente dall'andamento meteorologico. Brevi grotte-emergenza, attive e no, si trovano sia presso il livello di base locale (zona sorgente di Figareto), sia a quote più elevate, presso i margini dei Piani (Grotte di Sasso Forca). Un caso peculiare è il sistema delle grotte di Caprelle (GALDENZI, 1983, 2011), formato da una parte superiore (Grotta di Caprelle), verticale, che si immette in gallerie sub-orizzontali disposte a diverse altezze vicino ad un'emergenza attiva (Grotta Piccola di Caprelle).

La posizione di queste emergenze ubicate a quote elevate non è determinata da variazioni di permeabilità, ed è probabile che la loro evoluzione sia iniziata quando il livello di base si trovava più in alto, prima che l'approfondimento dell'idrografia originasse le attuali vallate.

Assetto idrogeologico

L'area dei Piani si sviluppa nella dorsale marchigiana interna, in una struttura anticlinale formata da rocce carbonatiche e sovrascorsa verso E sui terreni miocenici (CALAMITA & PIERANTONI, 1993). Nel dettaglio si distinguono due anticlinali ed un zona sinforme interposta (Fig. 1). L'anticlinale esterna sovrascorre i terreni miocenici, mentre quella più interna sovrascorre con rigetti inferiori i terreni carbonatici della sinclinale interna. Quest'ultima struttura ha una geometria complessa ed è formata da un insieme di pieghe minori, che costituiscono la depressione morfologica su cui si impostano i Piani.

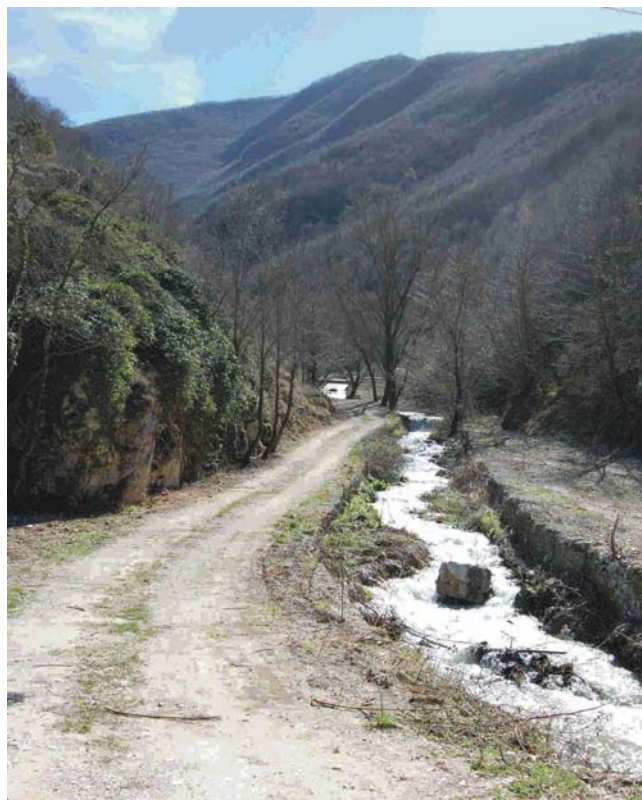


Figura 3. Il ruscello a valle della sorgente San Giovanni.

Figure 3. The runlet fed by the San Giovanni spring.

Le condizioni idrogeologiche nella struttura non differiscono da quelle tipiche dell'intera regione (NANNI & VIVALDA, 2005). Tre complessi idrogeologici formati da unità calcaree permeabili sono divisi da due acquiclude, intercalati nella successione calcarea continua dal Giurassico all'Eocene. Partendo dal basso, il primo complesso si sviluppa principalmente nella potente unità del Calcarea Massiccio, mentre i complessi superiori interessano le unità calcareo-selcifere della Maiolica e il gruppo della Scaglia. Tra i complessi di Maiolica e Calcarea Massiccio sono interposti spessori variabili di depositi giurassici, a permeabilità variabile, che localmente consentono la continuità idraulica tra i due acquiferi, mentre un'unità poco permeabile (Marne a Fucoidi) separa i due acquiferi superiori, originando numerose piccole sorgenti all'interno delle strutture montuose. Tutta la successione carbonatica marina è poi seguita dalle unità marnose e pelitico-arenacee oligoceniche e mioceniche, affioranti nelle aree collinari intorno alle dorsali montuose.

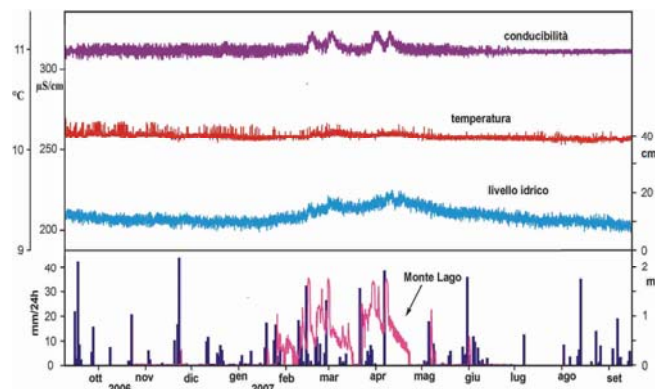


Figura 4. Correlazione degli idrogrammi della sorgente San Giovanni con precipitazioni e livelli idrici dei Piani di Monte Lago.

Figure 4. The hydrograms of San Giovanni spring related to precipitations and water level in the Monte Lago polje.



Figura 5. La risorgente temporanea in Valle San Giovanni.

Figure 5. The temporary resurgence in the San Giovanni Valley.

Le dislocazioni tettoniche permettono comunque contatti idraulici tra le diverse strutture idrogeologiche e rendono possibile la formazione di un acquifero di base che coinvolge l'intera struttura, dove un deflusso in direzione assiale è favorito dalle unità marnose sui fianchi delle pieghe. Le maggiori sorgenti sono nelle valli trasversali che tagliano le pieghe stesse, dove emergono le acque dell'acquifero di base. Emergenze minori legate a piccoli acquiferi sospesi, sorretti dai livelli marnosi, sono poi presenti nelle incisioni vallive minori o anche in zone di vetta.

Il monitoraggio

Il monitoraggio idrologico è stato svolto in due fasi: la prima fase, protrattasi da settembre 2006 a settembre 2007, ha coinvolto l'intera area dei Piani di Monte Lago ed ha riguardato i diversi tipi di emergenze presenti nell'area. Per esigenze logistiche e di sicurezza il logger del Piano di Monte Lago è stato fissato presso l'inghiottitoio in una posizione in cui non acquisiva dati relativi al flusso di magra, ma registrava gli aumenti di livello che si producono ogni qual volta l'afflusso di acque non viene smaltito dall'inghiottitoio.

La sorgente San Giovanni è la maggiore in tutta l'area ed in condizioni di magra garantisce prelievi fino a 40 L/s. Durante tutto il primo periodo di monitoraggio ha mantenuto una grande stabilità dei parametri fisico-chimici e la sua alimentazione è stata solo debolmente influenzata dalle variazioni meteoriche stagionali (Fig. 4). I valori di conducibilità si sono mantenuti sorprendentemente stabili durante tutto l'anno, con oscillazioni di pochissimi µS/cm e solo i maggiori eventi meteorici superficiali compresi tra febbraio ed aprile hanno prodotto piccoli temporanei aumenti dei valori. Gli eventi del 13 e 26 febbraio 2007 hanno causato un rapido aumento della conducibilità, con poche ore di ritardo rispetto al massimo livello nei Piani, mentre il picco nella conducibilità è stato raggiunto con un ritardo di 52-60 ore, con un incremento dei valori comunque non superiore a 10 µS/cm. Anche la temperatura è rimasta costante nell'intero periodo a ~10,3 °C, con aumenti appena percettibili in concomitanza con l'innalzamento dei valori di conducibilità. Queste caratteristiche sono

tipiche di emergenze dell'acquifero di base, soggetto a minori apporti di acque da circuiti superficiali più veloci, e mal si conciliano con il presunto ruolo di risorgenza delle acque dei Piani.

Per questa ragione un secondo periodo di monitoraggio è stato eseguito da gennaio a giugno 2010, limitando l'area di intervento ai Piani di Monte Lago ed alla Valle San Giovanni. Il monitoraggio è stato esteso ad un'ulteriore emergenza temporanea individuata nel corso dei rilievi (Fig. 5). In questa seconda fase, due logger per acquisizione di livello idrico e temperatura sono stati lasciati presso l'inghiottitoio e in una polca in alveo del ruscello temporaneo di Valle San Giovanni; due logger per la misura di livello, temperatura e conducibilità sono invece stati messi nella sorgente San Giovanni ed in una delle polle sorgive individuate nella parte alta della stessa valle.

Le polle sorgive monitorate nella Valle San Giovanni evidenziano un comportamento totalmente differente da quello della sorgente principale, come risulta chiaramente dal confronto dei tracciati relativi alle due sorgenti (Fig. 6). Le abbondanti precipitazioni hanno favorito la risalita del livello idrico nei Piani, causando la formazione del lago per un periodo relativamente lungo. L'inghiottitoio si è mantenuto attivo fino all'estate, ed alcuni episodi di risalita del livello idrico nei Piani si sono verificati anche nel mese di giugno.

In tutto questo intervallo di tempo le perturbazioni indotte nella Sorgente San Giovanni si sono mantenute di bassa entità, come già osservato nel precedente periodo (2006/07), nonostante la maggior quantità di precipitazioni meteoriche (Fig. 6). Le emergenze poste a quote più elevate hanno invece risentito in maniera diretta dell'andamento idrologico del Piano di Monte Lago, con variazioni rapide e di elevata entità dei parametri monitorati. In particolare, la bassa temperatura delle acque sorgive, con valori scesi fino a 2,5 °C, denotano un arrivo molto rapido di acque di infiltrazione, attraverso canali carsici in cui si hanno scarsi scambi termici con la roccia. Nelle acque sorgive sono chiaramente riconoscibili i cicli diurni, che si manifestano con un ritardo di alcune ore (Fig. 6).

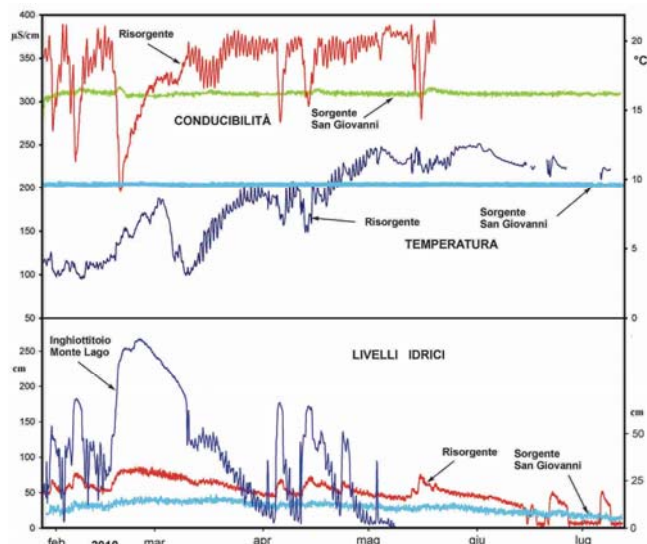


Figura 6. Correlazione tra i dati idrologici della sorgente San Giovanni e della Risorgente con i livelli idrici dei Piani di Monte Lago.

Figure 6. Hydrograms of San Giovanni spring and Resurgence related to the water level of the Monte Lago polje.

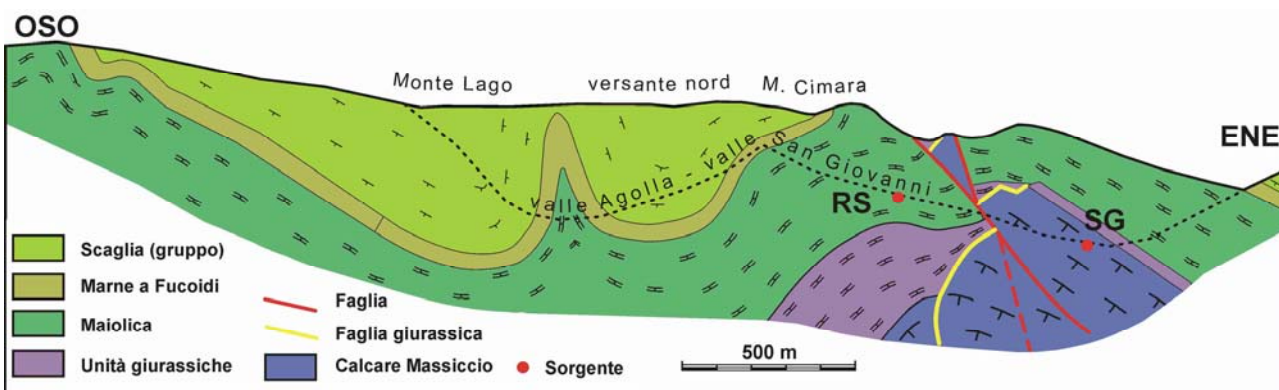


Figura 7. Sezione geologica nel versante nord di M. Cimara (da rilievi originali), con traccia del profilo delle valli principali (linea tratteggiata) e posizione delle sorgenti. RS: Risorgente; SG: Sorgente San Giovanni.

Figure 7. Geologic section in the northern slope of Mt. Cimara, based on original data, with the profile of the main valleys (dashed line) and the spring location. RS: Resurgence; SG: San Giovanni spring.

Discussione e conclusioni

Il differente comportamento delle sorgenti nella parte alta e bassa della Valle San Giovanni evidenzia che il drenaggio delle acque sotterranee avviene con modalità articolate e complesse, interpretabili alla luce delle

conoscenze sul carsismo profondo e sulla struttura geologica. Le due emergenze, seppur contigue, appartengono a due strutture idrogeologiche distinte, separate da barriere di permeabilità non affioranti, che a scala locale influenzano la circolazione sotterranea e riducono la possibilità di diretti contatti tra le acque provenienti dall'inghiottitoio e la falda di base (Fig. 7).

Molto diverse sono le modalità di circolazione. Le polle sorgive ubicate nella parte superiore della Valle San Giovanni rappresentano una diretta risorgenza delle acque inghiottite nei Piani di Monte Lago, che si mantiene attiva nei periodi di più elevata portata dell'inghiottitoio; il drenaggio avviene all'interno della Maiolica attraverso gallerie carsiche sufficientemente grandi da consentire un rapido deflusso, impedendo il raggiungimento di un equilibrio termico tra acqua e roccia. La Sorgente San Giovanni è invece alimentata dall'acquifero di base, esteso principalmente nell'unità permeabile inferiore, il Calcarea Massiccio, che costituisce il nucleo della struttura anticlinale. La sua elevata portata idrica è dovuta ad un'area di alimentazione più estesa degli affioramenti di Calcarea Massiccio, in quanto gli acquicludi non impediscono il verificarsi travasi e connessioni tra diverse strutture idrogeologiche.

Distribuzione e tipologia dei sistemi carsici ipogei confermano il ruolo del carsismo nell'aumento della permeabilità dell'ammasso roccioso. L'elevata permeabilità nella zona vadosa è conseguenza dei processi di soluzione carsica, che hanno agito più lungamente nelle parti superiori del massiccio carsico, ed è confermata dalla presenza di grotte verticali in diversi stadi di sviluppo, attraverso cui vengono smaltite le acque meteoriche infiltrate per assorbimento diffuso e non direttamente correlabili al sistema inghiottitoio-risorgente. Anche la presenza di grotte-emergenza a quote diverse, attive e no, conferma il progressivo spostamento verso il basso delle falde sotterranee in conseguenza dell'approfondimento dell'idrografia superficiale e del livello di base locale.

Il differente regime idrologico delle sorgenti è una conseguenza di questo differente grado di carsificazione raggiunto nel massiccio calcareo. La risposta molto rapida della Risorgenza è dovuta alla rete drenante carsica che consente un rapido trasferimento delle acque di infiltrazione verso il basso. Al nucleo della struttura montuosa la permeabilità dell'ammasso roccioso diminuisce fortemente e nell'acquifero di base prevale un deflusso più regolare, con parametri chimico fisici più stabili. Gli apporti rapidi di acque d'infiltrazione che raggiungono la falda di base producono solo piccole variazioni dei parametri chimico-fisici, in quanto la risposta è smorzata per la diluizione degli afflussi superficiali nelle acque della falda.

Ringraziamenti

Le attività sono state effettuate nell'ambito dei progetti "La circolazione idrica sotterranea nell'Alta Valle del Potenza" e "L'area carsica di Monte Lago e le Grotte di Caprelle", finanziati dalla Regione Marche (L.R. 12/2000), portati avanti da Gruppo Grotte Recanati, G.S. CAI Macerata, C.R.S. "Nottoloni" Macerata, G.A.SP. Civitanova Marche e G.S. AL.VA.P Pioraco. Si ringrazia il Comune di Sefro che ha reso possibile l'installazione degli strumenti presso la Sorgente San Giovanni.

Bibliografia

- ACQUILANTI L., CLEMENTI F., LANDOLFO S., NANNI T., PALPACELLI S., TAZIOLI A., 2013. *A DNA tracer used in column tests for hydrogeology applications*. Environmental Earth Sciences, **70**, 3143-3154.
- AMBROSETTI P., CARRARO F., DEIANA G., DRAMIS F., 1982, *Il sollevamento dell'Italia Centrale tra il Pleistocene inferiore e il Pleistocene medio*. C.N.R., P.F. "Geodinamica", pubbl. **513**, II, 219-223.
- CALAMITA F., PIERANTONI P.P., 1993. *Il sovrascorrimento di M.Cavallo-M.Primo (Appennino umbro-marchigiano)*. Bollettino Società Geologica Italiana, **112**, 825-835.
- GALDENZI S., 1983. *Geomorfologia delle grotte di Caprelle*. In: Atti XIV Congr. Naz. Speleol., Bologna 1982. Le Grotte d'Italia. s. IV, **11**, 443-452.
- GALDENZI S., 2011. *La Grotte di Caprelle: aspetti geologici e geomorfologici*. Atti XXI Congresso Nazionale di Speleologia, sessione Poster, p. 537. Trieste.
- GALDENZI S., PAGGI S., PISTOLESI E., COTECHINI G., 2008. *Grotte e Carsismo nel territorio di Sefro*. In: V. DI MARTINO, F. PEDROTTI & P. VALERIANI (Eds.). Atti Convegno "Per l'istituzione del Parco Naturale Regionale dell'area Monte Pennino, Vallescurosa e Montelago", Sefro, 14 ottobre 2006. Tipografia Editrice Terni, p. 41-62.
- NANNI T., VIVALDA P., 2005. *The aquifers of the Umbria-Marche Adriatic region: relationship between structural setting and groundwater chemistry*. Bollettino Società Geologica Italiana, **124** (3), 523-542.

RISULTATI E INTERPRETAZIONE IDRODINAMICA DEL MONITORAGGIO IN CONTINUO DELLE SORGENTI CARSICHE DI EQUI TERME (ALPI APUANE).

EMILIO POGGETTI¹, MARTA LAZZARONI¹, MARIO VEROLE BOZZELLO¹, LEONARDO PICCINI²

¹ Commissione Scientifica, Federazione Speleologica Toscana; scientifica@speleotoscana.it

² Dipartimento di Scienze della Terra, Via G. La Pira, 4 -50121 Firenze. Società Speleologica Italiana

Riassunto

Da qualche anno la Federazione Speleologica Toscana sta portando avanti, in collaborazione con il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze, un'indagine idrogeologica degli acquiferi carsici delle Alpi Apuane attraverso la realizzazione di tracciamenti e il monitoraggio delle sorgenti. Le sorgenti di Equi sono due gruppi di emergenze perenni situate nel Fosso Fagli, poco a monte dell'abitato di Equi Terme (Massa Carrara). La sorgente principale si trova nei pressi dell'ingresso della Buca di Equi mentre l'altra è situata a quota appena superiore ed è conosciuta come Barrila. In occasione di abbondanti precipitazioni la portata supera i 15 m³/s, mentre la portata media è tra i 600 e 800 l/s. L'area di alimentazione delle sorgenti comprende l'intera vallata del Solco d'Equi, il massiccio del Pizzo d'Uccello, e l'area a est di Foce di Giovo. I risultati di alcune prove di tracciamento hanno dimostrato che anche i versanti NW del Monte Cavallo, il versante NW della Tambura e buona parte del massiccio del Monte Pisanino, rientrano nell'area di alimentazione. Il controllo strumentale ha consentito di avere una registrazione in continuo dalla fine di novembre 2012 a fine ottobre 2013 (341 giorni). Le variazioni di temperatura e conducibilità mostrano un comportamento idrodinamico risultato di un apporto diretto delle acque d'infiltrazione nella piccola area di alimentazione prospiciente alle emergenze che va a sommarsi agli apporti provenienti da aree più lontane.

Parole chiave: idrogeologia, monitoraggio idrogeochimico, sistema carsico, tracciamento, Alpi Apuane.

Abstract

RESULTS AND HYDRODYNAMIC INTERPRETATION OF THE MONITORING OF THE KARST SPRINGS AT EQUI TERME (APUAN ALPS) – Since a few years the Speleological Federation of Tuscany has been working in cooperation with the Department of Earth Sciences, University of Florence, on a hydrogeological investigation of karst aquifers of the Apuan Alps through the implementation of dye tests and the monitoring of springs. The Equi springs are two groups of perennial sources that are located in Fosso Fagli, upstream from the village of Equi Terme (Massa Carrara province). The main source is situated near the entrance of the "Buca di Equi" while the other is located at a higher level and it is known as Barrila. During heavy rainfall the flow rate exceeds 15 m³/s, while the average flow is between 600 and 800 l/s. The catchment area of the springs includes the entire Solco di Equi basin, the of Pizzo d'Uccello massif, and the area east of Foce di Giovo. The results of some dye tests performed in caves have shown that the NW slopes of Monte Cavallo, the NW side of the Tambura and a good part of the massif of Monte Pisanino, are included in the area that feeds the Equi springs. The monitoring of the main physical-chemical parameters was performed in an area that receives water from all the sources, so it was not possible to differentiate the individual behaviours. The instrument monitoring has allowed us to have a continuous recording from the end of November 2012 until the end of October 2013 (341 days). The changes in temperature and conductivity indicate that the hydrodynamic behaviour is the result of a direct contribution of seepage water in the small area near the sources and the contributions from more distant areas.

Key words: hydrogeology, hydro-geochemical monitoring, karst system, dye-test, Apuan Alps.

Introduzione

Le Alpi Apuane presentano un assetto idrogeologico molto condizionato dalla natura carbonatica delle rocce affioranti, che determinano un alto tasso d'infiltrazione e l'esistenza di una rete sotterranea di condotti che smaltiscono molto rapidamente le acque d'infiltrazione. L'idrografia sotterranea non presenta pertanto lo stesso andamento di quella superficiale, ma è controllata dall'andamento dei sistemi carsici. La complessa orografia,

caratterizzata da molte e profonde incisioni vallive, comporta una frammentazione delle idrostrutture carbonatiche in numerosi sistemi idrogeologici, ognuno dei quali presenta uno o più punti di emergenza. Tutto questo fa sì che la maggior parte delle sorgenti carsiche abbia portate medie comprese tra qualche decina e qualche centinaio di l/s, mentre solo tre, la Sorgente di Forno, la Pollaccia e il gruppo delle sorgenti di Equi, superano i 500 l/s (PICCINI, 2002).

La Federazione Speleologica Toscana (FST) si occupa da qualche tempo di studiare l'idrogeologia dei sistemi carsici delle Alpi Apuane, soprattutto tramite prove di tracciamento, e dal 2011 si è dotata di una sonda multi-parametrica e di un fluorimetro portatile che permette di monitorare il passaggio di un tracciante dalla sorgente. La sonda multi-parametrica è uno strumento che permette di monitorare contemporaneamente più parametri chimico-fisici, con registrazione continua. L'importanza di questi studi risiede nel fatto che se anche si ha un'idea abbastanza precisa di quale sia l'area di alimentazione di una certa sorgente, non si conosce l'idrodinamica dell'intero sistema (area di alimentazione-acquifero-sorgente) o almeno non si ha un'idea fondata su dati quantitativi. In questo lavoro sono brevemente illustrati i risultati ottenuti sino ad ora.

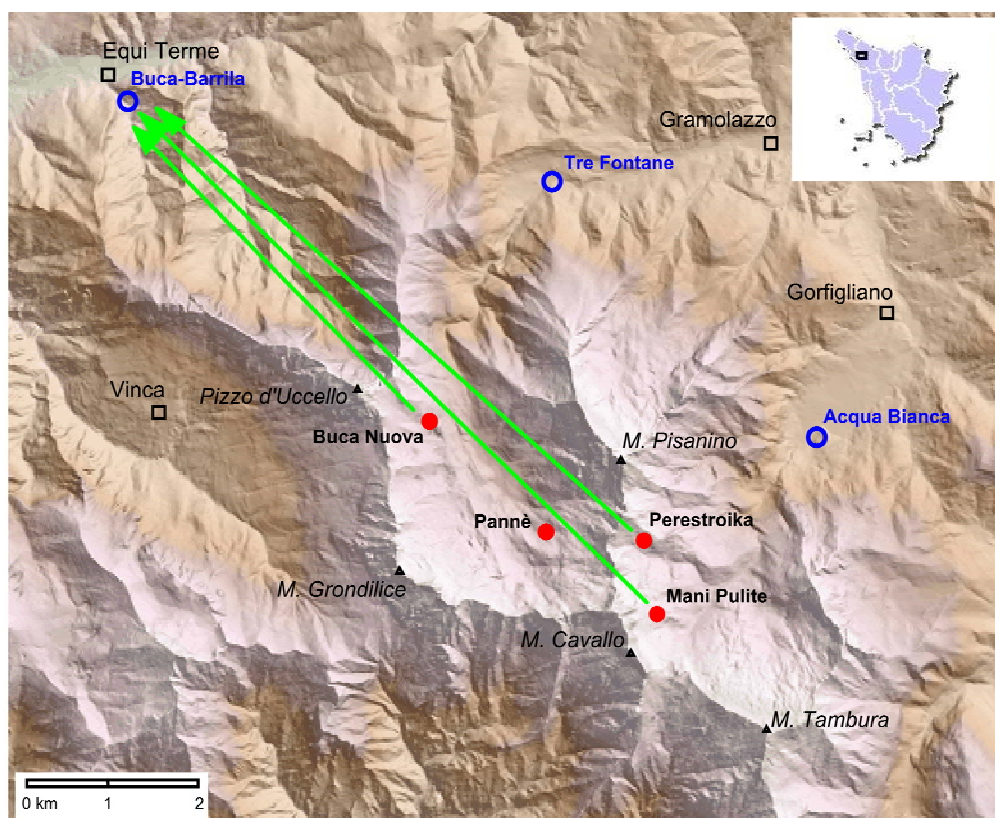


Figura 1. Carta di localizzazione delle sorgenti di Equi Terme con evidenziati i risultati delle quattro prove di colorazione eseguite dalla FST.

Figure 1. Location map of the springs of Equi Terme showing the results of the four dye-tests performed by the FST.

Inquadramento geografico e geologico del bacino di Equi

Il bacino idrografico apparente delle sorgenti di Equi (Fig. 1) è di estensione media, essendo delimitato a E da una cresta che scende dalla P.ta di Nattapiana (1281 m s.l.m.) al M. Grande (694 m s.l.m.) mentre a W dal crinale che sviluppa dal P.zo dell'Aquila (1285 m s.l.m.) sino all'abitato di Equi Terme (250 m s.l.m.). In quest'area, che ricade all'interno della finestra tettonica delle Alpi Apuane, affiorano rocce appartenenti alla "Unità delle Apuane" della Successione Metamorfica delle Apuane. Questa unità è costituita da un basamento paleozoico (metasedimenti e metavulcaniti) e da una successione sedimentaria comprendente termini dal Trias superiore all'Oligocene-Miocene inferiore (analoga alla Falda toscana) metamorfosata in *facies* scisti verdi. (CARMIGNANI et al., 2000).

Nell'area di nostro interesse le principali formazioni carsificabili sono i Grezzoni (Norico - Retico), costituiti da dolomie e calcari dolomitici a stratificazione grossolana, in parte ricristallizzati, di colore grigio chiaro o rosato, e i Marmi Dolomitici e Marmi s.s. (Lias inferiore- medio?), costituiti da Marmi più o meno dolomitici alternati a strati di dolomie, che passano a marmi saccaroidi per progressiva diminuzione dei livelli dolomitici, localmente

includono breccie a elementi marmorei, con spessore complessivo di circa 500-600 metri. A questi si aggiungono dei metacalcari selciferi che localmente assumono spessore rilevante.

Le strutture principali riferibili alla prima fase deformativa sono caratterizzate da pieghe isoclinali che hanno piani assiali con direzione NNW-SSE e immersione a W, a loro volta ripiegate in seconda fase con assi NW-SE immergenti a NW. La struttura principale di questo sistema di piegamenti è la sinclinale di Orto di Donna, che passa all'incirca per la linea mediana della valle, con asse immergente a N. Questa è separata dall'importante anticlinale del M. Pizzo d'Uccello (che porta in affioramento le rocce del basamento in zona di Vinca) da almeno due anticlinali e sinclinali strette ma ben evidenti di cui una è l'anticlinale del M. Contrario.

Dal punto di vista idrogeologico, la prevalenza di formazioni carbonatiche interessate da intensi fenomeni carsici superficiali e particolare sotterranei fa sì che i coefficienti medi di infiltrazione siano molto elevati e la circolazione prevalentemente sotterranea (PICCINI, 2007). L'assetto strutturale, caratterizzato da pendenze elevate della stratificazione e pieghe isoclinali di dimensioni pluri-chilometriche ha consentito lo sviluppo di estesi reticoli freatici anche ben di sotto alle quote dell'emergenza.

Le sorgenti

Lungo l'alveo del Torrente Fagli, affluente del Torrente Lucido, sgorgano due tra le maggiori sorgenti delle Alpi Apuane: la sorgente Barrila e la sorgente di Buca di Equi. La prima è situata in una modesta cavità carsica nei marmi dolomitici, in prossimità del contatto con i Calcari Selciferi che tamponano verso N l'idrostruttura del Pizzo d'Uccello. La Buca di Equi (T/MS 176) è invece percorribile per qualche centinaio di metri ed è stata recentemente attrezzata per visite turistiche. Le due sorgenti sono probabilmente alimentate dallo stesso circuito, del quale la Barrila rappresenta uno scolmatore superiore; ciò è verificato dal fatto che in occasione di prolungata siccità la sua portata si esaurisce (PICCINI, 2002). Le sorgenti calde, che sono attualmente sfruttate dallo stabilimento termale di Equi, si trovano circa 200 m a monte del paese e sono legate però ad una circolazione profonda la cui alimentazione non è nota con certezza.

In letteratura esistono ben poche misure o stime della portata delle sorgenti di Equi. CAZZANTE et al., nella "Carta delle grotte e delle sorgenti delle Alpi Apuane" (1988) riportano valori medi di 200 l/s per Barrila e di 250 l/s per la Buca d'Equi, ottenuti sulla base di poche misure dirette e delle misure pubblicate da PERRONE (1912). La portata massima delle due sorgenti insieme era stimata intorno a 4 m³/s. Le sorgenti termali hanno invece portate intorno a 70/80 l/s per quella che sgorga nell'alveo e circa 50 l/s per quella captata (MASINI, 1956; CAZZANTE et al., 1988). Da studi più recenti risulta invece che le portate complessive sarebbero di circa 750 l/s per le acque fredde (PICCINI, 2014) e 120/130 l/s per le acque termali (PICCINI, 2002).

Seppure l'area di alimentazione non sia di facile delimitazione, quasi sicuramente comprende l'intera vallata del Solco di Equi, il massiccio del Pizzo d'Uccello, gran parte della dorsale di Nattapiana e la dorsale ad E di Foce di Giovo. Recenti colorazioni effettuate in una grotta che si apre nella conca di Orto di Donna (l'Abisso Pannè T/LU 1325) e in grotte della media valle dell'Acqua Bianca (Abisso P. Saragato - T/LU 350 e Buca dell'Aria Ghiaccia - T/LU 1027), hanno dimostrato che queste zone e buona parte del M. Pisanino (la vetta più alta delle Apuane) rientrano nell'area di alimentazione delle sorgenti di Equi.

Risultati

Risultati di monitoraggio

Nel novembre 2011 la Commissione Scientifica della FST ha installato in sinistra idrografica, a una decina di metri a valle rispetto all'ingresso della Buca di Equi Terme, una sonda multi-parametrica Scumberger-CTD DIVER dotata di sensori di pressione, temperatura e conducibilità elettrica.

I due sensori di pressione misurano: uno la pressione dell'acqua della sonda immersa e l'altro la pressione atmosferica, permettendo quindi in fase di elaborazione la compensazione dei due valori. La risoluzione dei pressometri è pari a 2 mm con accuratezza di 5 mm. La temperatura è misurata da un sensore con risoluzione di 0,01 °C e accuratezza di $\pm 0,5$ °C. La conducibilità elettrica è misurata con risoluzione di 0,1 % e accuratezza di 1 % della lettura, il che significa di circa 2-3 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La sonda ha operato dal 25/11/2012 al 27/10/2013 con periodo di acquisizione di 15 minuti. Nella stagione estiva vi sono stati alcuni periodi nei quali lo strumento è rimasto a secco o sommerso da pochi centimetri di acqua quasi ferma. Per questo motivo i dati registrati non si possono considerare attendibili e non sono stati considerati (Fig. 2).

La temperatura mostra variazioni consistenti durante l'anno. Escludendo il periodo estivo, per i motivi appena

descritti, nel quale le temperature registrate sono largamente superiori a 10 °C, nella maggior parte dell'anno le temperature oscillano tra 8,0 e 8,6 °C. Le temperature minime (8,1 °C) si hanno in primavera per l'apporto di acque di fusione fredde, mentre in pieno inverno, in mancanza di precipitazioni e di fusione, la temperatura si assesta intorno a 9 °C. La temperatura media del periodo considerato è di 8,9 °C. La conducibilità elettrica, che come noto è una misura del contenuto salino delle acque, nel periodo di registrazione considerate oscilla tra 140 e 230 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La conducibilità media è di circa 155 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ma i valori sono soggetti a rapide variazioni in occasione delle piene maggiori e dei periodi di siccità. La conducibilità elettrica non mantiene mai un andamento costante; dall'autunno alla primavera (in particolare da ottobre 2012 alla fine di marzo 2013) i valori oscillano da 200 a 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ circa, nel periodo successivo fino alla metà di giugno 2013 i parametri registrati continuano ad oscillare con valori compresi tra 150 e 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Questi comportamenti di variazione della conducibilità sono attribuiti alle variazioni di portata, per precipitazioni o apporti di acque di fusione.

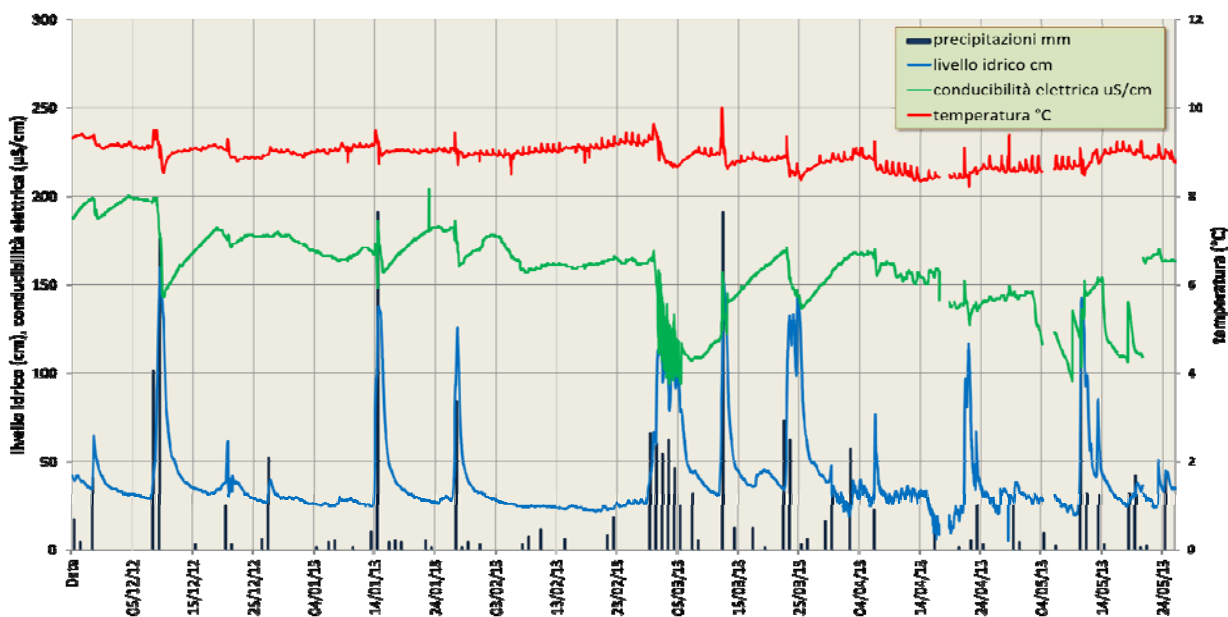


Figura 2. Andamento di livello idrico, temperatura e conducibilità elettrica del gruppo delle sorgenti di Equi, raffrontate con le precipitazioni giornaliere alla stazione meteorologica di Orto di Donna.

Figure 2. Distribution of water level, temperature and electrical conductivity of the Equi springs of, compared with the daily rainfall at Orto di Donna meteorological station.

In occasione delle piene maggiori (Fig. 3), osservando le curve dei tre parametri in dettaglio, si notano comportamenti che indicano una situazione complessa. In particolare con l'aumento della portata, che si realizza nell'arco di una decina di ore, la conducibilità subisce prima un lieve aumento, pur disturbato da picchi negativi e poi una netta diminuzione durante il colmo della piena, un comportamento sostanzialmente analogo e mostrato anche dalla curva della temperatura. La conducibilità tende poi a risalire durante l'esaurimento della piena per tornare ai valori precedenti o talvolta anche superiori. Un comportamento del genere indica un limitato "effetto pistone" che si manifesta nelle prime 20-30 ore, dovuto alla rimozione dell'acqua contenuta nei condotti prossimi alle emergenze, il cui volume può essere grossolanamente stimato nell'ordine di un milione di metri cubi (considerando una portata di piena di 12 m^3/s per 24 ore), seguito dall'arrivo di acque diluite dagli apporti di infiltrazione. Il ritorno alle condizioni pre-piena richiedono in genere 4-5 giorni.

Risultati delle colorazioni

Colorazione all'Abisso Pannè (1325 T/LU). Il 19 gennaio 1997, furono immessi in acqua 4 kg di fluoresceina sodica, a quota 1143 m s.l.m. dove il collettore principale del Pannè si getta nel Pozzo Angel (P90). Le sorgenti prese in esame per il monitoraggio furono: Renara, Frigido, Monzone, Equi Terme, Techiarella, Gramolazzo, Bottaccio e Acqua Bianca. Il confezionamento dei captori fu effettuato utilizzando carbone attivo in grani grossi; analizzati in seguito con HPLC-Cromatografia liquida ad alta risoluzione. Di tutti i captori utilizzati risultarono positivi, il 23 gennaio 1997, solo quelli posizionati alla Buca di Equi (3 su 4 positivi). Per tanto la Buca di Equi risulta l'unica risorgenza che raccoglie le acque dell'Abisso Pannè (DE GRANDE et al., 1997).

Colorazione a Buca Nuova (1732 T/LU). L'8 marzo 2008, furono disciolti in acqua circa 4 kg di fluoresceina sodica in un piccolo corso d'acqua alla profondità di -130 m dall'ingresso (quota 1185 m). Le sorgenti prese in esame per il monitoraggio furono: Solco di Equi, Equi Terme (Barrila e Buca d'Equi, separatamente) Lucido (cascata), Monzone, Lucido di Vinca, Frigido. Risultarono positivi solamente i captori prelevati alle sorgenti Barrilla e Buca d'Equi il 15 marzo e molto positivi quelli prelevati il 17 marzo. Il dislivello del percorso tracciato è pari a 925 m, mentre la distanza lineare immissione-uscita è pari a 4,5 km. Questi brevi tempi di percorrenza rispetto al dislivello/distanza lineare fanno ipotizzare la presenza di grandi collettori con possibilità di tratti a scorrimento a pelo libero.

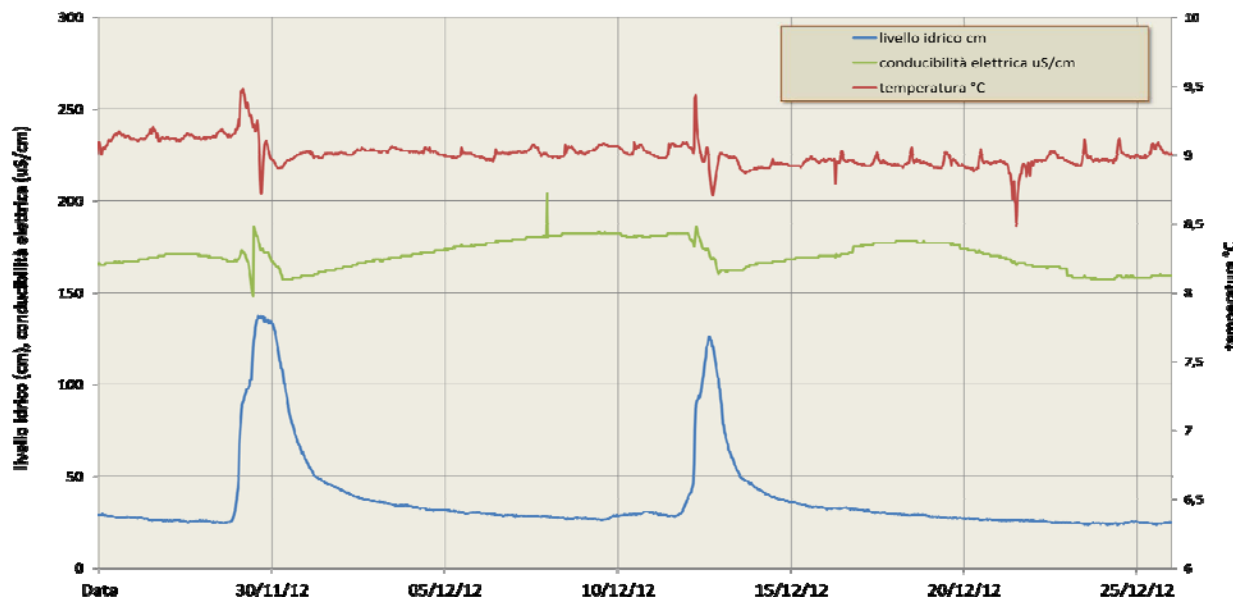


Figura 3. Andamento di livello idrico, temperatura e conducibilità elettrica del gruppo delle sorgenti di Equi, relative a due eventi di piena registrati nei mesi di novembre e dicembre del 2012.

Figure 3. Water level, temperature and electrical conductivity of the Equi springs, relating to two flood events recorded in the months of November and December 2012.

Colorazione all'Abisso Perestroika (1049 T/LU). Il 24 maggio 2009, dopo qualche tentativo di entrare in grotta per la presenza di neve, fu immessa fluoresceina sodica alla profondità di -80 m dall'ingresso, in condizione di scioglimento di nevi. Il colorante impiegò 23 giorni per arrivare alla sorgente di Equi Terme.

Colorazione all'Abisso Saragato (350 T/LU). Il 15 maggio 2010, furono immessi in acqua 3,5 kg di Tinopal, a quota -900 m, lungo il Ramo dei Lord poco a monte del sifone. La portata stimata fu di circa 2-3 l/s. Le sorgenti prese in esame per il monitoraggio furono quella del Frigido e quelle di Equi Terme. Il primo captore positivo venne rilevato il 19 maggio 2010 alle sorgenti di Equi.

Conclusioni

In linea generale il comportamento idrodinamico che risulta da questa prima analisi dei dati implica prima di tutto un modesto apporto diretto delle acque di infiltrazione nel piccolo bacino idrografico di afferenza, rispetto a quelle che provengono da aree più lontane. Le acque che escono sono quindi quelle già residenti nel circuito carsico e provengono in gran parte dalle parti lontane e più elevate dell'area d'alimentazione. La diminuzione della temperatura è dovuta in genere ad un aumento della velocità di flusso, che quindi porta alla sorgente acque che non si sono ancora equilibrate alla temperatura dell'acquifero.

La mancanza di prolungati aumenti della conducibilità, tipici delle situazioni in cui si ha un effetto "pistone" sembrano indicare un circuito ben gerarchizzato e privo di significative diversioni, in cui cioè il volume di acque residenti nella rete di circolazione secondaria è molto limitato. L'"effetto pistone" è limitato alle prime 20-30 ore degli eventi di piena più intensi ed improvvisi ed è legato alla fuoriuscita di acque custodite in condotti sommersi prossimi all'area delle sorgenti.

In generale, però, il comportamento di questo gruppo di sorgenti non è molto regolare, il che fa pensar che il sistema di alimentazione sia in realtà strutturato in sottosistemi con tempi di arrivo e modalità di flusso

differenti. Nel complesso, così come riscontrato per altre sorgenti delle Alpi Apuane (PICCINI et al., 2013), i primi risultati di questo monitoraggio, sebbene limitato nel tempo suggeriscono una tipica configurazione a “dreno dominante” (VIGNA, 2002).

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano la Federazione Speleologica Toscana per l’acquisto degli strumenti utilizzati per il monitoraggio della sorgente. La Regione Toscana, per il finanziamento regionale sulla speleologia che ha permesso la realizzazione dello studio. Un ringraziamento speciale va a tutti gli speleologi che hanno dato il loro contributo a questo progetto.

Bibliografia

- CARMIGNANI L., CONTI P., DISPERATI L., FANTOZZI P.L., GIGLIA G. & MECCHERI M., 2000. *Carta geologica del Parco delle Alpi Apuane*. 1:50.000, Se.l.ca, Firenze.
- CAZZANTE S., FORTI P., MICHELI L., PICCINI L., PRANZINI G., 1988. *Carta delle Grotte e delle Sorgenti delle Alpi Apuane – Scala 1:25.000*. CNR, Litografia Artistica Cartografica, Firenze.
- DE GRANDE F., ZANNA A., DONELLO S., SAVIOLI F., RONCIONI A., 1997. *La buca Pannè. Esplorato un nuovo grande complesso carsico nelle Apuane settentrionali*. *Speleologia*, **36**, 5-15.
- MASINI R., 1956. *Studi geoidrologici sulle acque fredde e calde (Alpi Apuane, Bacino del Serchio)*. *Boll. Servizio Geologico d'Italia*, **78**, 709-788.
- PICCINI L., 2002. *Acquiferi carbonatici e sorgenti carsiche delle Alpi Apuane*. *Atti Conv. “Le risorse idriche sotterranee delle Alpi Apuane: conoscenze attuali e prospettive di utilizzo”*, Forno di Massa, Giugno 2002, 41-76.
- PICCINI L., 2007. *Le sorgenti carsiche delle Alpi Apuane*. In: Comitato Alpi Apuane 2007, “Apuane e dintorni – Guida incompleta al fenomeno carsico”, Tip. Amaducci, Borgo a Bozzano, Lucca, 47-68.
- PICCINI L., 2014. *Il Progetto LISCA a Equi Terme*. *Talp*, **48**, 20-29.
- PICCINI L., MALCAPI V., GIANNINI E., POGGETTI E., STEINBERG B., 2013. *Monitoraggio idrodinamico di un sistema carsico: risultati preliminari di un anno d’indagini alla sorgente Pollaccia (Alpi Apuane – Toscana)*. *Atti Bossea*, 2013. In stampa.
- PICCINI L., MARIANELLI G., FALLANI F., MAGNANI D., 2014. *Carta degli acquiferi carsici delle Alpi Apuane*. 1:40.000.
- RONCIONI A., 2011. *La colorazione a Buca Nuova*. *Talp*, **42**, 10-15.
- RONCIONI A., 2002. *La Federazione Speleologica Toscana e le ricerche idrogeologiche nelle cavità carsiche delle Alpi Apuane*. *Atti Conv. “Le risorse idriche sotterranee delle Alpi Apuane: conoscenze attuali e prospettive di utilizzo”* Forno di Massa, Giugno 2002, 77-104.
- VIGNA B., 2002. *Monitoraggio e valutazione della vulnerabilità all’inquinamento degli acquiferi carsici*. *Atti Conv. “Le risorse idriche sotterranee delle Alpi Apuane: conoscenze attuali e prospettive di utilizzo”* Forno di Massa, Giugno 2002, 23-35.

PIANO QUOTATO DELL'ACQUIFERO CARSIICO DI FRASASSI

SANDRO GALDENZI¹, ALFREDO CAMPAGNOLI^{†2}

¹ Viale Verdi 10, Jesi; galdenzi.sandro@tiscali.it

² Gruppo Grotte Recanati

Riassunto

Un esteso e dettagliato lavoro di livellazione condotto nel complesso carsico di Monte Valmontagnana, a Frasassi (Appennino centrale), ha portato alla realizzazione di un piano quotato che collega i livelli idrici della falda freatica sulfurea. I risultati del rilievo sono una base imprescindibile per lo studio delle direzioni di flusso, delle variazioni stagionali di livello e delle proprietà chimico-fisiche delle acque. La mappa prodotta evidenzia la grande permeabilità del calcare, con bassi gradienti idraulici verso la sorgente, ma anche la variabilità della permeabilità stessa in relazione alle direzioni di flusso. Il Fiume Sentino rappresenta il livello di base locale, ma influenza direttamente le variazioni di livello della falda solo nella zona più esterna della grotta, dove probabilmente contribuisce in parte anche alla diluizione delle acque sulfuree.

Parole chiave: falda freatica, carsismo, livello piezometrico, Grotte di Frasassi, Appennino centrale.

Abstract

GROUNDWATER LEVEL MAP AT FRASASSI - A detailed survey with a digital level in the Valmontagnana caves, at Frasassi (central Apennines), produced a map of groundwater levels. This map represents a basis to study the drainage pattern and the seasonal changes of the chemical-physical characteristics and levels of the sulphidic groundwater. The measures evidence a low hydraulic gradient toward the spring, due to the high permeability of the limestone, but also some differences in the permeability depending on the drainage direction. The Sentino River forms the base level and can influence directly the changes of the water table level only in the most external zone of the cave, where it probably contributes in part also to the dilution of the sulphidic water.

Key words: groundwater, karst, piezometric level, Frasassi Caves, central Apennines.

Introduzione

Il complesso carsico del Monte Valmontagnana si trova nel versante meridionale della Gola di Frasassi, in una dorsale montuosa con altitudine massima di 930 m s.l.m. costituita da un'anticlinale asimmetrica con vergenza adriatica. Il sistema carsico è distribuito su più livelli sovrapposti ad andamento orizzontale, correlabili con il progressivo approfondimento della rete idrografica di superficie (BOCCHINI & COLTORTI, 1990). All'interno della struttura carsificata si ha una falda idrica in cui acque sulfuree risalenti dal basso si miscelano con acque di diretta infiltrazione meteorica, creando le condizioni che sono considerate determinanti per la stessa formazione della grotta (GALDENZI, 1990; GALDENZI & MARUOKA, 2003).

La struttura tridimensionale del complesso carsico consente di raggiungere il livello delle acque freatiche in un'area vasta 0,5 km², al di sotto di uno dei livelli carsificati più estesi nella grotta, ~25 m sopra l'attuale fondovalle. Le acque freatiche sono spesso raggiungibili scendendo dal piano delle gallerie attraverso pozzi diretti o sistemi di cunicoli, tranne nella regione più esterna del complesso, dove piani carsici minori sono interposti tra l'attuale livello delle acque ed il sovrastante piano principale.

Il livello idrico della falda è regolato dal Fiume Sentino che scorre nella Gola; la superficie della falda appare abbastanza regolare, sia in base alle osservazioni dirette che alle risultanze di rilievi topografici effettuati con le normali metodologie speleologiche. Le acque della falda sono apparentemente stagnanti, salvo che nella zona NE del complesso, più vicina alle emergenze, dove si hanno acque in movimento, con possibilità di flussi turbolenti.

L'ubicazione delle emergenze e le direzioni di flusso sono influenzate da una formazione marnosa (Marne a Fucoidi) che delimita la struttura carsificata verso E. In larga parte della grotta l'assenza di movimento favorisce la stratificazione delle acque, con formazione di strati superficiali di acqua bicarbonatica meno densa, con spessori variabili da pochi centimetri ad alcuni metri (GALDENZI & MARUOKA, 2003; MARIANI et al., 2007; GALDENZI et al., 2008); lo strato di acqua superficiale può essere formato da acque bicarbonatiche di stillicidio o avere chimismo intermedio, con arricchimento di ioni dovuto a miscelazione con le acque sulfuree o dissoluzione di depositi di gesso (GALDENZI et al., 2008). Misure con freatimetri già effettuate avevano evidenziato fluttuazioni di livello fino a ~1,5 m, quasi simultanee nelle due località monitorate (Lago Verde e Lago dell'Orsa, GALDENZI et al., 2008).

La ricerca effettuata si proponeva di studiare le modalità di drenaggio delle acque nella falda, anche in relazione ai rapporti con il Fiume Sentino, mediante la misura e la correlazione dei livelli idrici nelle diverse parti della grotta.

Metodi di misura

Lo studio dei livelli idrici della falda è stato basato su di una livellazione estesa a larga parte del complesso carsico e sull'installazione di freatimetri per la registrazione in continuo dei livelli nelle località più significative. Sono state individuate dieci stazioni di misura interne e tre esterne, marcate tramite un riferimento fisso ubicato sulla verticale dell'acqua, rispetto al quale è stata misurata la quota del livello idrico. Le livellazioni sono state effettuate con tacheometro-teodolite all'esterno, mentre in grotta i riferimenti fissi sono stati collegati mediante una livella elettronica alle stazioni quotate di una preesistente poligonale chiusa tacheometrica. Questa poligonale era stata già realizzata da uno degli scriventi (A. CAMPAGNOLI) con tacheometro-teodolite lungo il tracciato che unisce l'ingresso naturale della Grotta del Fiume con l'uscita artificiale scavata per l'utilizzo turistico della Grotta Grande del Vento, nell'ambito di un progetto intergruppi per la realizzazione di una carta topografica della grotta.

La livella utilizzata garantisce una precisione di ± 2 mm per dislivelli < 3 m, con incertezza che cresce fino al 3,5% del fondo scala per dislivelli > 3 m (errore massimo ± 2 cm per lettura). Tenuto conto del numero di misure effettuate in ogni collegamento, i livelli altimetrici calcolati hanno margini di incertezza pari a ± 20 cm. In alcune livellazioni ripetute per maggiore sicurezza le differenze di quota sono in genere risultate leggermente superiori a quelle previste analiticamente. I livelli idrici nei punti quotati sono stati controllati in simultanea in due diverse date (8-16 dicembre 2006 e 26 giugno 2009), così da verificare l'eventuale influenza di variazioni di livello dovute a diverse condizioni idrologiche. Le operazioni di livellazione sono state estese con maggior dettaglio nella zona esterna della grotta, collegando altri specchi d'acqua, le emergenze superficiali ed i livelli idrici lungo l'asta fluviale in condizioni di magra, al fine di migliorare la definizione dei rapporti tra fiume e falda. I datalogger installati in sei località (cinque nella grotta più uno nel fiume) hanno tenuto sotto controllo livelli idrici, temperatura e conducibilità delle acque.

I livelli idrici

Le differenze di quota misurate tra i diversi specchi d'acqua sono di piccola entità, prossime ai limiti di sensibilità strumentale, rendendo più complessa la discussione delle risultanze sperimentali. Tutte le quote dei livelli idrici sono state riferite al livello di magra del Fiume Sentino presso la principale emergenza sulfurea, che all'atto dei rilievi corrispondeva ad un'ampia zona di acque in lento movimento, compresa tra una breve rapida a monte ed una briglia artificiale verso valle (Fig. 1).

Le livellazioni eseguite hanno evidenziato una superficie piezometrica piuttosto regolare, con limitate variazioni altimetriche, e le acque della falda hanno un basso gradiente idraulico (Figg. 2 e 3). Tutti i livelli idrici misurati nella grotta sono al di sopra della quota di riferimento, con valori progressivamente crescenti allontanandosi dall'asta



Figura 1. Il Fiume Sentino presso la sorgente sulfurea.

Figure 1. The Sentino River near the sulphidic spring.

fluviale. Il letto fluviale tuttavia ha una pendenza media superiore all'1%, cosicché risalendo l'asta fluviale i rapporti altimetrici tra falda e fiume si invertono rapidamente ed il letto fluviale a monte dell'ingresso della Grotta del Fiume si trova sopra la quota piezometrica delle acque di falda. Tutte le emergenze sulfuree, comprese quelle in subalveo, sono nella zona in cui il livello piezometrico della falda idrica supera il livello di magra delle acque fluviali, a valle della Grotta del Fiume (Fig. 3).

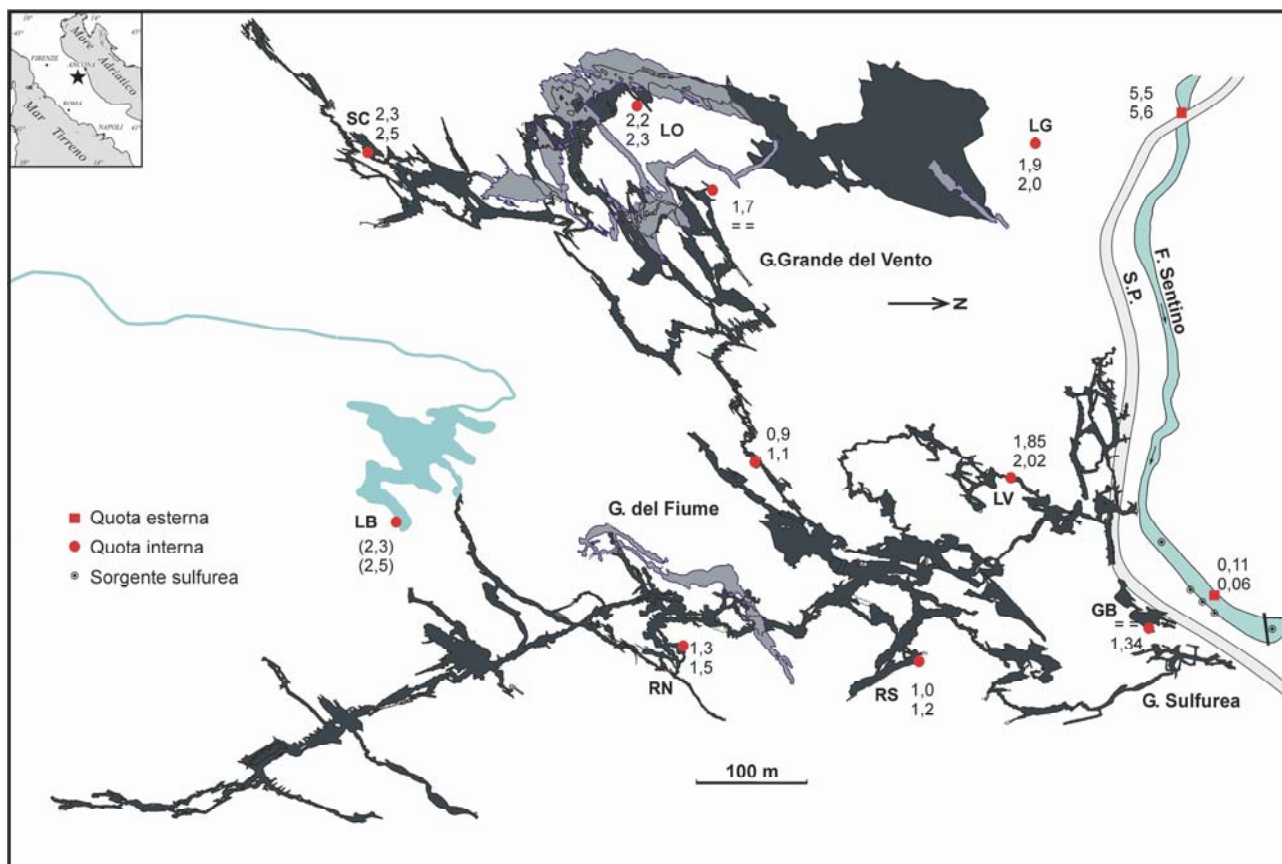


Figura 2. Quote dei livelli idrici (sopra: dicembre 2006; sotto: giugno 2009).

Legenda: SC – Sala Claudia; LO – Lago dell'Orsa; LG – Lago della galleria; LV – Lago Verde; GB – Grotta Bella; RS – Ramo Sulfureo; RN – Rinoceronte; LB – Lago Bianco. Rilievo zona Lago Bianco da MARIANI et al., 2007.

Figure 2. Quoted groundwater levels (above: December 2006; below: June 2009).

Legend: SC – Sala Claudia; LO – Lago dell'Orsa; LG – Lago della galleria; LV – Lago Verde; GB – Grotta Bella; RS – Ramo Sulfureo; RN – Rinoceronte; LB – Lago Bianco. Survey of the Lago Bianco zone after MARIANI et al..

La possibilità di variazioni pressoché simultanee nei livelli idrici in diverse zone della falda ed il basso gradiente idraulico (~3‰) tra le emergenze sulfuree ed i laghi interni indicano una permeabilità molto elevata che si ritiene sia dovuta alla presenza di canali carsici sommersi che collegano i diversi specchi idrici. Al tempo stesso, il gradiente più elevato che esiste tra la falda ed il fiume nella zona a monte delle emergenze, con valori vicini al 30‰, evidenzia forti variazioni nella permeabilità dell'ammasso roccioso in dipendenza delle direzioni di flusso, secondo il grado di fratturazione e, soprattutto, di carsificazione.

L'andamento delle direzioni di flusso desumibile dall'analisi delle quote piezometriche è compatibile con l'assetto idrogeologico e con la struttura morfologica del sistema; il settore orientale rappresenta l'area più depressa della falda, in cui affluiscono le acque dalle parti interne del sistema carsico per poi defluire verso le emergenze, a N. Una seconda direttrice di drenaggio è rappresentata dagli ambienti carsici sviluppati in direzione SW – NE nella zona centrale della grotta. Il settore ubicato a NW di questa direttrice, con livelli piezometrici più elevati, sembra invece risentire della vicinanza del Fiume Sentino, che in tutta l'area scorre a quote superiori della falda.

Si può anche osservare che i flussi turbolenti nel settore orientale della grotta non sono dovuti a gradienti idraulici più elevati. E' probabile che le condizioni di flusso siano influenzate dalle condizioni morfologiche,

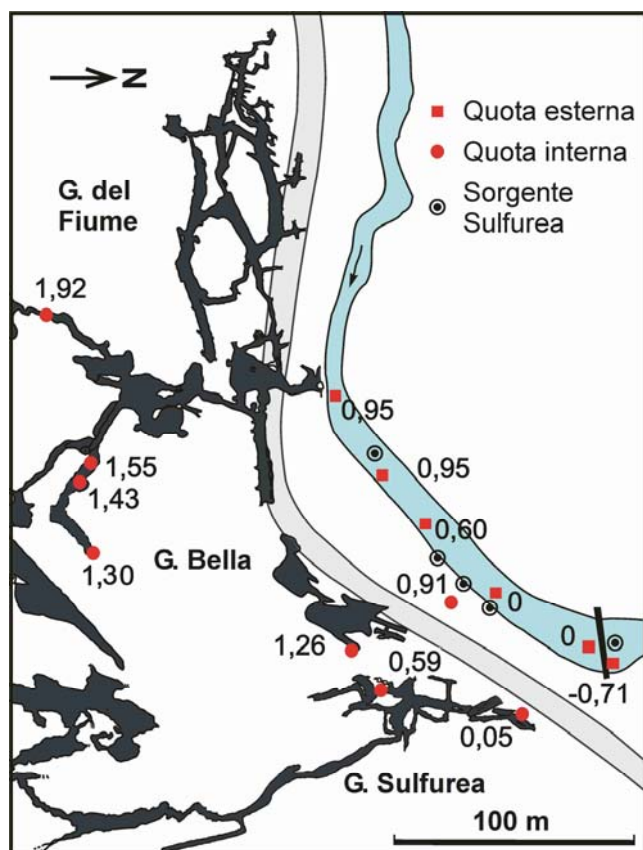


Figura 3. Quote dei livelli idrici nell'area della sorgente (giugno 2007).

Figure 3. Quoted groundwater levels in the spring zone (June 2007).

Rapporti tra falda e fiume

La localizzazione di dettaglio delle emergenze sulfuree risente in maniera significativa delle variazioni nell'alveo, anche prodotte dall'azione dell'uomo. All'atto dei rilievi, una briglia artificiale influenzava il deflusso naturale delle acque, determinando un innaturale innalzamento del livello fluviale. In conseguenza di ciò, due principali emergenze erano presenti, una a valle della briglia, l'altra in una piccola caverna presso cui è stato posto il livello di riferimento. Rispetto agli anni '70, si era prosciugata la sorgente ubicata in prossimità della briglia, direttamente alimentata dalla Grotta Sulfurea, che all'epoca rappresentava il principale punto di emergenza delle acque (Fig. 5a). La piena dell'inverno 2013 ha nuovamente modificato le condizioni dell'area, demolendo la briglia e causando sovralluvionamento nella zona a monte, con uno spessore di detriti grossolani fino a circa 1 m; in conseguenza di ciò si è alzata la quota di scorrimento delle acque fluviali, si è riattivata l'emergenza di valle e sono state riesumate antiche opere di sistemazione dell'area sorgiva (Fig. 5b).

Le variazioni in alveo nella zona di emergenza influenzano direttamente le condizioni di flusso nella



Figura 4. Uno degli accessi al lago dell'Orsa, con uno strato superficiale di acqua bicarbonatica di 5 m.

Figure 4. One of the entrances to the Lago dell'Orsa, with a 5 m thick surface layer of bicarbonate water.

in quanto i flussi turbolenti sono possibili dove si ha scorrimento a pelo libero, mentre molti dei laghi sono alimentati dal basso, attraverso canali sifonanti. Acque in movimento sono in effetti state incontrate a profondità di oltre 9 m dalla superficie nell'ampio bacino del Lago dell'Orsa, assolutamente stagnante in superficie (Fig. 4).



Figura 5. L'area della sorgente principale: (A) all'atto dei rilievi; (B) dopo la piena del 2013.

Figure 5. The main spring area: (A) during the monitoring period; (B) after the flood occurred during 2013.

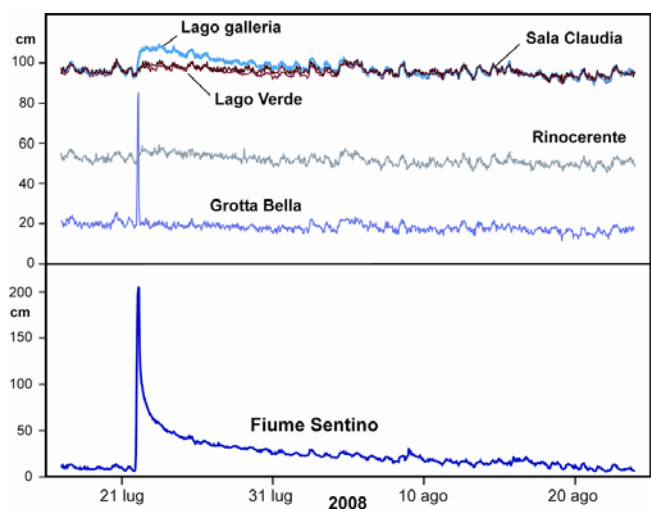


Figura 6. Livelli idrici durante la piena del luglio 2008.

Figure 6. Water levels during the flood of July 2008.

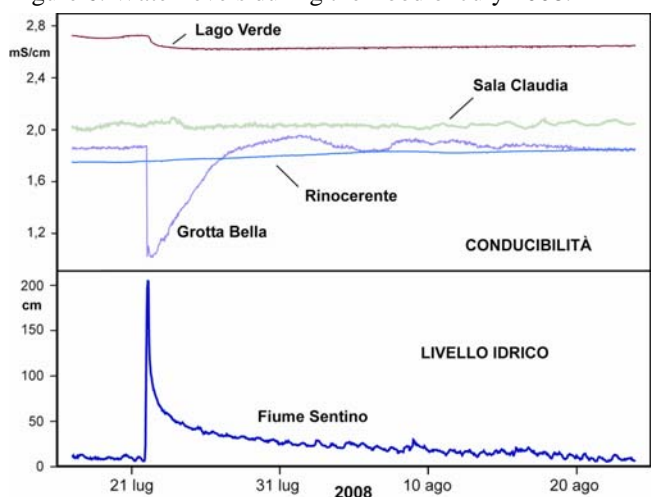


Figura 7. Variazioni di conducibilità durante la piena del luglio 2008.

Figure 7. Conductivity changes during the flood of July 2008.

acque fluviali con quelle della falda. Il ritorno alle preesistenti condizioni di temperatura e livello è altrettanto rapido, dopo il passaggio del massimo della piena. Nel Lago Verde e nelle altre località monitorate nelle regioni interne della grotta non si sono avute variazioni di livello di entità apprezzabile. Variazioni di minore entità sono invece state registrate nel lago della galleria, con risalita di livello di oltre 10 cm raggiunta con circa 12 ore di ritardo dal passaggio della piena (Fig. 6). I valori di conducibilità (Fig. 7) non mostrano variazioni imputabili alla diluizione da parte di acque d'infiltrazione nei laghi interni (Rinocerente e Sala Claudia). Nel Lago Verde, stagnante, ricaricato principalmente dal basso da acque sulfuree e ubicato in una zona esterna sotto un ridotto spessore di roccia estremamente carsificata, è stato registrato un leggero ma permanente abbassamento dei valori di conducibilità nello strato idrico più superficiale, a 30 cm di profondità; questo è probabilmente stato causato da diluizione per aumento dello stillicidio, in analogia a quanto osservato già in precedenza (GALDENZI et al., 2008). L'alto grado di diluizione per le acque drenate nella Grotta Bella non è invece attribuibile ad un accresciuto apporto di acque d'infiltrazione dall'alto nei giorni successivi alla piena, ma con buona probabilità è dovuto alla contaminazione ad opera delle acque di intrusione fluviale. Le variazioni di livello e la diluizione delle acque di falda registrati in occasione dell'evento di piena sembrano perciò confermare che la falda di subalveo del Fiume Sentino possa subire perdite verso la falda sulfurea contribuendo alla sua diluizione, con effetti limitati alla zona esterna del complesso.

Conclusioni

Le livellazioni e le misure dei livelli piezometrici hanno permesso di verificare la notevole regolarità della superficie piezometrica nell'acquifero sulfureo, dovuta ad una permeabilità molto elevata legata ad un alto grado

zona più esterna della grotta, e sono probabilmente responsabili di piccole variazioni nel deflusso sotterraneo rispetto alle osservazioni effettuate negli anni '70 (GALDENZI, 1978). L'idrodinamica della falda idrica tuttavia risente limitatamente delle variazioni di livello e di portata del fiume: le continue oscillazioni di portata del fiume, con variazioni di pochi decimetri nel livello, non trovano infatti riscontro nei livelli della falda idrica (Fig. 6). Anche i sensibili innalzamenti nel livello della falda nella stagione primaverile, fino a +1,5 m rispetto ai periodi di magra, non sono direttamente legati alle variazioni di portata del fiume, ma sono associati alla diluizione delle acque sulfuree per gli apporti di acqua meteorica dall'alto (GALDENZI et al., 2008). Queste indicazioni sembrano confermate dai nuovi dati acquisiti dai datalogger, la cui analisi di dettaglio tuttavia esula dagli obiettivi di questa nota.

Durante il periodo di monitoraggio, un violento ed isolato evento di piena registrato il 22 luglio 2008 ha fornito ulteriori elementi sulle interazioni tra fiume e falda. Un forte temporale che ha interessato soprattutto la parte a monte del bacino del F. Sentino ha infatti causato un'onda di piena che ha attraversato la Gola di Frasassi, causando la repentina risalita del livello fluviale fino a +2 m (Fig. 6); questo evento è molto significativo, in quanto cade in un periodo secco, con condizioni della falda molto stabili ed in assenza di significative variazioni negli apporti di acque dall'alto. Nella zona della sorgente, la piena ha portato il livello fluviale sopra il normale livello delle acque di falda causando un brusco innalzamento del livello della falda nella Grotta Bella, immediatamente a ridosso del punto di emergenza (Fig. 6). Il simultaneo aumento della temperatura (dati non mostrati) fa ritenere probabile una almeno parziale inversione del flusso nelle condotte carsiche all'emergenza, con miscelazione delle

di carsificazione. Le diverse condizioni di flusso esistenti sono riconducibili più alle condizioni morfologiche locali che ad una effettiva differenza nei gradienti idraulici.

Il livello della falda nella grotta è regolato dalla quota di scorrimento del Fiume Sentino nelle zone di emergenza, ma le variazioni di livello e di portata del fiume influenzano direttamente i livelli freatici solo nelle parti più esterne del complesso carsico e non si propagano nelle zone interne della grotta. Anche le variazioni stagionali di livello e di composizione risentono principalmente dei variabili apporti di acque meteoriche di infiltrazione che si miscelano con le acque sulfuree della falda. La possibilità di un contributo delle acque fluviali alla diluizione delle acque sulfuree può essere ipotizzata in base alle quote piezometriche misurate ed è stata verificata nella zona esterna del complesso in occasione di una piena isolata.

Ringraziamenti

Le attività sono state effettuate nell'ambito del progetto "L'emergenza sulfurea di Frasassi. Studio delle variazioni stagionali in relazione all'evoluzione speleogenetica dell'area", finanziato dalla Regione Marche (L.R. 12/2000), portato avanti da Gruppo Grotte Recanati, G.S. CAI Macerata, C.R.S. "Nottoloni" Macerata e G.A.SP. Civitanova Marche. Ringraziamo SANDRO MARIANI, che ha collaborato alle livellazioni con il Lago Blanco, SIMONE CERIONI ed altri speleologi che hanno collaborato in varie occasioni ai rilievi. Un particolare ringraziamento va a FABIO BALDONI, che ha partecipato attivamente alla livellazioni in tutta l'area limitrofa alla emergenze sulfuree e nella Grotta del Fiume.

Bibliografia

- BOCCHINI A., COLTORTI M., 1990. *Il complesso carsico Grotta del Fiume Grotta Grande del Vento e l'evoluzione geomorfologica della Gola di Frasassi*. In: S. GALDENZI & M. MENICHETTI (Eds.), *Il carsismo della Gola di Frasassi*. Memorie Istituto Italiano Speleologia, s. II, **4**, 155-180.
- GALDENZI S., 1978. *Osservazioni sulle cavità nei pressi della sorgente sulfurea di Frasassi*. Preprints XIII Congresso Nazionale Speleologia, Perugia.
- GALDENZI S., 1990. *Un modello genetico per la Grotta Grande del Vento*. In: S. GALDENZI & M. MENICHETTI (Eds.), *Il carsismo della Gola di Frasassi*. Memorie Istituto Italiano di Speleologia, s. II, **4**, 123-142.
- GALDENZI S., COCCHIONI M., MORICCHETTI L., AMICI V., SCURI S., 2008. *Sulfidic Ground-Water Chemistry in the Frasassi Caves, Italy*. Journal of Cave and Karst Studies, **70** (2), 94-107.
- GALDENZI S., MARUOKA T., 2003. *Gypsum deposits in the Frasassi Caves, central Italy*. Journal of Cave and Karst Studies, **65** (2), 111-125.
- MARIANI S., MAINIERO M., BARCHI M., VAN DER BORG K., VONHOF H., MONTANARI A., 2007. *Use of speleologic data to evaluate Holocene uplifting and tilting: an example from the Frasassi anticline (northeastern Apennines, Italy)*. Earth and Planetary Science Letters, **257**, 313-328.

SPELEOGENESI NELLE DOLOMIE DELLA FORMAZIONE DI DORGALI (SARDEGNA CENTRO ORIENTALE)

LAURA SANNA¹, SALVATORE CABRAS², JO DE WAELE³

¹ *Istituto di Biometeorologia, Consiglio Nazionale delle Ricerche, IBIMET-CNR, Sassari;*
speleokikers@tiscali.it

² *Gruppo Archeologico Speleologico Ambientale Urzulei, Urzulei; salvacabra@tiscali.it*

³ *Dip. Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali, Sez. Geologia (BIGEA), Bologna; jo.dewaele@unibo.it*

Riassunto

Il margine interno del Supramonte costiero (Sardegna centro-orientale) è orlato dall'affioramento di graniti e/o filladi appartenenti al basamento paleozoico, messi a nudo dalle dislocazioni terziarie e dall'erosione delle coperture giurassiche. Questa successione sedimentaria è costituita alla base da livelli di argille, marne, conglomerati e sabbie di spessore variabile (generalmente qualche metro), seguita da dolomie sabbiose che diventano progressivamente più carbonatiche (Formazione di Dorgali). Nel settore centro-occidentale dell'altopiano (zona di Marghine – Su Canale) si sviluppano alcuni sistemi carsici allineati lungo il contatto tra i litotipi cristallini e quelli carbonatici. Con i loro piccoli corsi d'acqua, questi reticoli sotterranei drenano gli apporti allogenicici di modeste depressioni, impostate sul basamento impermeabile. La tipica morfologia delle grotte è caratterizzata dall'assenza di superfici di dissoluzione e dalla presenza di ampi vuoti che aumentano le loro dimensioni in profondità, con volumi che la ricarica disponibile non sembrerebbe giustificare. Il soffitto è generalmente piatto e relativamente basso, mentre il pavimento è mascherato dall'accumulo di depositi graviclastici. Parte di questi ambienti vadosi sono a volte sviluppati per diversi metri dentro le rocce insolubili del basamento e in alcuni casi i passaggi sono completamente scavati nei graniti o nelle rocce metamorfiche. L'analisi mineralogica dei prodotti di alterazione al contatto tra le rocce paleozoiche e i sedimenti mesozoici ha rivelato la presenza di tipici minerali secondari prodotti dall'idrolisi dei silicati quali montmorillonite, caolinite e clorite. La speleogenesi di questi sistemi carsici può quindi essere spiegata con una prima fase dissolutiva del cemento carbonatico degli strati basali di dolomia sabbiosa. Questo stadio origina un materiale sciolto che può essere facilmente asportato dall'erosione esercitata dalle acque correnti e, una volta raggiunte le dimensioni critiche del vuoto, la successiva formazione della grotta avviene molto rapidamente portando ad ambienti ampi in poche migliaia di anni.

Parole chiave: dissoluzione, erosione, grotte di contatto, Supramonte.

Abstract

SPELEOGENESIS IN THE DOLOSTONES OF THE DORGALI FORMATION (CENTRAL-EAST SARDINIA) - *The inner margin of coastal Supramonte (central-east Sardinia) is bordered by the outcrops of Palaeozoic granites and/or phyllites underlying the Jurassic sedimentary covers and outcropping because of tectonics and erosion. The Jurassic successions start with clay layers, marls, conglomerates and sands of different thickness (generally some metres), followed by sandy dolostones increasing their carbonate content upwards (Dorgali Formation). In the central-western sector (Marghine – Su Canale area), a series of karst systems develops along the contact between these silicate and carbonate rocks. With their streamlets, the underground networks drain the allogenic recharge of small depressions formed on the impermeable basement. The typical morphologies of these caves are characterised by lack of dissolutional morphologies and presence of wide voids that increase their size with depth, with volumes incompatible with the available discharge. The ceiling is generally flat and relatively low, while the floor is masked by a pile of graviclastic deposits. Parts of these vadose passages are sometimes developed for several metres in granite or metamorphic rocks. The mineralogical analysis of the weathering products at the contact between the palaeozoic basement and the mesozoic sediments have shown the presence of typical silicate hydrolysis minerals such as montmorillonite, kaolinite, and chlorite. The speleogenesis of these karst systems can thus be described through a first dissolutional phase that affects the carbonate cement of the basal sandy dolostones. This stage produces loose material that can easily be removed by water erosion. Once the critical dimensions of the void have been reached huge chambers can form in a few thousands of years.*

Key words: dissolution, erosion, contact caves, Supramonte.

Introduzione

Nella parte centro-orientale della Sardegna, i batoliti granitici appartenenti alla catena varisica (CARMIGNANI et al., 2001) sono coperti da carbonati mesozoici, formando una delle più importanti aree carsiche dell'isola e il vasto acquifero del Golfo di Orosei (DE WAELE, 2004). Questo altopiano, che occupa una superficie di oltre 210 km², è costituito per quasi l'80% da dolomie e calcari del Giurassico Medio che giacciono in discordanza sul basamento cristallino del Paleozoico. Nelle zone in cui questo basamento borda la piattaforma carbonatica, spesso alimenta l'acquifero carsico con apporti allogenicici. La ricarica allogenica ha permesso lo sviluppo di un reticolo carsico sotterraneo al contatto tra le dolomie inferiori e le rocce plutoniche (DE WAELE et al., 2002; SANNA et al., 2012). Recentemente sono stati inoltre scoperti nuovi sistemi carsici scavati direttamente nelle rocce granitiche, mettendo in evidenza la complessità dei fenomeni che intervengono nella creazione di vasti reticoli carsici sotterranei di questa zona. Lo scopo di questo lavoro è presentare il particolare meccanismo speleogenetico che ha permesso la formazione di questi vasti ambienti sotterranei al contatto tra le dolomie della Formazione di Dorgali e i sottostanti graniti.

Inquadramento dell'area

Aspetti geologici

L'altopiano di Marghine si estende a circa 1000 m di quota nella testata in destra idrografica della valle di Codula Ilune, e risulta uno dei più rappresentativi esempi di questo tipo di ricarica allogenica. Qui il basamento varisico è stato eroso per milioni di anni prima di essere sommerso da un mare giurassico circa 170 milioni di anni fa (Fig. 1). La transizione tra graniti e la piattaforma mesozoica è spesso caratterizzata dall'affioramento di sedimenti silicoclastici di spessore variabile legati ad ambienti continentali e di transizione (Formazione di Genna Selole). Questi depositi sono costituiti da conglomerati clasto-sostenuti a quarzo che spesso passano lateralmente a marne con ciottoli di quarzo di qualche centimetro (Fig. 2A). Gli spessori sono molto variabili, andando a riempire paleo-canali e depressioni, raggiungendo localmente qualche metro di spessore (per esempio nella grotta di Su Clovu) o completamente assenti. Verso l'alto questa sequenza diventa progressivamente più carbonatica, formando prima dolomie ricche di quarzo, per poi passare completamente al sistema di piattaforma impostata sul margine passivo della Tetide. Nell'area di studio gli spessori della successione raggiungono spessori di circa 800 m (DIENI et al., 1983) con alla base le dolomie della Formazione di Dorgali, seguite dai calcari della Formazione di Monte Tului, sigillati al tetto dai calcari e dalle calcareniti della Formazione di Monte Bardia (JADOUL et al., 2010). Il sistema di faglie e la struttura generale dell'area, tiltata verso est e confinata alla base dalle rocce impermeabili, obbligano le acque d'infiltrazione a fluire verso est e a emergere in numerose sorgenti sottomarine localizzate lungo il margine costiero dell'altopiano.

Il carsismo

L'assetto strutturale dei sistemi carsici che si sviluppano su questo massiccio carbonatico è fortemente influenzato dalla transizione tra la piattaforma carbonatica e le rocce meno permeabili del sottostante basamento, che determina una ricarica allogenica dell'acquifero, caratterizzata da basse portate durante la maggior parte dell'anno e da importanti impulsi durante gli eventi temporaleschi, con portate che si incrementano di due ordini di grandezza. Questa geometria crea grotte di contatto alla cui genesi partecipano processi di erosione e dissoluzione all'interfaccia tra le due unità carbonatica-granitica, con dimensioni che possono raggiungere svariati chilometri. Lontano dagli inghiottitoi, il flusso sotterraneo si concentra e per ragioni strutturali abbandona il contatto con il basamento per seguire il suo percorso verso il mare attraversando le facies carbonatiche. Le morfologie sotterranee in questa zona sono caratterizzate da fessure allargate tipo canyon nelle dolomie e da gallerie di dissoluzione molto ampie nel calcare. In qualche grotta inoltre, nella parte più a monte, alcuni passaggi sono completamente scavati in rocce del basamento. Le principali cavità della zona sono qui di seguito brevemente descritte.

La grotta di Lovettecannas fu scoperta nel 2001 da speleologi del Groupe Ulysse Spéléo di Lione (Francia), del Gruppo Speleo-Archeologico Giovanni Spano e dell'Unione Speleologica Cagliariitana; attualmente raggiunge quasi 6 km di sviluppo per una profondità di circa 500 metri (ARRICA et al., 2011). Questa cavità è costituita da ambienti che si allargano lateralmente, con un soffitto relativamente basso e occupati da vasti crolli, tra cui appare e scompare un piccolo corso d'acqua. Come avviene in diverse parti dei sistemi carsici nella zona di Marghine, il basamento affiora sporadicamente lungo il corso d'acqua, come una massa di granito arenizzato (chiazze bianche sul pavimento in Fig. 2B).

Murgulavò, scoperta nel giugno 2010 dagli speleologi del CENTRO SPELEOLOGICO CAGLIARITANO (2010), è una cavità estremamente ricca di speleotemi carbonatici (Fig. 2C). Questa grotta, sviluppata per oltre 3 km, è costituita da stretti pozzi nelle dolomie basali del Giurassico che rapidamente scendono verso un piccolo torrente che scorre a circa 50 metri di profondità rispetto all'ingresso. Da questo punto una galleria rotonda impostata interamente dentro i graniti con un diametro di circa 4 metri scende ripida e solo circa 100 metri a valle la cavità ritorna a svilupparsi nelle rocce carbonatiche, formando ampie sale. Di tanto in tanto, specialmente verso il fondo di ampie sale di crollo (a circa 280 metri di profondità), la grotta attraversa la parte basale (trasgressiva) dei sedimenti mesozoici, caratterizzati da sabbie, conglomerati e argille.

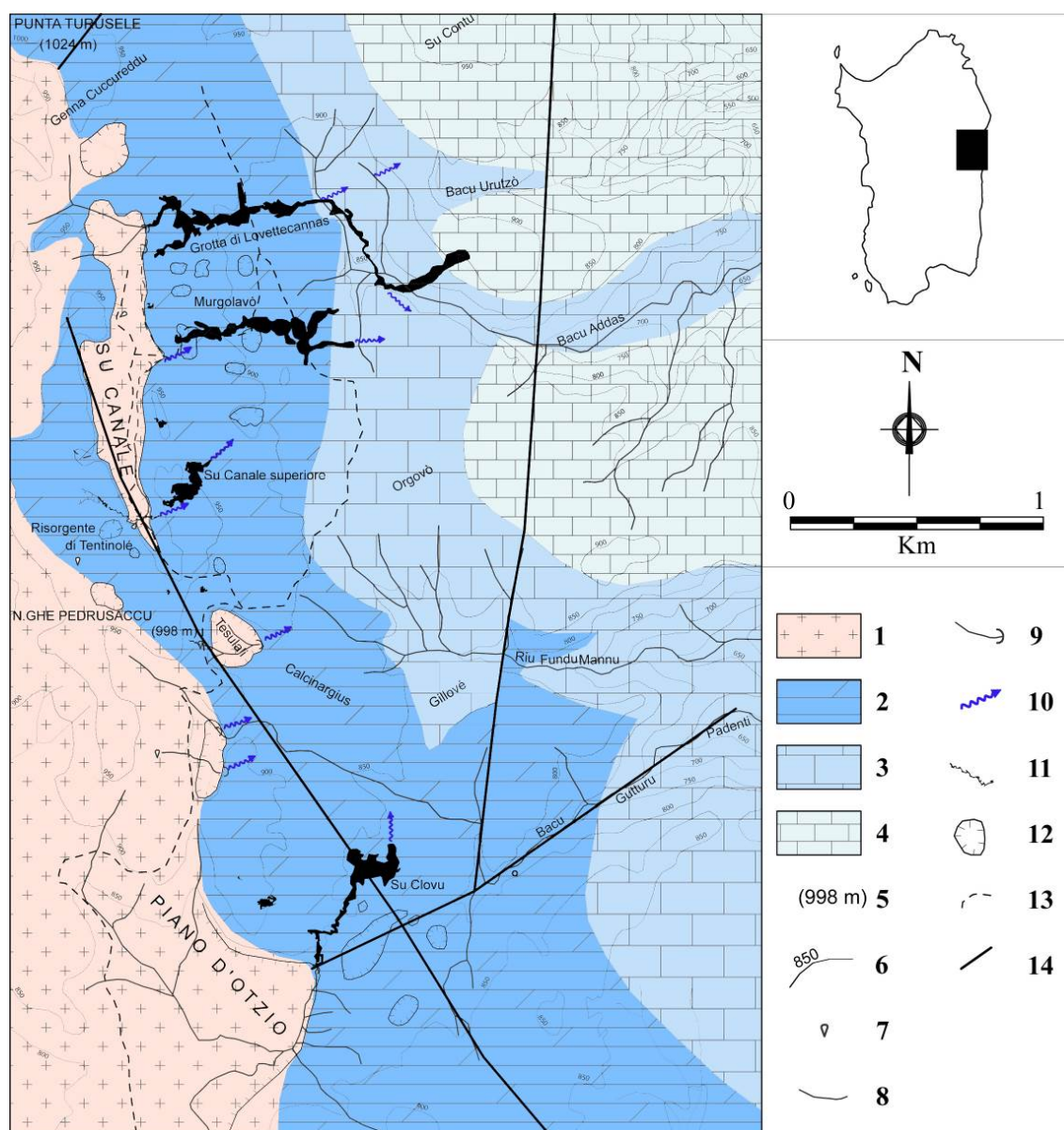


Figura 1. Carta geologica dell'altopiano di Marghine. 1) Graniti; 2) Dolomie; 3) e 4) Calcari; 5) Cime; 6) Isoipse; 7) Sorgenti; 8) Reticolo di drenaggio superficiale; 9) Inghiottitoi; 10) Drenaggio sotterraneo; 11) Grotte; 12) Doline; 13) Strade; 14) Faglie principali.

Figure 1. Geological sketch map of Marghine plateau. 1) Granites; 2) Dolostones; 3) and 4) Limestones; 5) Summits; 6) Contour lines; 7) Springs; 8) Surface drainage; 9) Sinkholes; 10) Underground water flow; 11) Cave conduits; 12) Dolines; 13) Roads; 14) Main faults.

La grotta di Su Canale Superiore costituisce il principale inghiottitoio attivo della depressione carsica omonima e si sviluppa per circa 2 km e 110 m di profondità, con un piccolo collettore perenne che si perde in un laminatoio impraticabile. L'aspetto generale dei passaggi è simile a quelli di Lovettecannas ma ridotti nelle dimensioni, con ambienti franosi impostati al contatto con lo strato sabbioso granitico (DE WAELE et al., 2002).

Su Clovu rappresenta l'inghiottitoio attivo della Piana d'Otzio, profondo 140 m e con uno sviluppo di poco più di 1700 m. L'ingresso di questa grotta è localizzato alla base delle pareti che bordano la zona di assorbimento della piana, che periodicamente si allaga in occasione delle piogge. L'inghiottitoio è caratterizzato da ambienti di frana che conducono a un ampio salone terminale di interstrato il cui fondo è occupato da grandi blocchi di frana sotto cui scorre un piccolo torrente. Questo ambiente si è originato a spese dei depositi trasgressivi della Formazione di Genna Selole, che affiorano con spessori di oltre 5 metri nella sua parte terminale (Fig. 2F).

Metodi

Il rilievo geomorfologico di superficie e ipogeo è stato seguito dal campionamento delle principali facies e dei prodotti di alterazione e residuali al contatto tra graniti e coperture sedimentarie. Tutti i campioni sono stati osservati in microscopia ottica (previa preparazione di sezioni sottili) per la determinazione delle loro caratteristiche minero-petrografiche, impiegando un microscopio ottico da mineralogia Leitz Laborlux 12 Pol-S, presso il Dipartimento di Scienze della Natura e del Territorio dell'Università degli Studi di Sassari. Una parte di ogni campione è stata ridotta a polvere per le analisi diffrattometriche condotte con un Diffratometro a raggi X (Philips PW 1050/25) presso il Centro Interdipartimentale Grandi Strumenti dell'Università di Modena e Reggio Emilia, con le seguenti condizioni sperimentali: 40Kv e 20 mA tube, radiazione CuK α Ni filtrata ($\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$). Le analisi delle argille sono state eseguite sia sui campioni naturali, sia su frazione trattata con glicerina.

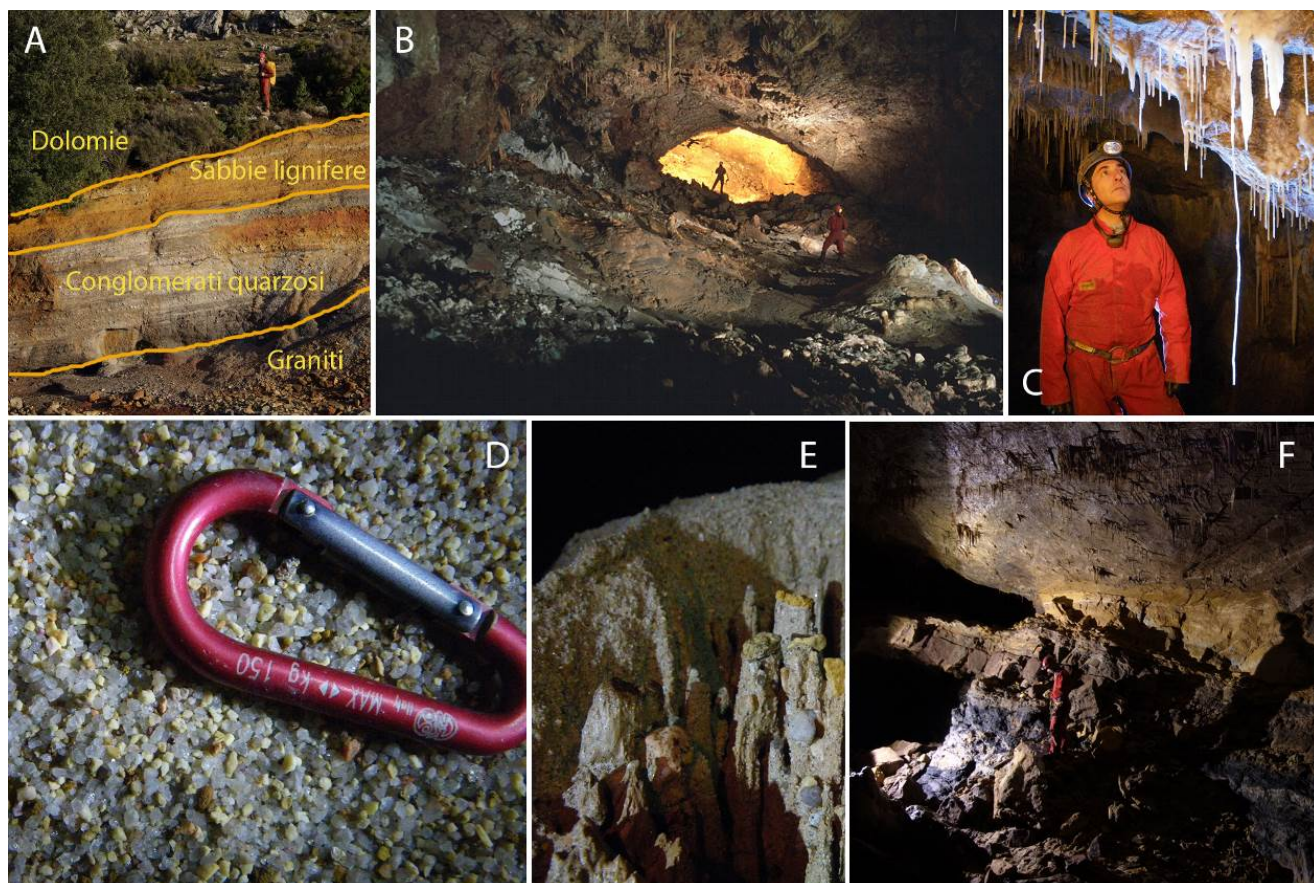


Figura 2. Caratteri carsici dell'altopiano di Marghine. A) Sedimenti silicoclastici di transizione tra carbonati e graniti (foto V. CROBU). B) Processi di arenizzazione producono grosse quantità di depositi sabbiosi nella grotta di Lovettecannas (foto R. DE LUCA). C) Speleotemi nella grotta di Murgulavó (foto L. SANNA). D) Sabbia residuale quarzoso-feldspatica (foto L. SANNA). E) Argillificazione di mica e feldspati (foto L. SANNA). F) Sedimenti trasgressivi sabbiosi e carbonacei sui graniti esposti a Su Clovu (foto R. DE LUCA).

Figure 2. Karst features of Marghine plateau. A) Siliciclastic transition between carbonate and granite rocks (photo V. CROBU). B) Arenization process produces huge amount of sandy sediment within Lovettecannas cave (photo R. DE LUCA). C) Speleothems in Murgulavó cave (photo L. SANNA). D) Residual quartz and feldspar sand (photo L. SANNA). E) Feldspar and mica argillification (photo L. SANNA). F) Carbonaceous, sandy transgressive sediments on granite rock exposed in the Su Clovu cave (photo R. DE LUCA).

Risultati

L'analisi mineralogica dei prodotti di alterazione al contatto tra rocce paleozoiche e mesozoiche ha rivelato la prevalente presenza di caolinite accompagnata da ossidi di ferro formati per lisciviazione spinta della roccia granitica. Le analisi diffrattometriche inoltre hanno confermato la presenza di montmorillonite, illite e clorite che con la caolinite costituiscono la tipica associazione di minerali secondari di alterazione di feldspati e miche (Fig. 2E). Questi minerali rappresentano uno stadio avanzato di arenizzazione corrispondente a un'intensa idrolisi. Le acque che fluiscono al contatto tra i graniti alla base e le sovrastanti dolomie permettono che questo materiale sciolto venga asportato piuttosto facilmente.

Le indagini in microscopia ottica hanno inoltre rilevato una dissoluzione pervasiva delle dolomie basali ricche di quarzo, mettendo in evidenza la molteplicità di processi che intervengono nella speleogenesi di questi sistemi carsici di contatto. La dissoluzione sembra quindi giocare un ruolo importante nel primo stadio speleogenetico, dissolvendo il cemento carbonatico degli strati basali di dolomia sabbiosa, quindi rilasciando sabbie sciolte che possono essere facilmente erose dalle acque correnti (Fig. 2D).

Discussione

L'evoluzione speleogenetica delle grotte di contatto nelle dolomie della Formazione di Dorgali può essere ascritta a una successione di fasi, a partire dall'emersione della piattaforma carbonatica alla fine dell'Eocene. Durante periodi con clima più umido dell'attuale, gli apporti allogenicivi provenienti dagli affioramenti granitici forzavano le acque sotterranee a circolare in condizioni freatiche dentro proto-condotti formati per lenta idrolisi lungo le fessurazioni e i giunti di strato al contatto tra le rocce del basamento paleozoico parzialmente saprolitizzate e la sovrastante piattaforma carbonatica (Fig. 3A). In seguito l'abbassamento del livello piezometrico avrebbe intensificato l'effetto dell'arenizzazione dentro i condotti scavati in rocce non carbonatiche e l'erosione dei depositi silicoclastici trasgressivi interposti tra graniti e carbonati. Nella zona epifreatica la dissoluzione carsica allargava i passaggi nelle dolomie e nei calcari (Fig. 3B). L'ulteriore ampliamento di questi condotti carsici avrebbe causato il collasso della volta mentre lo scorrimento idrico inspessiva la fascia di arenizzazione nella zona di ossidazione, asportando il materiale sciolto (Fig. 3C). In condizioni di clima più caldo, la ricarica allogenica ha continuato ad alimentare i sistemi carsici attraverso piccoli inghiottitoi al contatto tra le rocce impermeabili e quelle carbonatiche, mentre le acque di percolazione hanno portato alla formazione di speleotemi che ora ricoprono il caos di blocchi che occupa il pavimento di questi ambienti (Fig. 3D).

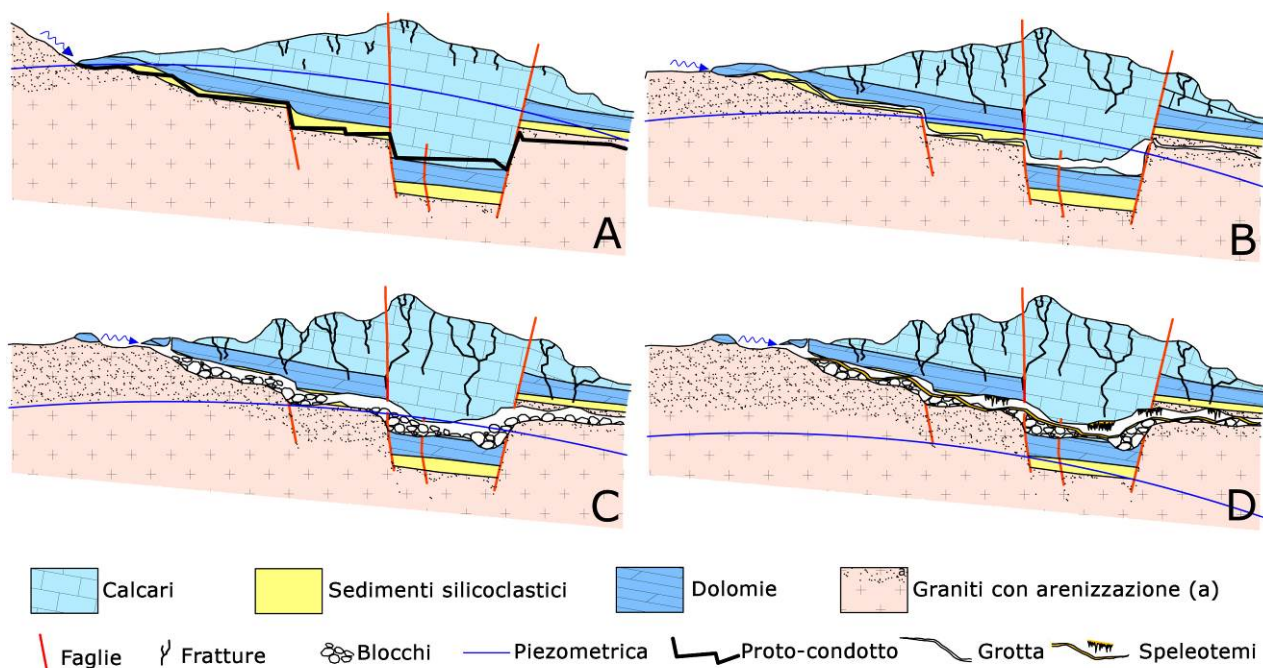


Figura 3. Evoluzione speleogenetica delle grotte di contatto della Sardegna (non in scala).

Figure 3. Speleogenetic evolution of Sardinian contact caves (not to scale).

Conclusioni

L'erosione esercitata dalle acque sotterranee sul basamento impermeabile al contatto basale tra rocce carbonatiche è facilmente osservabile nei sistemi carsici della Sardegna centro-orientale. La speleogenesi di queste grotte è per lo più legata all'alterazione delle rocce del sottostante basamento e alla loro successiva erosione da parte delle acque correnti, piuttosto che dalla dissoluzione delle rocce carbonatiche. In un primo stadio in condizioni umide e tropicali, l'area è stata interessata da una rapida e abbondante arenizzazione (o argillificazione) delle rocce cristalline, producendo caolinite, ossidi di ferro, montmorillonite, illite e clorite. Quindi, in ambiente temperato si è creato uno scheletro arenizzato composto da granuli minerali frammisti a poca argilla. Una volta che sono state raggiunte le dimensioni critiche, la formazione della grotta avvenne abbastanza rapidamente conducendo alla creazione di ampie sale in poche migliaia di anni. Le datazioni attualmente in corso su alcuni speleotemi chiariranno la cronologia di questi processi. L'insieme dell'erosione fisica e della dissoluzione delle dolomie osservato nei sistemi carsici del Golfo di Orosei al contatto tra rocce non-carbonatiche, è piuttosto complesso mostrando una lentissima idrolisi dei silicati ad opera della circolazione delle acque sotterranee attraverso i piani di strato e produttore l'alterazione dei minerali ignei in argille mescolate con sabbia composta da granuli dei cristalli più resistenti, principalmente quarzo e subordinatamente feldspato. I processi non-dissolutivi alimentati dalla ricarica allogena, risultano pertanto molto importanti nella speleogenesi delle grotte dell'altopiano di Marghine dove hanno creato anche ampi passaggi completamente scavati dentro i graniti. Lo studio di questi caratteri pseudocarsici indica che l'arenizzazione dei graniti avviene al contatto tra carbonati e rocce del basamento, rappresentando un importante processo speleogenetico in quest'aria carsica.

Ringraziamenti

Un sentito ringraziamento va al Prof. ANTONIO ROSSI per la sua infinita disponibilità e accuratezza nell'analizzare i campioni e al Prof. GIACOMO OGGIANO per aver messo a disposizione i microscopi per le osservazioni in sezione sottile. Questo lavoro non sarebbe stato possibile senza l'aiuto dei tanti speleologi che hanno esplorato in queste splendide grotte negli ultimi 15 anni. Un grazie particolare va a RICCARDO DE LUCA e VITTORIO CROBU per lo splendido contributo fornito con le loro immagini di questi ambienti sotterranei.

Bibliografia

- ARRICA S., MELIS G., PANI D., 2011. *Lovettecannas una nuova stagione esplorativa*. Speleologia, **65**, 40-47.
- CARMIGNANI L., OGGIANO G., BARCA S., CONTI P., SALVADORI I., ELTRUDIS A., FUNEDDA A., PASCI S., 2001. *Geologia della Sardegna. Note illustrative della Carta Geologica della Sardegna a scala 1:200.000*. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 283 pp.
- CENTRO SPELEOLOGICO CAGLIARITANO, 2010. *Superato l'inghiottitoio di Gutturu 'e Murgulavò*. Speleologia, **63**, 73-74.
- DE WAELE J., 2004. *Geomorphologic evolution of a coastal karst: the Gulf of Orosei (Central-East Sardinia, Italy)*. Acta Carsologica, **33**, 37-54.
- DE WAELE J., ONNIS C., ROBIN Y., 2002. *Lovettecannas un an d'exploration à la cote mille*. Spelunca, **88**, 21-38.
- DIENI I., FISCHER J. C., MASSARI F., SALARD-CHEBOLDAEFF M., VOZENIN-SERRA C., 1983. *La succession de Genna Selole (Baunei) dans le cadre de la paléogéographie mésojurassique de la Sardaigne orientale*. Memorie della Società Geologica Italiana, **36**, 117-148.
- JADOUL F., LANFRANCHI A., BERRA F., ERBA E., CASELLATO C.E., CHERCHI A., SIMONE L., SCHROEDER R., CARANNANTE G., IBBA A., 2010. *I sistemi carbonatici giurassici della Sardegna orientale (Golfo di Orosei) ed eventi deposizionali nel sistema carbonatico giurassico-cretacico della Nurra (Sardegna nord-occidentale)*. Geological Field Trips, 84° Congr. Naz. Soc. Geol. It., Sassari, 2008, Excursion E05, **2** (2.1), 122 pp.
- SANNA L., DE WAELE J., CALAFORRA J.M., ROSSI A., CABRAS S., MUNTONI A., 2012. *Allogenic contact caves in Central East Sardinia (Italy): their speleogenesis and evolution*. Rend. Online Soc. Geol. It., **21**, 634-636.

PROVE DI COLORAZIONE E RECENTI ESPLORAZIONI NELL'AREA DELLA GROTTA DEL FALCO - MONTI ALBURNI (CAMPANIA)

LUCA COZZOLINO¹, NORMA DAMIANO¹, UMBERTO DEL VECCHIO¹, GIANLUCA MINIERI¹,
LUCIA TESTA¹, PASQUALE TRIFONE¹

¹GS CAI Napoli, via Trinità degli Spagnoli n.41, Naples; speleologia@cainapoli.it

Riassunto

Nell'ambito delle esplorazioni che l'associazione di ricerca intergruppi Alburni Exploration Team sta conducendo sul massiccio dei Monti Alburni, in provincia di Salerno, nel 2012 prende avvio un programma di ricerca idrogeologica volta alla conoscenza della circolazione idrica sotterranea in questo massiccio. A tal fine viene preparato un progetto di ricerca idrogeologica che vede l'esecuzione di prove con traccianti in alcune zone nella parte settentrionale del massiccio. Il progetto, sottoposto alla Direzione del Parco Nazionale Cilento e Vallo di Diano e da questo approvato, viene condotto nell'anno 2012. Una parte del progetto ha previsto una serie di prove coi traccianti nel comune di Corleto Monforte (loc. Piano di Campitelli), dove è conosciuto un importante collettore carsico, la Grotta del Falco (Cp 448), che presenta ad una profondità di circa 150 m una galleria sub-orizzontale percorsa da un torrente perenne. Le prove hanno cercato di ricostruire il collegamento tra gli inghiottitoi attivi presenti nella Piana di Campitelli, al fine di ricostruire il reticolo nell'area a monte della Grotta del Falco. Il recente ritrovamento di una nuova grotta, che ha permesso l'esplorazione di un lungo tratto del collettore nella zona a monte, ha reso necessari ulteriori studi. Il progetto di colorazioni ha avuto come obiettivo anche la conferma del recapito finale delle acque supposto essere alla Grotta di Pertosa (Cp 1) e ad alcune risorgive che si aprono lungo il Fiume Tanagro.

Parole chiave: carsismo, Monti Alburni, Petina, idrogeologia, traccianti, colorazioni

Abstract

TRACING TESTS AND RECENT EXPLORATIONS IN THE GROTTA DEL FALCO AREA – ALBURNI MTS., CAMPANIA, SOUTHERN ITALY - The Alburni Exploration Team is an intergroup association joining caving clubs from Campania and Apulia to carry out exploration and interdisciplinary studies on the Alburni Mts. and their caves. Alburni Mountains, in the Salerno province, is one of the most important karst areas in Campania. In 2012 we started a research program aimed at undertaking studies about the hydrogeology of this area. The project has planned to perform a series of tests with tracers, at Piano di Campitelli, where is the entrance of Falco Cave (Cp 448 in the Campania Caves Register): in this cave, at about 150 m of depth, an important underground karst river flows, about 1,5 km long. The tests had the main purpose to understand the connection between the active sinkholes in the Piano di Campitelli, in order to reconstruct the upstream water drainage network of the Falco Cave. The recent discovery of a new cave, located upstream of the Falco Cave, allowed the exploration of a new long segment of the underground river, making necessary further studies. The hydrological project also had the purpose to verify the final water reach, supposed to be the Pertosa Cave (Cp 1) and some springs along the Tanagro River.

Key words: karst, Alburni Mts., Petina, hydrogeology, tracers

Introduzione

Una delle principali aree carsiche della Campania è quella dei i Monti Alburni, in provincia di Salerno, situati nel Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano. Vi sono conosciute oltre 200 cavità naturali ed alcuni sistemi carsici di ampio sviluppo che alimentano sorgenti presenti alle pendici del massiccio da cui nascono fiumi e torrenti che alimentano i fiumi Calore e Tanagro.

I Monti Alburni rappresentano un'area di grande interesse scientifico, numerosi sono gli studi effettuati per conoscere l'idrogeologia del massiccio (CELICO et al., 1994) e le conoscenze empiriche svolte dagli speleologi negli anni '80 e '90 attraverso le prove di colorazione (BELLUCCI et al., 1995; GIULIVO et al., 2005).

Nell'anno 2011 viene preparato un progetto di ricerca idrogeologico su alcune zone del massiccio, corredato da

cartografie e da un piano operativo di ricerca, che è sottoposto alla Direzione del Parco Nazionale Cilento e Vallo di Diano per la dovuta approvazione. Lo scopo è riprendere le ricerche idrogeologiche ed acquisire un quadro di conoscenze aggiornato utile sia nella ricerca che nella gestione del patrimonio idrico del massiccio. Il progetto viene autorizzato dal Parco Nazionale Cilento e Vallo di Diano nel mese di luglio 2011 e condotto nell'anno 2012. Esso coinvolge speleologi che afferiscono all'Alburni Exploration Team, un'associazione intergruppi che unisce alcuni gruppi delle Federazioni Speleologiche Campana e Pugliese, ed ha previsto una serie di prove nel territorio comunale di Corleto Monforte (SA), sul versante S con recapito finale verso la Grotta di Pertosa nell'ottica di definire il quadro della circolazione idrica sotterranea.

Inquadramento geologico e idrogeologico

Le grotte e le risorgenze oggetto di studio ricadono nel comune di Corleto Monforte e di Pertosa (SA) nel settore E del massiccio. I Monti Alburni possono essere definiti una struttura idrogeologica quasi totalmente isolata costituita prevalentemente da rocce calcaree del Cretaceo con uno spessore di almeno 1000 m; la monoclinale è bordata da lunghe faglie ed ha un'immersione verso SW (BELLUCCI et al., 1995; GIULIVO et al., 2005; DEL VECCHIO et al., 2013). Le rocce affioranti che determinano l'idrodinamica degli Alburni consentono di definire quattro complessi idrogeologici: il complesso carbonatico, costituito da calcari e calcari dolomitici che presenta numerosi sistemi di faglie e fratture su cui si generano molte forme carsiche; il complesso flyschioide, caratterizzato da depositi argillosi, marnosi ed arenaci, che rappresenta lo strato impermeabile; il complesso detritico, caratterizzato da detriti di falde e brecce di pendio; e il complesso lacustre-alluvionale, costituito da depositi lacustri e fluviali caratterizzati da un'alternanza di orizzonti con granulometria varia, da grossolana (ghiaia e sabbia) a fine (limo e argilla).

Per quanto riguarda la struttura idrogeologica, la falda di base del massiccio defluisce preferenzialmente da SE a NW seguendo un percorso a cascata; l'ostacolo maggiore per il deflusso di tale falda è rappresentato da una linea tettonica individuata dall'incisione che si sviluppa tra Pertosa e San Rufo. Tale faglia è corredata da un potente pacco di cataclasi tamponanti e dovrebbe dividere il massiccio in due strutture idrogeologiche di cui quella posta ad oriente drenerebbe verso il gruppo sorgentizio di Pertosa, mentre quella ad occidente avrebbe recapito preferenziale verso le sorgenti del basso Tanagro e di Castelcivita (GIULIVO et al., 2005).

Prove idrogeologiche con traccianti

Le prove eseguite nel territorio comunale di Corleto Monforte e di Pertosa intendevano verificare il collegamento tra gli inghiottitoi in località Piano di Campitelli e la Grotta del Falco e individuare il recapito finale delle acque che attraversano quest'ultima. Sono state a tal fine monitorati i possibili punti di recapito della Grotta dell'Acqua, la Grotta di Pertosa e alcune risorgenze diffuse presenti sul Fiume Tanagro a W della Grotta di Pertosa.

La prima prova ha riguardato il collegamento tra l'Inghiottitoio II dei Campitelli ed il tratto a monte della Grotta del Falco, che distano in linea d'aria poche centinaia di metri. Il 2 giugno dopo che una squadra aveva posizionato i captori nel tratto a monte della grotta in prossimità di un arrivo e in prossimità di una polla sorgiva, un'altra squadra immetteva 100 g di fluoresceina nel sifone di valle dell'Inghiottitoio II dei Campitelli. I campioni prelevati il giorno dopo sono stati analizzati in laboratorio e hanno mostrato in modo evidente che il captore posizionato nella polla sorgiva risultava positivo al passaggio della fluoresceina, confermando il presumibile collegamento fra l'Inghiottitoio II dei Campitelli e la Grotta del Falco (Fig. 1).

Una volta accertato questo collegamento si è passati subito ad eseguire le prove con l'immissione del tracciante nel sifone di valle della Grotta del Falco, dopo aver prelevato il. Il 9 giugno sono stati immessi 500 g di tracciante nel sistema ed è iniziato un lungo periodo di monitoraggio a valle (Fig. 2).

I punti di monitoraggio sono stati nel dettaglio:

- Grotta dell'Acqua, un punto nel tratto iniziale ed un altro nel tratto finale;
- Grotta di Pertosa, entrambi punti di monitoraggio interni, uno in prossimità della Cascata dopo il Ramo Paradiso e l'altro in prossimità del sifone a polla;
- risorgenze sul Tanagro, esternamente in prossimità di più scaturigini.

Il monitoraggio con il prelievo dei captori è durato per il periodo di giugno e luglio, e siccome le analisi eseguite in laboratorio tramite la lampada di Wood non hanno mai fornito risultati molto soddisfacenti, alla fine del mese di luglio si è provveduto ad eseguire le analisi con lo spettrofluorimetro per alcuni campioni.

Da queste analisi è risultato che alla Grotta di Pertosa il captore posizionato in prossimità della Cascata e prelevato nel mese di luglio è risultato positivo, mentre quello prelevato a metà giugno è risultato negativo, al pari di quello posizionato alla polla sorgiva. I captori posizionati alle sorgenti sul F. Tanagro sono risultati positivi quando prelevati nel mese di luglio. I captori posizionati alla Grotta dell'Acqua sono risultati positivi anche per prelievi fatti a metà giugno. In tabella 1 sono riassunti i risultati delle prove eseguite.

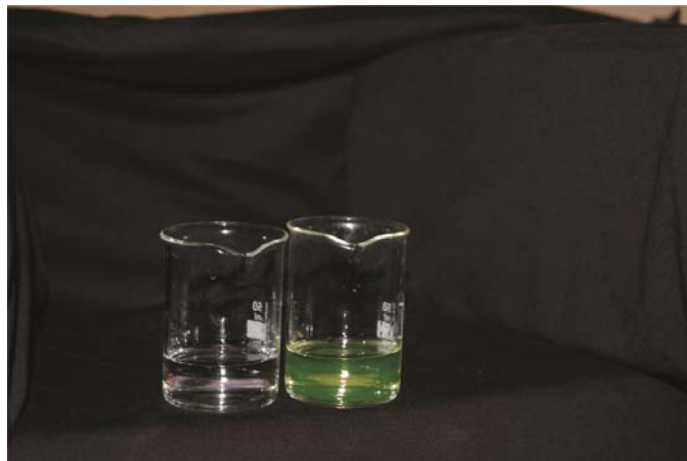


Figura 1. Sifone di valle dell'Inghiottitoio II dei Campitelli (sinistra) e analisi del campione attivato (destra) (foto N. DAMIANO & L. DE NITTO).

Figure 1. Siphon valley of Campitelli II Cave (left) and activated sample analysis (right) (photos N. DAMIANO & L. DE NITTO).



Figura 2. Fase dell'immissione del tracciante nel sifone di valle della Grotta del Falco (foto N. DAMIANO).

Figure 2. Introduction phase of the tracer in the siphon valley of

Questi risultati possono far ipotizzare che dalla Grotta del Falco l'acqua vada in falda e dopo un certo periodo di tempo, alquanto variabile in funzione della portata, emerge alle risorgenze sul Tanagro e alla Grotta di Pertosa in prossimità della Cascata. Non sembra essere interessata la polla sorgiva al fondo del Ramo del Sifone, che probabilmente è alimentato da altri apporti. I risultati positivi alla Grotta dell'Acqua possono essere giustificati con un travaso della falda in questa risorgenza o come una contaminazione avvenuta durante le prove (Fig. 3).

Recenti esplorazioni: Don Pasquale il Fotografo (DPiF)

Durante i sopralluoghi esterni nella zona dei Campitelli è stato rinvenuto un pozzo che dopo una breve disostruzione ha permesso di esplorare una nuova grotta fondamentale per capire l'idrogeologia della zona. Situato a mezza costa in una dolina adiacente lo sterrato che conduce agli Inghiottitoi I e II di Campitelli e alla Grotta del Falco, l'ingresso della grotta si presenta con uno stretto ingresso dal quale un breve salto di 15 m conduce su un'ampia sala dominata da crolli. Uno scivolo franoso immette su un secondo salto alla base del quale uno scivolo in strettaioa conduce ad una sequenza di due brevi salti. Successivamente una risalita di 3 m permette di accedere ad una saletta ove un'ampia finestra immette in quella che viene denominata "Valle Fangosa", in quanto da qui in poi la grotta diviene molto fangosa.

Valle Fangosa è rappresentata da due pozzi paralleli che si ricongiungono alla base nell'ultimo tratto. Gli ambienti dei

pozzi sono molto ampi e percorsi da zone con intenso stillicidio. Alla base dei pozzi parte un meandro di circa 60 metri, estremamente fangoso, che intercetta perpendicolarmente la galleria del torrente, a circa 120 m di profondità dall'ingresso.

Comune di Corleto Monforte - Pertosa		
Immissione tracciante	Monitoraggiorecapito finale	Risultati
I prova - giugno 2012		
Inghiottitoio II deiCampitelli	Grotta del Falco (polla sorgiva a monte)	positivo
II prova - giugno-luglio 2012		
Grotta del Falco	Grotta di Pertosa: Cascata dopo Ramo Paradiso	positivo
	Grotta di Pertosa: polla sorgiva ramo del Sifone	negativo
	Risorgenzesul Fiume Tanagro	positivo
	Grottadell'Acqua	positivo

Tabella 1. Riassunto delle prove eseguite.

Table 1. Test results



Figura 3. Linee di flusso idrico rappresentative per il sistema carsico Falco-Pertosa.

Figure 3. Lines of water flow to the representative of the karst system Falco-Pertosa.

La galleria si sviluppa da SE verso NW con un dislivello di 37 m e uno sviluppo spaziale di 630 m. Il ramo di valle si sviluppa per circa 190 m ed è caratterizzato dalla presenza di alcuni crolli che costringono a cercare la prosecuzione attraverso grossi massi. Lungo questo ramo si intercettano alcuni arrivi di acqua che si ipotizza provengano dalle vicine grave dei Campitelli. Il ramo termina con un lago sifone il quale dista 250 m in linea d'aria dal sifone di monte della Grotta del Falco. La vicinanza, la morfologia molto simile e una stima delle portate fa presupporre che DPiF rappresenti il tratto di monte del collettore della Grotta del Falco.

Il ramo a monte si sviluppa per circa 400 m presentando un più agevole passaggio e diversi arrivi importanti. Dopo 300 m di galleria si incontra un laghetto (Fig. 4) con una cascata alta circa 3 m facilmente evitabile mediante un passaggio alto. Dopo la cascata la galleria continua con morfologia molto simile e si incontra sulla sinistra un arrivo laterale con una stretta ma praticabile galleria con un grosso contributo di acqua, stimato all'incirca in 1/4 della portata complessiva del torrente (dato rilevato nel mese di aprile). Proseguendo lungo la galleria principale, dopo un centinaio di metri si giunge al laghetto sifone di monte.

Immediatamente ai lati del sifone dominano due grosse risalite in fase di esplorazione. Quella sulla sinistra orografica si presenta con un grosso crollo risalendo il quale ci si trova sotto un largo pozzo alto circa 25 m. La risalita sulla destra orografica, invece, inizia con un ramo molto fangoso che conduce, dopo circa 120 m e +20 m di dislivello, ad un crollo ove da un passaggio molto stretto proviene un grosso flusso d'aria.



Figura 4. DPiF, dettagli della galleria lato monte, (foto N. DAMIANO).

Figure 4. DPiF, Details of the tunnel side mount, (photos N. DAMIANO).

Conclusioni

La Grotta del Falco rappresenta un collettore carsico che drena le acque del settore NE del massiccio degli Alburni verso le risorgenze sul Tanagro e alla Grotta di Pertosa. L'esplorazione condotta nella zona di studio, con la rivisitazione della Grava II dei Campitelli (con prova di colorazione) e i controlli esterni di alcune segnalazioni, non aveva previsto che venisse trovato molto di più di una nuova grotta. La grotta Don Pasquale il

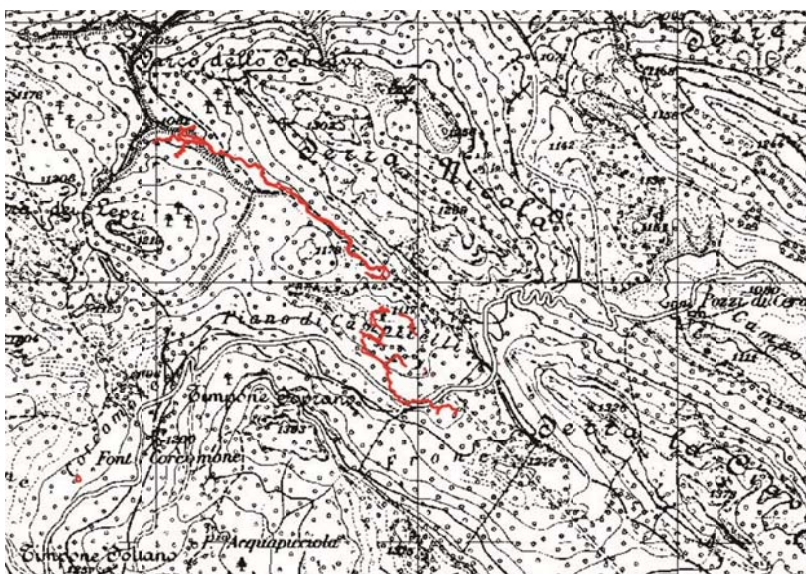


Figura 5. Stralcio cartografico con le principali grotte presenti nell'area.

Figure 5. Map with main caves in the area.

Fotografo (DPiF) rappresenta la parte a monte del collettore del Falco, e non solo aggiunge circa 750 m di collettore conosciuto e rilevato, ma sposta di circa mezzo km più a S la presenza di un ben sviluppato collettore carsico, aprendo nuovi scenari sul drenaggio profondo di questo settore del massiccio. Il progetto era iniziato considerando, in modo erroneo, la piana dei Campitelli come il settore principale di formazione del collettore del Falco. La scoperta di DPiF ne ha materialmente spostato più a sud l'origine. Risalire a monte il sistema, è diventato il nuovo obiettivo di ricerca. E già è stata trovata una grotta interessante ancora più a S (Grotta Fronne), la cui esplorazione è in corso.

Ringraziamenti

Si ringraziano: il direttore e il responsabile

del settore del Parco Nazionale Cilento, Vallo di Diano e Alburni per l'autorizzazione alla ricerca; l'Istituto I.T.S.I. Giulio Cesare Falco di Capua (CE) e il Dip. Chimica dell'Univ. Federico II di Napoli per averci supportato nell'analisi dei campioni

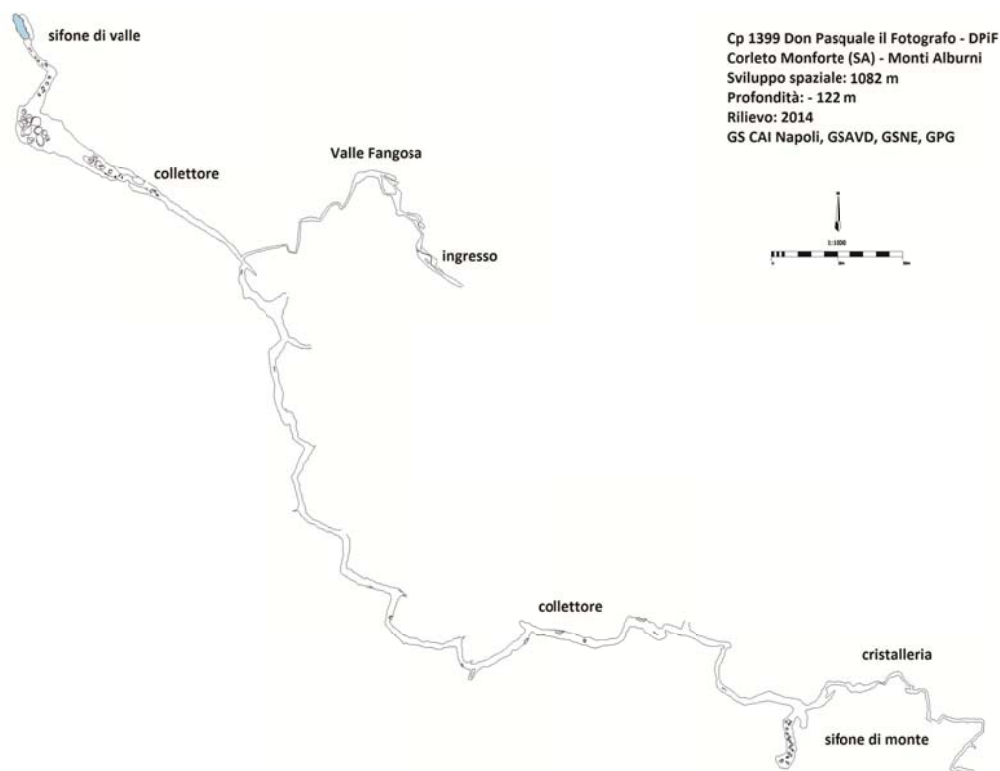


Figura 6. Pianta di DPIP (rilievo 2014).

Figure 6. DPIP map (survey 2014).

Bibliografia

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni, ricerche speleologiche*. Ed. De Angelis, Avellino.
- CELICO P., PELELLA L., STANZIONE D., SABINO A., 1994. *Sull'idrogeologia e l'idrogeochimica dei Monti Alburni (SA) in Geologica Romana*, **30**, 687-698.
- DEL VECCHIO U., LO MASTRO F., MAURANO F., PARISE M., 2013. *Monti Alburni. L'esplorazione come metodo, condivisione e coinvolgimento, Speleologia*, **68**, 31-33.
- GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: RUSSO N., DEL PRETE S., GIULIVO I., SANTO A. (Eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Ed. Sellino, Avellino, 397-459.

UTILIZZO ED INTERPRETAZIONE DEI VALORI DI CONDUCIBILITÀ DELLE ACQUE CARSICHE CON UN FOGLIO DI CALCOLO.

ENRICO MERLAK ¹

¹ Commissione Grotte "E. Boegan", Società Alpina della Giulie, CAI, Trieste. Via Beda 3, 34139 Trieste; emerlak@alice.it

Riassunto

La misura della conducibilità elettrolitica delle acque carsiche ha assunto importanza nel corso degli ultimi anni e la metodologia è applicata per la soluzione di numerosi problemi chimici. Essa è utilizzata per la verifica del grado di mineralizzazione e per il controllo di qualità delle analisi delle acque e per titolazioni (metalli pesanti, basi di acidi deboli, alcalinità) oltre che per definirne la tipologia, la provenienza, il livello di inquinamento e le reazioni tra acqua e roccia. E' fondamentale, inoltre, per individuare in tempi reali sensibili modifiche del grado di mineralizzazione condizionate o meno dal regime idrico-pluviale.

Nel presente studio sono illustrati i dati relativi ai rapporti tra conducibilità elettrolitica e caratteristiche fisico-chimiche delle acque carsiche. L'autore espone un programma, elaborato in proprio attraverso una serie di equazioni, che consente il calcolo teorico della conducibilità sulla base delle analisi dell'acqua e la valutazione indiretta della concentrazione di $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Lo scopo è fornire agli operatori ed ai ricercatori uno strumento utile per l'interpretazione dei dati del conduttimetro.

La prima parte del testo riguarda la teoria generale della conducibilità elettrolitica e i metodi matematici che consentono di correlare la composizione chimica delle acque carsiche alla conducibilità stessa. Nel programma elaborato in EXCEL® sono contenute le equazioni complete di funzioni e costanti necessarie per la determinazione della conducibilità teorica. Vengono riportati alcuni esempi di applicazione del metodo.

Parole chiave: conducibilità elettrolitica, monitoraggio, soluzioni elettrolitiche, inquinamento.

Abstract

USE AND INTERPRETATION OF KARST WATERS CONDUCTANCE VALUES WITH A SPREADSHEET – *The measurement of electric conductance of karst waters has assumed a remarkable importance in the last few years and the conductometer method is applied in the field and in the laboratory for the evaluations of total dissolved solid (TDS) and for the quality check of chemical analyses. Moreover, the measurement finds general applications, such as: water typology, provenience, anthropogenic pollution, conductometric titration (heavy metals, weak and strong acid) and water-rock interaction, and the specific electrical conductance permits a rapid evaluation of the water quality and sudden change of the characteristic feature.*

Data relative to a study on the ratios between electric conductance and physical-chemical characteristic of water solutions of karst aquifer are described in this work. The author describes a methodology that allows the average $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ concentration in the karst waters to be directly determined by the instrumental reading of conductance. The aim of the work is supplying the researcher with a useful tool for the correct interpretation of the instrumental data.

The first part of the article regards the theory of conductance and the theoretical systems that link the chemical composition of karst waters to the value of its electrical conductance. For the program extensive equations are given in spreadsheet EXCEL®, including functions and constants useful in computation.

Key words: electrical conductance, monitoring, electrolytic solutions, anthropogenic pollution.

Introduzione

La conducibilità elettrolitica specifica dell'acqua $\kappa_{t^{\circ}\text{C}}$ misurata in microSiemens $\times \text{cm}^{-1}$ alla temperatura $t^{\circ}\text{C}$ ($\mu\text{Scm}^{-1}_{t^{\circ}\text{C}}$) rientra nella norma dei monitoraggi delle acque essendo comunemente utilizzata nella gestione

degli acquedotti e nelle indagini idrogeologiche. La misura ha il vantaggio di poter essere eseguita facilmente in quanto la calibrazione della sonda del conduttimetro, a differenza di altri strumenti, è relativamente stabile con dati affidabili per tempi sufficientemente lunghi, senza dover ricorrere a frequenti tarature strumentali (APHA, 1992; ISO 7888, 1985).

Nello schema di classificazione della qualità, essa è uno dei parametri che definiscono lo stato dei corpi idrici come indicato dal decreto legislativo 152/1999. Indica il grado di mineralizzazione ma viene utilizzata anche per il controllo di qualità delle analisi. La sua misura è rilevante sotto l'aspetto ambientale poiché una improvvisa variazione è indice di una modifica nella composizione dell'acqua (GEMITI & MERLAK, 2000).

Le applicazioni pratiche nel carsismo e nell'idrologia carsica (in laboratorio e sul campo) sono diverse. Se ne citano alcune:

in laboratorio

- controllo dei dati di analisi dell'acqua mediante il calcolo della conducibilità teorica e confronto rapido con la conducibilità strumentalmente misurata (GEMITI & MERLAK, 1999);
- titolazioni conduttimetriche (determinazione di alcuni metalli pesanti, quantificazione di acidi deboli, misura dell'alcalinità);
- confronto del bilancio ionico con il bilancio di conducibilità (incompleta caratterizzazione o errore analitico);
- monitoraggio dei suoli carsici;

sul campo

- stima del grado di mineralizzazione dell'acqua carsica;
- individuazione di possibili sorgenti di inquinamento antropico – *vedi esempi illustrati di seguito nel testo*;
- verifica del grado di contaminazione salina di falde idriche di aree carsiche costiere a seguito di infiltrazione di acqua marina;
- stima in loco (anche in cavità sotterranee) del rapporto tra portate di distinti corsi d'acqua di diversa provenienza;
- valutazione delle interconnessioni tra acquiferi provenienti da rocce diverse con ricostruzione delle vie di alimentazione (esempio: contatti tra formazioni litologiche diverse quali calcari, gessi e depositi salini);
- monitoraggio in continua delle falde idriche.

Metodi

Parametri, calcolo e utilizzo della conducibilità specifica di acque carsiche

La conducibilità in acqua varia con la temperatura, la natura degli elettroliti presenti e la concentrazione degli stessi. La conducibilità specifica di una qualsiasi acqua carsica aumenta mediamente del 2,0 % per ogni aumento di un grado della temperatura e un valore privo dell'indicazione della relativa temperatura "standard" di riferimento non ha quindi alcun significato specifico.

La temperatura di riferimento "standard" comunemente adottata è 25°C e per tale valore sono calibrati molti strumenti. Laboratori chimici ed aziende utilizzano talvolta la temperatura di riferimento di 20 °C o 18°C. La formula di riconversione di temperatura al valore standard di 25°C, generalmente utilizzata in campo strumentale e nei laboratori per acque carsiche è: $\kappa_{25^{\circ}\text{C}} = \kappa_{t^{\circ}\text{C}} / [1 - 0,02 \times (25-t)]$ (HARNED & OWEN, 1943; KORTUM, 1960; ROBINSON & STOKES, 1955; SORENSEN & GLASS, 1987; TALBOT et al, 1990).

Riguardo la natura e concentrazione degli elettroliti, per un'acqua carsica contenente più specie ioniche *i-esime* la conducibilità specifica κ (*quella misurata dallo strumento*) può essere teoricamente stimata come somma dei costituenti di ciascuna specie ionica presente. Tale concetto è riconosciuto valido, con alcune approssimazioni, per soluzioni acquose diluite con concentrazioni saline complessive contenute nell'ordine di 10^{-3} moli/litro (tra 0,001 e 0,01 moli/litro) ed il metodo è quindi utilizzabile per acque carsiche.

Per il calcolo teorico della conducibilità totale vale la formula $\kappa = \sum (\lambda_i \times m_i \times z_i)$ con:

λ_i = conducibilità equivalente della singola specie ionica *i-esima*

m_i = concentrazione in millimoli della specie ionica *i-esima*

z_i = carica della specie ionica *i-esima*

Il calcolo della conducibilità equivalente della singola specie ionica *i* qui impiegato trova i suoi fondamenti

$$\lambda = \lambda_0 - \left[\frac{2,801 \cdot 10^6 \cdot (z^+ \cdot z^-) \cdot Q \cdot \Lambda_0}{(\varepsilon T)^{1,5} \cdot (1 + \sqrt{Q})} + \frac{41,25 \cdot (z^+ + z^-)}{\eta \cdot (\varepsilon T)^{0,5}} \right] \cdot \left[\frac{\sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}} \right]$$

nella equazione limite di ONSAGER, qui modificata e così espressa:

con :

λ = conducibilità ionica equivalente, alla temperatura assoluta T

λ_0 = conducibilità equivalente limite a diluizione infinita, alla temperatura T (vedi Tab.1)

z^+, z^- = valenza ionica delle specie ioniche in soluzione

ε = costante dielettrica dell'acqua alla temperatura assoluta T

η = viscosità dell'acqua alla temperatura assoluta T

T = temperatura assoluta della soluzione acquosa

I = forza ionica della soluzione acquosa $I = 0,5 \sum c_i z_i^2$

Q = coefficiente di rilassazione.

Questa equazione consente di definire le quote parte di conducibilità specifica delle specie ioniche e quindi la conducibilità specifica totale dell'acqua (misurata dallo strumento alla temperatura standard fissata).

Descrizione ed utilizzazione del foglio di calcolo: l'esempio di un'acqua carsica risorgiva

L'utilizzo delle informazioni attraverso dati archiviati in fogli di calcolo, come nel caso della conducibilità di acque carsiche con Microsoft EXCEL®, offre diverse opportunità. E' però sempre opportuno che i fogli di calcolo siano completi delle equazioni e parametri in chiaro garantendo possibilità di programmi personalizzati.

	A	B	C	D	E	F	G	H	N
1	parametri	valori	ioni	mg/l	meq/l	c.eq.inf.	c.eq.	cond.spec.	millimoli/l
2	t°C	20	Ca	30,00	1,500	53,04	48,14	72,2	0,750
3	Tassoluta	293,16	Mg	3,10	0,255	47,13	40,07	10,2	0,128
4	C dief.	80,366	Na	0,30	0,013	44,93	43,16	0,6	0,013
5	visc.	0,01004	K	0,30	0,008	66,37	63,98	0,5	0,008
6	pH sol.	7,30							
7	forza ion. I	0,00263	H	0,0000	0,000	323,85	318,88	0,0	0,000
8	radice quadrata	0,05131							
9	eqi/(1+eqi)	0,04881							
10	Q rilassazione	0,4580	Cl	0,50	0,014	68,76	66,75	0,9	0,008
11			NO3	1,90	0,031	64,74	62,77	1,9	0,031
12			SO4	1,60	0,033	70,64	60,96	2,0	0,017
13			HCO3	99,0	1,623	39,91	38,19	62,0	1,623
14			OH	0,0107	0,001	182,65	179,46	0,1	0,001
15			SiO2	0,4	0,007	monomero in soluzione			
16			eq.cation		1,8		Kt calc.	150,5	
17			eq.anion.		1,7		Kt mis.	150,0	
18			unbalanc.%		4,3		diff % K	0,3	
19			HCO3 teor.	103,527	1,697		K equiv.	86,55	
20			pH sat	7,90					
21			S.I.	-0,1					
22			valori fisico - chimici del campione rilevati o ricavati						
23			concentrazione in milligrammi litro						
24			concentrazione in milliequivalenti litro						
25			conducibilità ionica equivalente a diluizione infinita alla temperatura t°C						
26			conducibilità ionica equivalente per il campione in esame						
27			conducibilità specifica attribuita ai singoli ioni per il campione in esame						
28			conducibilità specifica calcolata, misurata e differenza %						
29			concentrazione in milliMoli						
30			pH di saturazione						
31			indice di equilibrio						
32			conducibilità equivalenti lente: vale solo per singoli sali in soluzione						
33			Risorgiva carsica Boka Canin sloveno analisi Fabio Gemiti 2 febbraio 1999						

Tabella 1. Foglio di calcolo (in EXCEL ®) per la determinazione della conducibilità specifica teorica sulla base della analisi chimiche. Sorgente Boka, altopiano del Canin-Slovenia.

Table 1. Spreadsheet (in EXCEL ®) to convert concentration in mg/l or milliequivalent to specific conductance (microsiemens/cm) in karstic water analysis. An example: karstic spring Boka (plateau Canin-Slovenia).

Colonne

A: indicazione dei parametri fisici

B: valore dei parametri fisici

C: specie ioniche presenti nell'acqua carsica

D: concentrazione in mg/l degli ioni *i*

E: concentrazione in milliequivalenti/l degli ioni *i*

F: conducibilità equivalente in microSiemens \times cm² dello ione *i* a diluizione infinita ed alla temperatura t°C di cui alla casella 2B (*dati disponibili in letteratura*)

G: conducibilità equivalente in microSiemens \times cm² dello ione *i* alla concentrazione totale della soluzione ed alla temperatura t°C di cui alla casella 2B

H: conducibilità specifica attribuibile agli ioni *i* presenti in soluzione

N: concentrazione in millimoli/l degli ioni *i*

Valori essenziali

B2: temperatura di riferimento in C°

B3: temperatura di riferimento in T (Kelvin)

B6: pH dell'acqua carsica

B7: forza ionica della soluzione acquosa

B9: parametro utilizzato al posto della concentrazione di millimoli/l (*I: forza ionica*)

B10: coefficiente di rilassazione

H16: conducibilità specifica calcolata con il sistema alla temperatura t°C

H17: conducibilità specifica misurata

H18: differenza percentuale tra conducibilità calcolata e misurata

La silice (riga 15) è monomero in soluzione e non contribuisce alla conducibilità. Nell'esempio riportato la conducibilità strumentalmente misurata è di 150 μ S/cm contro una conducibilità teorica calcolata dallo scrivente in 150,5 con una differenza dello 0,3% - coincidenza quasi totale. Il foglio rivela in automatico le differenze nel bilancio ionico (1,8 milliequiv. cationi contro 1,7 milliequiv. anioni, con scarto del 4,3%, E 16, 17, 18).

In D20 e D21 il pH di saturazione (pH_{sat.}) e l'indice di saturazione o indice di Langelier (SI = Saturation Index): nel caso specifico si tratta di un'acqua in equilibrio con lieve tendenza alla sotto-saturazione.

In tabella 1 è riportato un esempio di applicazione del foglio di calcolo qui proposto. L'esempio si riferisce a un'acqua carsica della Risorgiva della Boka (altopiano del Canin, versante sloveno, campionatura effettuata il 2.2.1999 dal dott. FABIO GEMITI, responsabile del Laboratorio di Analisi e Controllo dell'AC.E.GAS. di Trieste). La temperatura di riferimento standard utilizzata da questo laboratorio per la misura è di 20 C°. Si tratta di un'acqua carsica leggera, a contenuto predominante di Ca(HCO₃)₂ con scarsissima presenza di elementi caratteristici, derivanti in questo caso prevalentemente da inquinamenti antropici di origine meteorica.

Esempio di utilizzo del metodo conduttimetrico in grotta: individuazione rapida di sorgente inquinante in cavità carsica profonda

Riguardo l'individuazione immediata di possibili sorgenti di inquinamento antropico in profondità viene riportato un esempio reale ricavato da una ricerca eseguita sul Carso triestino nel 2003 (area della Grotta di Trebiciano, sul cui fondo scorre il corso del Timavo). Si tratta della grotta 6398-VG 6163 profonda una sessantina di metri situata a breve distanza dalla discarica in funzione dal 1958 al 1972. Sul fondo sono stati esaminati 4 punti di percolazione d'acqua raccolta in meno di un'ora, tempo necessario per circa 25 ml d'acqua per campione. La conducibilità ha individuato immediatamente in loco l'anomalia (vedi Fig. 1 e Tab. 2). Sui 4 punti di raccolta dello stillicidio il solo punto C rivelava un valore anomalo (970 μ S/cm), indice sicuro di inquinamento.

Le analisi parziali dei 4 punti sono riportate in tabella 2: il punto C si rivela all'istante come sorgente inquinante (in questo caso con una anomala concentrazione di potassio, cloruri e solfati attribuibile a residui inquinanti in superficie).

parametri	pH	Cond. 25°C	K	Cl	Ca	NH4	PO4	SO4
Pto A	7,8	360	2	2	78	0,05	0,05	7
Pto B	7,9	390	2	3	77	0,05	0,05	8
Pto C	7,2	936	24,7	17	130	0,1	0,2	170
Pto D	7,3	300	3	2	70	0,04	0,04	7

Tabella 2. Grotta VG 6163-6398. La misura di conducibilità del punto C rivela all'istante la sorgente di inquinamento.

Table 2. Cave VG 6163-6398. The measurement of specific conductance immediately check the pollution in point C.

Discussione e Conclusione

Misura e interpretazione della conducibilità elettrolitica rientrano di diritto in una delle branche delle scienze applicate in grotta ed in particolare nel controllo delle acque carsiche. Principalmente lo studio della conducibilità specifica delle acque carsiche viene impiegato per la caratterizzazione di massima e per l'individuazione di miscele e di provenienze diverse utilizzando il principio che lega la conducibilità al grado di mineralizzazione. L'utilizzo del programma qui proposto è utile per lo studio e l'interpretazione del monitoraggio ma anche per il controllo di qualità delle analisi e per l'individuazione di anomalie, quali brusche variazioni dei valori. Non a caso per le acque di sorgente e quindi anche per le risorgive carsiche utilizzate a fini potabili e commerciali è previsto il controllo giornaliero del valore di conducibilità (BERBENNI & MERLAK, 2006; MERLAK et al., 2007; MERLAK, 2009).

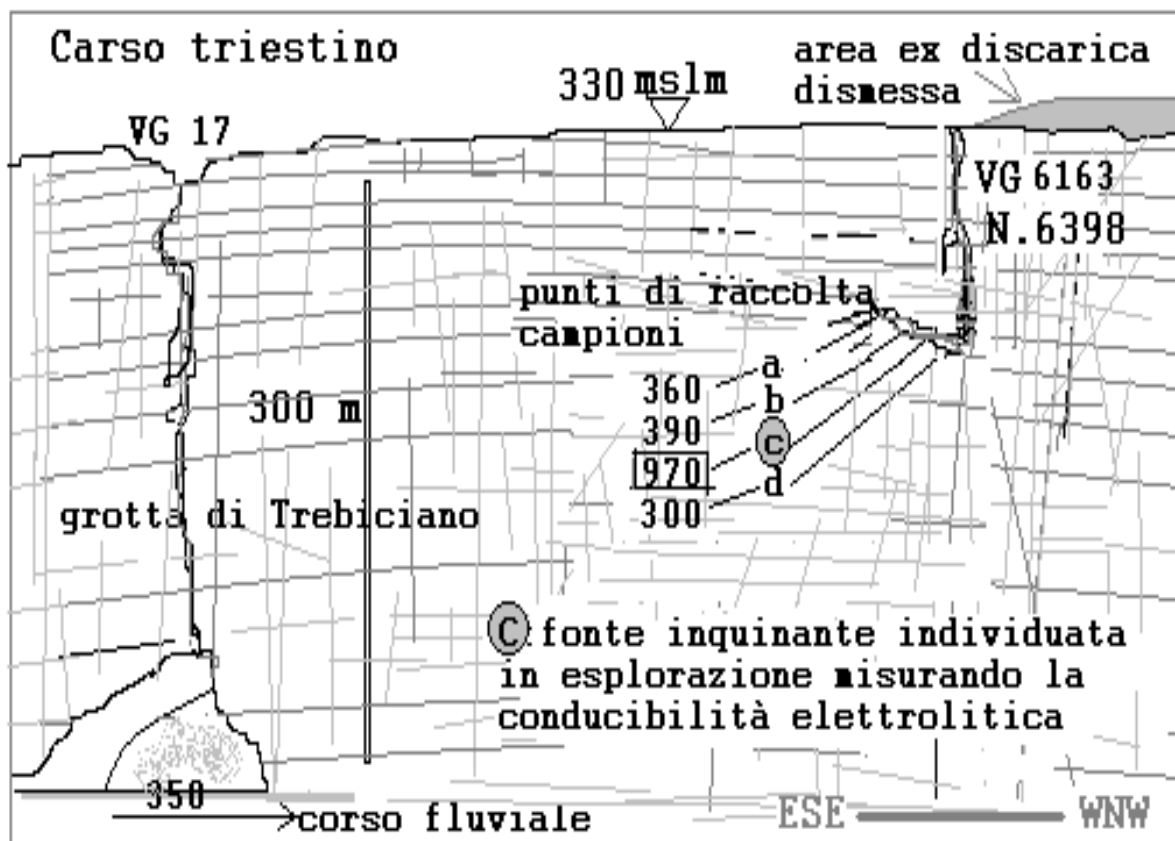


Figura 1. Grotta 6398VG6163 (Carso triestino). Individuazione di una sorgente inquinante (p.to C) attraverso la misura in loco della conducibilità.

Figure 1. Cave no. 6398VG6163 (Karst near Trieste). Pollution in point C checked by specific conductance.

In aree carsiche costiere il sistema può essere impiegato, attraverso il monitoraggio in continuo dei pozzi, con la costruzione di linee iso-conduttimetriche e di mappe indicanti le zone di maggior penetrazione dell'acqua marina indirizzando in modo organico lo sfruttamento idrico ad uso potabile.

Il sistema è utile per stimare sul posto i rapporti di portata tra due corsi d'acqua confluenti, anche in profondità e

nel corso delle esplorazioni, utilizzando il principio di proporzionalità tra conducibilità e solidi totali in soluzione (TDS) nelle acque carsiche.

La metodologia viene impiegata per identificare e, dove possibile, posizionare, i contatti tra rocce di diversa composizione, ad esempio tra calcari e gessi, o tra gessi e formazioni saline, in quanto i valori di conducibilità subiscono brusche variazioni soprattutto per la presenza di SO_4^{2-} e NaCl nelle acque.

Nei casi di acque carsiche caratterizzate da un contenuto minimo (compreso entro il 20% del totale) degli elementi caratteristici (Na^+ , K^+ , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-}), e per le quali le variazioni stagionali degli stessi elementi caratteristici sono minime, il sistema di calcolo consente la stima del contenuto in $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (MERLAK, 2000, 2006).

Riguardo l'aspetto ambientale è riconosciuto che in ambiente carsico il rischio di inquinamento è elevato, in assenza di filtri naturali in grado di selezionare il percolato. Nitrati, solfati, potassio, cloruri provocano aumenti; idrocarburi e materiali organici tendono a ridurre la conducibilità. Ciò è importante soprattutto per le falde idriche profonde dei terreni carsici dove la conducibilità presenta generalmente una minore variabilità temporale rispetto alle acque superficiali.

In questo contesto il monitoraggio delle acque carsiche deve essere finalizzato a rilevare tempestivamente eventuali situazioni di inquinamento per salvaguardare al massimo le riserve idriche dei terreni carsici.

Il programma di calcolo, creato in proprio dall'autore e qui presentato, è messo a disposizione.

Bibliografia

- APHA. *Standard methods for the Examination of Water and Wastewater*. APHA, AWWA, WPCF. 18th Ed. Washington D.C., 1992.
- BERBENNI P., MERLAK E., 2006. *Conduttività elettrica nelle acque sotterranee*. Inquinamento, anno 48, **88**, 42-47.
- GEMITI F., MERLAK E., 1999. *Indagine sull'equilibrio carbonatico nelle acque di percolazione di una cavità del Carso triestino (Pozzo 2° a nord di Gropada-ex VG 857)*. Atti VIII Convegno Regionale di Speleologia del Friuli Venezia Giulia. Località Cave di Selz (Ronchi dei legionari-GO), 4-6 giugno 1999.
- GEMITI F., MERLAK E., 2000. *Determination of the pH of Saturation, Langelier Index and Chemical Composition in the Percolating Waters of the Trieste Karst*. Ipogea, **3**, 73-88.
- HARNED H. S., OWEN B. B., 1943. *Electrolytic Solutions*. Reinhold Publishing Corporation. New York.
- ISO 7888, 1985. *Water Quality. Determination of electrical conductivity*.
- KORTUM G., 1960. *Trattato di elettrochimica*. Piccin Editore. Padova.
- MERLAK E., 2000. *Determination of Electrical Conductance in the Study of Karst Waters*. Ipogea, **3**, 89-115.
- MERLAK E., 2006. *Determinazione del coefficiente di temperatura della conducibilità elettrolitica delle piogge*. Hydrores, **XXII**, **27**, 8-13.
- MERLAK E., 2009. *Un algoritmo per l'interpretazione dei valori di conducibilità delle acque carsiche*. Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan", **42**, 53-65.
- MERLAK E., BRUN C., GEMITI F., SEMERARO R., 2007. *Chemistry of percolation and base-flow water in the Carso/Kras for the knowledge of the strategic reservoir in Trieste and Slovenia karst plateau*. 6th Symposium of Karst Protection, 29-30 September 2007, Beograd (Serbia).
- ROBINSON R. A., STOKES R. H., 1955. *Electrolyte Solutions*. Butterworths Scientific Publications. London.
- ROSSUM J.R., 1975. *Checking the accuracy of Water Analysis through the use of conductivity*. Journ. Americ. Water Work Assoc., **67**, 204-205.
- SORENSEN J. A., GLASS G.E., 1987. *Ion and temperature dependence of electrical conductance for natural waters*. Anal. Chem., **59**, 1594-1597.
- TALBOT J.D.R., HOUSE W.A., PETHYBRIDGE A.D., 1990. *Prediction of the temperature dependence of electrical conductance for river waters*. Water Research, **24** (10), 1295-1304.

COMPORTAMENTO IDROGEOLOGICO DI ALCUNE RISORGENTI CARSICHE NEI GESSI DELL'EMILIA-ROMAGNA.

LEONARDO TEDESCHI¹, ILENIA MARIA D'ANGELI¹, BARTOLOMEO VIGNA²,
DALMONTE CLAUDIO¹, JO DE WAELE¹

¹ Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali, Sezione di Geologia, Via Zamboni 67, 40126 Bologna; ilenia.dangeli@alice.it; jo.dewaele@unibo.it

² Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, Politecnico di Torino, Corso Duca degli Abruzzi, 24 - 10129 Torino; Bartolomeo.vigna@polito.it

Riassunto

Nell'ambito del progetto LIFE+ 08NAT/IT/000369 "GYPSUM" è stato eseguito un monitoraggio idrogeologico tramite acquisitori automatici "STS Datalogger DL/N 70" di sette sorgenti carsiche nei gessi emiliano-romagnoli. Le variazioni di conducibilità (mS/cm), temperatura (°C) e livelli idrici (mH₂O) misurati nelle sorgenti forniscono utili informazioni sul comportamento idrogeologico dei sistemi carsici studiati. Due delle sorgenti sono sviluppate nei gessi triassici (le risorgenti dell'Acqua Bianca vicino al Passo del Cerreto e quella del rio Vei nell'Alta Val di Secchia), mentre le altre interessano i gessi macro-cristallini messiniani (risorgente del Rio Groppo, in provincia di Reggio Emilia, e le risorgenti del Rio Gambellaro, del SEMPAL, del Rio Basino, oltre che il sifone laterale all'interno di quest'ultima, tutte nella Vena del Gesso Romagnola). Le variazioni dei parametri monitorati, messe in relazione a parametri ambientali di precipitazioni e temperatura dell'aria, hanno consentito di riconoscere diversi tipi di risposta idrochimica ed idrodinamica. Tutti i sistemi esaminati sembrano rientrare nella tipologia di "rete di drenaggio a dreno dominante", caratterizzata da una rapida variazione dei parametri idrogeologici in funzione delle precipitazioni con aumento dei livelli idrici e diminuzione della conducibilità (tipico fenomeno della sostituzione prevalente). Una di esse, la risorgente dell'Acqua Bianca, mostra chiaramente una ricarica secondaria attraverso travasi da parte dei depositi glaciali, che controllano in parte i processi infiltrativi, con leggeri fenomeni di pistonaggio. Nel sistema di Rio Vei, è ben visibile anche una risposta giornaliera in seguito ai cicli diurni di fusione delle nevi.

Parole chiave: acquiferi carsici, idrodinamica, gessi

Abstract

HYDROGEOLOGICAL BEHAVIOUR OF SOME GYPSUM KARST SPRINGS IN EMILIA ROMAGNA - In the framework of the Project LIFE+ 08NAT/IT/000369 "GYPSUM" a monitoring campaign by means of "STS Datalogger DL/N 70" of seven gypsum karst springs of Emilia Romagna region has been carried out. The variations of electric conductivity (mS/cm), temperature (°C) and water level (mH₂O) measured in these springs give useful information on the hydrologic behaviour of the related karst aquifer systems. Two of the studied springs concern Triassic gypsum areas (Acqua Bianca close to the Cerreto Pass, and rio Vei in the Upper Secchia Valley), while all others are located in macro-crystalline Messinian gypsum outcrops (Rio Groppo in Reggio Emilia province, Rio Gambellaro, SEMPAL, Rio Basino, and the lateral sump in this last cave, all located in the Vena del Gesso Romagnola). The variations of the measured parameters together with those of the environmental conditions of rainfall and air temperature allow to distinguish different types of hydrochemical and hydrodynamical output. All springs appear to be of the "dominant drain system type", characterised by a fast variation of the measured hydrogeological parameters in function of rainfall with increase in flow rate and a drop in electric conductivity (typical phenomenon of prevalent substitution). One spring, the resurgence of Acqua Bianca, clearly shows the control of indirect recharge coming from the covering glacial deposits, with slight piston-flow phenomena. In the Rio Vei Resurgence, diurnal cyclic snowmelt phenomena are clearly visible.

Key words: karst aquifers, hydrodynamics, gypsum karst

Introduzione

Nell'ambito del progetto europeo Life+ 08NAT/IT/000369 "Gypsum", che ha come obiettivo la tutela e la

gestione di habitat associati ai principali ambienti gessosi dell'Emilia-Romagna (DE WAELE et al., 2013), è stato eseguito un monitoraggio idrogeologico di sette sorgenti carsiche nei gessi. Il monitoraggio pluriennale è stato eseguito tramite acquisitori automatici "Datalogger DL/N 70" di conducibilità elettrica (mS/cm), temperatura (°C) e livelli idrici (mH₂O) delle sorgenti esaminate. L'elaborazione dei dati consente di comprendere il funzionamento idrodinamico ed idrochimico delle sorgenti prese in esame in risposta agli eventi infiltrativi e quindi di caratterizzare gli acquiferi che li alimentano.

Carsismo in Emilia Romagna e studi idrogeologici precedenti.

In Emilia-Romagna il fenomeno carsico si manifesta principalmente nelle rocce evaporitiche, in particolare nei gessi, con 600 cavità esplorate tra le quali la grotta più profonda al mondo in gesso, il sistema carsico di Monte Caldina (Alta Val di Secchia) profonda ben 265 m (CHIESI et al., 1999), e la grotta epigenica in gesso più lunga al mondo, il sistema carsico Spipola-Acquafredda nei Gessi bolognesi con oltre 11 km di sviluppo (DEMARIA, 2003). Va ricordato che nella regione Emilia-Romagna gli affioramenti evaporitici rappresentano meno dell'1% del territorio (fig. 1) e che sono costituiti da due differenti formazioni, quella delle Evaporiti triassiche, meno note, affioranti nell'Alta Val di Secchia in provincia di Reggio Emilia (1 in Fig. 1), e quella delle Evaporiti messiniane, più note, distribuite lungo la fascia pede-appenninica da Reggio Emilia a Rimini (2-5 in Fig. 1) (DE WAELE et al., 2013).

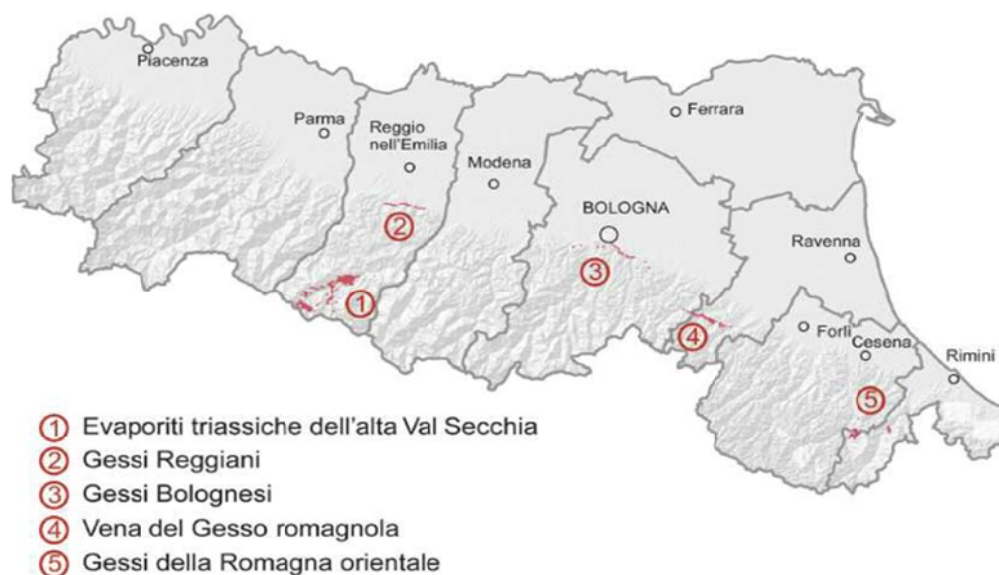


Figura 1. Principali aree carsiche gessose in Emilia-Romagna (da LUCCI & ROSSI, 2011).

Figure 1. Main gypsum karst areas in Emilia-Romagna (from LUCCI & ROSSI, 2011).

Le aree carsiche in Emilia-Romagna sono sede di ecosistemi ad alta biodiversità ed hanno una forte connotazione paesaggistica, oggi in gran parte tutelata da parchi Nazionali, Regionali, riserve e nello specifico SIC (Siti di Interesse Comunitario, direttiva Habitat della CE) (LUCCI & ROSSI, 2011). I principali SIC carsici sono: SIC IT4030009 Gessi Triassici (alta val di Secchia, Reggio Emilia), SIC IT4030017 Cà del Vento-Cà del Lupo-Gessi di Borzano (Reggio Emilia), SIC IT4050001 Parco dei Gessi bolognesi-Calanchi dell'Abbadessa (Bologna), SIC IT4050027 Gessi di Monte Rocca, Monte Capra e Tizzano (Zola Predosa, BO), SIC IT4070011 Vena del Gesso romagnola (Faenza/Imola) e SIC IT4090001 Onferno (Rimini) (DE WAELE et al., 2013).

Lo studio idrogeologico di queste aree carsiche è stato piuttosto frammentato (FORTI & FRANCAVILLA, 1990), con alcune aree ben studiate come le Fonti di Poiano (AA.VV., 1988; CHIESI & FORTI, 2009; CHIESI et al., 2010), altre meno in dettaglio, come i sistemi carsici della Spipola a Bologna e del Rio Stella/Rio Basino di Riolo Terme, il Farneto e l'area carsica di Borzano (CASALI, 1972; FORTI et al., 1985, 1989; FORTI & CHIESI, 2001). Di altre aree si dispone soltanto di poche informazioni (BENTINI & LUCCI, 1999), mentre della maggior parte dei sistemi carsici, invece, non si sa quasi nulla, sia per quanto riguarda i sistemi, che per quanto riguarda le acque in queste aree. Nel progetto LIFE+ 08NAT/IT/000369 "GYPSUM" si tenta anche di colmare alcune di queste lacune (DE WAELE et al., 2013).

Metodi

Le sorgenti monitorate sono sette: tre si trovano nella provincia di Reggio Emilia, due nei gessi triassici e una nei gessi messiniani, e quattro nella provincia di Ravenna nei gessi messiniani della Vena del Gesso Romagnola (Tabella 1).

Sorgente	Aree carsica	Quota m s.l.m.	Temp. media °C	Cond. media mS/cm	Mesi monitorati
Rio Groppo	Borzano	305	10,4	1,95	12
Acqua Bianca	Passo del Cerreto	1175	5,6	1,55	16
Rio Vei	Alta Val Secchia	510	5,8	0,92	6
Rio Gambellaro	Vena del Gesso	170	12,8	2,34	8
Rio Basino	Vena del Gesso	175	9,7	1,37	22
Sifone Basino	Vena del Gesso	180	12,5	1,49	25
Sempal	Vena del Gesso	155	12,7	2,57	4

Tabella 1. Sorgenti studiate e loro principali caratteristiche.

Table 1. Studied springs and their main characteristics.

Le sorgenti sono state attrezzate con un datalogger STS DL/N70 composto da un sensore che misura i valori di conducibilità elettrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), di temperatura ($^{\circ}\text{C}$), dei livelli idrici (mH_2O), e da una memoria, esterna al sensore, in cui vengono salvati periodicamente i dati. E' stato scelto come intervallo di misurazione quello orario, relativamente grossolano per osservazioni molto dettagliate ma adeguato su scala annuale. Periodicamente vengono eseguiti sopralluoghi per controllare il funzionamento dello strumento, per lo scarico dati e per la taratura delle misure rilevate dalla apparecchiature.

I dati forniti dal Datalogger DL/N70 sono stati integrati con i valori di precipitazione (mm) e temperatura dell'aria presi con cadenza oraria dall'applicazione online dell'Arpa "Dexter", una banca dati di tutte le misurazioni delle stazioni meteo dell'Arpa sul territorio emiliano-romagnolo. Per rendere più significativo il confronto tra i dati idrogeologici rilevati e l'andamento dei parametri meteorologici sono state scelte per ogni sistema carsico preso in esame due stazioni in prossimità dell'area di alimentazione. E' stata poi calcolata la media oraria dei valori delle due stazioni sia per le precipitazioni sia per la temperatura. Per quanto riguarda la temperatura dell'aria è stata calcolata la media giornaliera per semplificare, dove serve, l'andamento del grafico.

Sono stati quindi elaborati una serie di idrogrammi e chemiogrammi per evidenziare i cambiamenti dei parametri fisico-chimici (conducibilità elettrica, temperatura e livelli dell'acqua) delle sorgenti in funzione delle precipitazioni e della temperatura dell'aria. Infatti in base alla risposta di una emergenza alle precipitazioni si possono osservare diversi andamenti dei principali parametri idrogeologici legati alla tipologia di drenaggio del sistema carsico e al suo funzionamento. In questi grafici l'asse delle ascisse indica il periodo di monitoraggio mentre in ordinata sono rappresentati i valori di altezza dei livelli idrici, di conducibilità elettrica, di temperatura dell'acqua e della media giornaliera della temperatura dell'aria esterna.

Risultati

In generale quasi tutte le sorgenti studiate mostrano delle risposte rapide agli input infiltrativi con un comportamento tipico dei sistemi a "dreno dominante" (VIGNA, 2007). In occasione di importanti eventi infiltrativi si osserva alle sorgenti il fenomeno della "sostituzione prevalente" evidenziato da una rapida e temporanea diminuzione della conducibilità elettrica e variazione di temperatura dell'acqua (in genere un abbassamento) strettamente correlate alle variazioni di portata. Questo tipo di comportamento è stato rilevato nella Risorgente del Rio Basino e nel suo sifone, nella sorgente del Rio Vei, nel Rio Groppo, nel Rio Gambellaro ed alla sorgente Sempal. In Figura 2 si riporta un tipico grafico della Risorgente del Rio Groppo.

L'unica sorgente che mostra un comportamento assai diverso delle altre è quella di Acqua Bianca (Fig. 4). Questa mostra un blando aumento della conducibilità elettrica contemporaneo ad un aumento di portata e di temperatura delle acque. Tale andamento sembra rispecchiare un funzionamento del sistema con una risposta "a pistonaggio" legato alla trasmissione delle pressioni idrauliche nella rete di drenaggio e alla mobilitazione di acque maggiormente mineralizzate presenti nelle zone meno trasmissive dell'acquifero.

Nelle sorgenti poste a quote più alte, come quella del Rio Vei, si nota un andamento ciclico giornaliero della temperatura dell'acqua, della conducibilità e della pressione idrica, ben correlabile con le variazioni termiche giornaliere. Nella stagione invernale la correlazione è ancora più evidente legata ai processi di fusione nivale che si verificano nell'area di alimentazione di questo sistema. Anche in questa sorgente si osserva in seguito a fenomeni infiltrativi abbassamenti quasi istantanei della conducibilità elettrica delle acque ed aumenti della portata (Fig. 3).

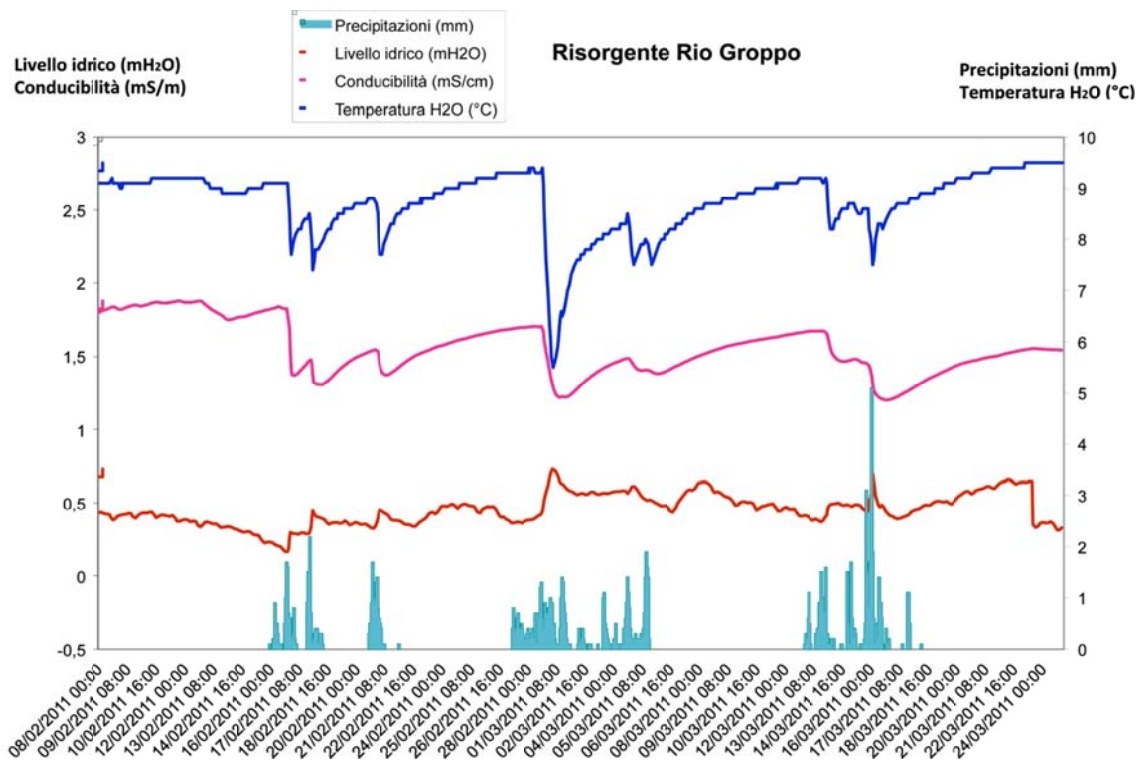


Figura 2. Tipico fenomeno di sostituzione nella Sorgente del Rio Groppo.

Figure 2. Typical substitution behaviour in the Rio Groppo spring.

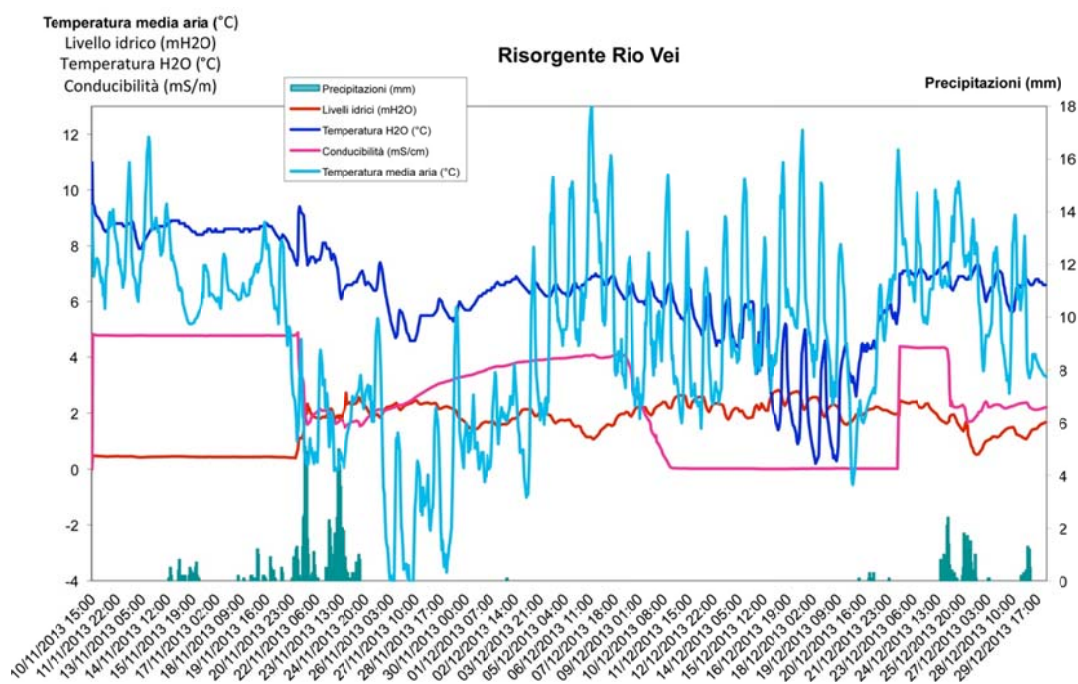


Figura 3. Andamento dei parametri chimico-fisici della Sorgente del Rio Vei.

Figure 3. Behaviour of the physical and chemical parameters in the Rio Vei spring.

Sulla base dei rilevamenti idrogeologici risulta invece che l'andamento dei principali parametri sorgivi sia legato alla presenza di depositi morenici che ricoprono l'acquifero carsico e che condizionano pesantemente i processi infiltrativi.

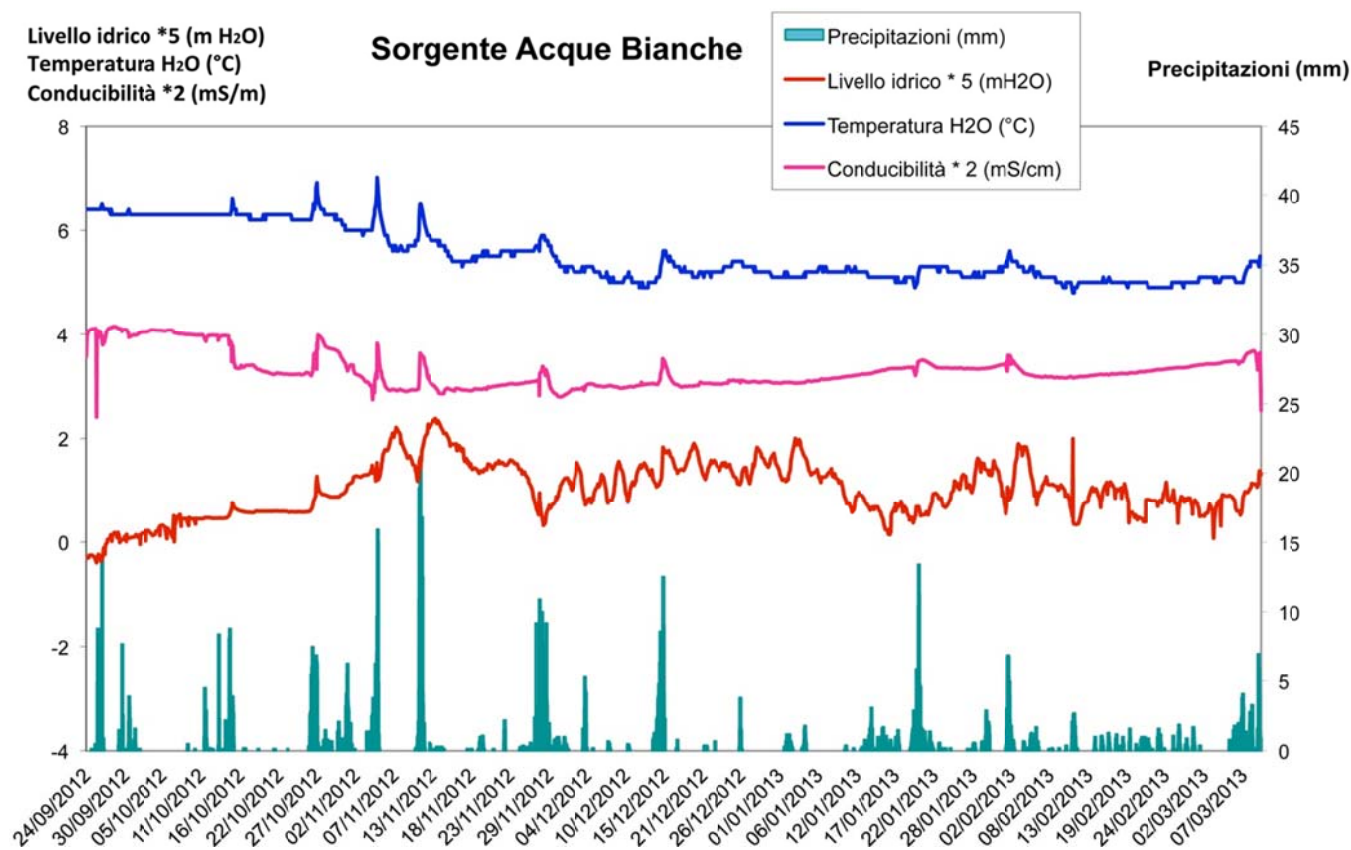


Figura 4. Andamento dei parametri chimico-fisici della Sorgente dell'Acqua Bianca.

Figure 4. Behaviour of the physical and chemical parameters in the Acqua Bianca spring.

Discussione e conclusioni

Sulla base dei dati forniti dal monitoraggio in continuo di sei sorgenti carsiche e l'apporto laterale nel sistema del Basino (sifone) ubicate in varie aree gessose dell'Emilia-Romagna si possono riconoscere alcuni modelli concettuali di funzionamento dei sistemi carsici. La maggior parte delle sorgenti studiate mostra una tipica risposta di un "sistema con rete a dreno dominante" (VIGNA & CALANDRI, 2001), con la parziale sostituzione delle acque residenti con acque di neo-infiltrazione. Tale fenomeno causa un repentino abbassamento della conducibilità elettrica delle acque, una variazione di temperatura (in genere un abbassamento) e un aumento di portata. A questo gruppo di sorgenti appartengono le emergenze ubicate nella Vena del Gesso (Basino, SEMPAL, Gambellaro), la sorgente del Rio Groppo nei gessi messiniani di Borzano e quella del Rio Vei nei gessi Triassici dell'Alta Val di Secchia. Gli acquiferi che alimentano questi sistemi sono caratterizzati dalla presenza di grotte di attraversamento (fiumi sotterranei), con assenza di una zona satura tradizionale.

La Risorgente del Rio Vei ubicata ad una quota più alta, mostra un andamento giornaliero, soprattutto in tarda primavera, legato ai processi di fusione nivale. All'aumentare della temperatura dell'aria, durante le ore di maggior insolazione, l'ammasso nevoso fonde, alimentando l'acquifero con una notevole quantità di acque poco mineralizzate e fredde.

L'andamento dei grafici della Risorgente dell'Acqua Bianca mostra blandi fenomeni di pistonaggio. Infatti, in seguito a rilevanti apporti, la conducibilità elettrica e la temperatura delle acque aumentano significativamente, mentre la portata non presenta apprezzabili variazioni. Tale comportamento, sembra essere legato ad un travaso verso l'acquifero gessoso da parte di depositi morenici che ricoprono i gessi nella zona di ricarica.

Ringraziamenti

Questo programma di monitoraggio delle sorgenti è stato svolto nell'ambito del Progetto LIFE+ 08 NAT/IT/00369 "GYPSUM" (2010-2014) coordinato dal Parco Regionale dei Gessi Bolognesi e dei Calanchi

dell'Abbadessa. Per l'installazione degli strumenti di monitoraggio si ringraziano GARIBALDI SANSAVINO del Speleo GAM Mezzano (Vena del Gesso) e STEFANO BERGIANTI del Gruppo Speleologico Paleontologico "G. Chierici" di Reggio Emilia per il Reggiano.

Bibliografia

- AA.VV., 1988. *L'area carsica dell'alta Val di Secchia, studio interdisciplinare dei caratteri ambientali*. Studi e Documentazioni, **42**. Reg. Emilia Romagna – Prov. Reggio Emilia, 303 p.
- BENTINI L., LUCCI P., 1999. *Le grotte della Vena del Gesso Romagnola. I gessi di Rontana e Castelnuovo*. FSRER, 23-26.
- CASALI R., 1972. *Idrologia ipogea della zona compresa fra i torrenti Zena ed Idice in località Farneto (S. Lazzaro in Savena Bologna)*. Atti del VII Convegno Speleologico dell'Emilia Romagna e del Simposio di Studi sulla Grotta del Farneto, S. Lazzaro in Savena-Bologna, 9-10 Ottobre 1971, Rassegna Speleologica Italiana, Mem. **X**, 148-152.
- CHIESI M., FORTI P., (Eds.) 2009. *Il Progetto Trias: studi e ricerche sulle evaporiti triassiche dell'alta valle di Secchia e sull'acquifero carsico di Poiano (Reggio Emilia)*. Mem. Ist. It. Spel., **II (22)**, 1-164.
- CHIESI M., FORMELLA W., CASADEI A., FRANCHI M., DOMENICHINI M., 1999. *Il sistema carsico di Monte Caldina Alta Valle del Fiume Secchia, Reggio Emilia*. Speleologia Emiliana, **10**, 19-27.
- CHIESI M., FORTI P., DE WAELE J., 2010. *Origin and evolution of a salty gypsum/anhydrite karst spring: the case of Poiano (Northern Apennines, Italy)*. Hydrogeology Journal, **18**, 1111-1124.
- DEMARIA D., 2003. *Emilia Romagna*. In: G. MADONIA & P. FORTI (Eds.), *Le aree carsiche gessose d'Italia*. Mem. Ist. It. Spel., **II (14)**, 159-184.
- DE WAELE J., BERGIANTI S., CAPACCIONI B., DALMONTE C., FORMELLA W., GENTILINI A., PANZERI R., ROSSETTI S., SANSAVINI B., 2013. *Progetto Life + 08 Nat/It/000369 "Gypsum". primi risultati sulle analisi chimiche delle acque nei gessi dell'Emilia Romagna*. Atti XXI Congr. Naz. Speleol. "Diffusione delle conoscenze", Trieste, 2-5 giugno 2011, 296-301.
- FORTI P., CHIESI M., 2001. *Idrogeologia, idrodinamica e meteorologia ipogea dei gessi di Albinea, con particolare riguardo al Sistema carsico afferente alla Tana della Mussina di Borzano (Er-RE 2) (Albinea-Reggio Emilia)*. In: M. CHIESI (Ed.), *L'area carsica di Borzano (Albinea-Reggio Emilia)*. Mem. Ist. It. Spel., **II (11)**, 1-139.
- FORTI P., FRANCAVILLA F., 1990. *Gli acquiferi carsici dell'Emilia-Romagna: conoscenze attuali e problemi di salvaguardia*. At. Parm., Acta Nat., **26 (1-2)**, 69-80.
- FORTI P., FRANCAVILLA F., PRATA E., RABBI E., VENERI P., FINOTELLI F., 1985. *Evoluzione idrogeologica dei sistemi carsici dell'Emilia-Romagna: 1- Problematica generale; 2- Il complesso Spipola - Acqua Fredda*. Regione Emilia Romagna, Tip. Moderna, Bologna, 1-60.
- FORTI P., FRANCAVILLA F., PRATA E., RABBI E., GRIFFONI A., 1989. *Evoluzione idrogeologica dei sistemi carsici dell'Emilia-Romagna: il complesso Rio Stella-Rio Basino (Riolo Terme, Italia)*. Atti XV Congr. Naz. Spel., Udine, pp. 349-368.
- LUCCI P., ROSSI A. (Eds.), 2011. *Speleologia e geositi carsici in Emilia-Romagna*. Pendragon, Bologna.
- VIGNA B., 2007. *Schematizzazione e funzionamento degli acquiferi in rocce carbonatiche*. In: CUCCHI F., FORTI P., SAURO U. (Eds.), *L'acqua nelle aree carsiche in Italia*. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, serie **II (19)**, 21-26.
- VIGNA B., CALANDRI G., 2001. *Gli acquiferi carsici*. Quaderni Didattici della SSI, **12**, 1-48.

GEOCHIMICA DELLE ACQUE SOTTERRANEE DEL COMPLESSO CARSICO DI CODULA ELUNE (SARDEGNA CENTRO-ORIENTALE)

LAURA SANNA^{1,3,4}, SALVATORE CABRAS^{2,3}, MARIO MEREU², ELISA MARCHETTI⁴

¹Istituto di Biometeorologia, CNR, Traversa La Crucca 3, Sassari; speleokikers@tiscali.it

²Gruppo Archeologico Speleologico Ambientale Urzulei; mario.mereu@tiscali.it

³Associazione Speleologica Progetto Supramonte; salvacabra@tiscali.it

⁴Gruppo Speleo Ambientale Sassari; marchetti_elisa@yahoo.it

Riassunto

Il Complesso Carsico di Codula Elune è stato recentemente oggetto di un'indagine volta alla determinazione dei caratteri geochimici del collettore sotterraneo che scorre in destra idrografica rispetto all'omonima valle. In particolare è stata eseguita la campionatura delle acque dei due principali torrenti di questo vasto sistema in corrispondenza del segmento pertinente alla grotta di Su Palu (il White Nile, corso d'acqua alimentato dalle perdite superficiali in subalveo, e il Blue Nile, dreno proveniente dalle zone interne del massiccio). Oltre all'analisi degli elementi maggiori, sono state condotte una serie di misure periodiche in situ dei parametri fisico-chimici (pH, conduttività, solidi disciolti totali, alcalinità e temperatura). Nonostante entrambi i torrenti abbiano confermato un carattere bicarbonato calcico, i risultati acquisiti hanno evidenziato una discreta differenza tra gli apporti idrici al collettore principale, con un maggior contenuto in calcio e bicarbonato per il Blue Nile e valori più alti per gli altri ioni maggioritari per il White Nile. Anche dal monitoraggio degli elementi fisico-chimici emerge un'eterogeneità dei caratteri idrochimici, caratterizzata da un'elevata stabilità dei parametri per le acque provenienti dal settore più interno dell'acquifero, con temperatura e conducibilità praticamente costanti durante tutto l'arco dell'anno, e da una forte stagionalità della porzione alimentata direttamente dal subalveo della Codula Elune, che va ad attenuare progressivamente i suoi effetti addentrandosi verso la zona di confluenza. In generale, i dati mostrano che l'acqua sotterranea del White Nile ha una composizione influenzata dall'alterazione di feldspati su cui scorre prima di entrare nel sistema carsico e dalle precipitazioni, mentre quella del Blue Nile interagisce a lungo con la roccia calcarea, annullando il suo segnale originario.

Parole chiave: acque sotterranee, Complesso Carsico di Codula Elune, grotta di Su Palu, Supramonte.

Abstract

GEOCHEMISTRY OF THE CODULA ELUNE KARST SYSTEM (CENTRAL-EASTERN SARDINIA) - *The Codula Elune karst system has been recently investigated to determine the geochemical signature of the main underground river that drains the right side of the homonymous valley. In particular, the water sampling was carried out in the major cave streams of the karst system at the relevant segment of the Su Palu cave (the White Nile, stream fed by surface water losses in sub-riverbed, and the Blue Nile, that drains the inland of the karst massif). In addition to the analysis of major elements, a series of periodic measurements of discharge and in situ physico-chemical parameters (pH, conductivity, total dissolved solids, alkalinity and temperature) have been carried out. Although both streams have confirmed a calcium bicarbonate character, the results show a dissimilarity between the waters which supply the main collector, with a higher content of calcium and iron for the Blue Nile stream and a highest concentration values for other mayor ions for the White Nile. Even the monitoring of physico-chemical elements shows clearly heterogeneity in the hydro-chemical feature of the drainage network. It is characterized by a high stability for the parameters of the water coming from the innermost area of the aquifer, with temperature and conductivity practically constant during the whole year, while the portion directly fed by the sub-riverbed Codula Elune suffers the seasonality of the external input, which mitigates its effects gradually penetrating towards the zone of confluence. In general, the data show that the White Nile underground water has a composition influenced by weathering of feldspars on which it overflows before entering the karst system and by rainfall, while the Blue Nile stream extensively interacts with the limestone rock, canceling its original chemical signal.*

Key words: groundwater, Codula Elune karst system, Su Palu cave, Supramonte.

Introduzione

Negli ultimi 35 anni le ricerche speleologiche condotte nella Sardegna centro-orientale hanno senza dubbio ottenuto straordinari risultati, in particolare nell'esplorazione del reticolo sotterraneo della valle di Codula Elune, dove sono stati percorsi chilometri di fiumi sotterranei, ricostruendone il complicato reticolo di condotti carsici (PAPPACODA, 2009). A integrazione della conoscenza sulla geometria dell'idrostruttura di questa parte del Supramonte costiero, è stato recentemente avviato uno studio sui caratteri idrochimici del Complesso Carsico di Codula Elune, che per altro risultava non ancora indagato sotto questo essenziale aspetto, in previsione di una valutazione della sua vulnerabilità.

In questo lavoro sono presentati i risultati preliminari di una serie di analisi geochimiche delle acque sotterranee pertinenti alla grotta di Su Palu, a parziale contributo della definizione del bacino di alimentazione di questo vasto sistema carsico.

Inquadramento dell'area

Aspetti geologici

Nel margine costiero del Supramonte, l'altopiano carsico del Golfo di Orosei è costituito da una sequenza di dolomie e calcari mesozoici che coprono il basamento paleozoico (costituito da filliti e graniti Varisici) localmente ricoperto da basalti plio-pleistocenici e da depositi di versante quaternari. La piattaforma giurassica costiera ha una superficie di circa 210 km² inclinata verso E, costituita alla base da una successione continentale fluvio-lacustre seguita da strati di dolomie e calcari che raggiungono una potenza di circa 800 metri (JADOUL et al., 2010) (Fig. 1A).

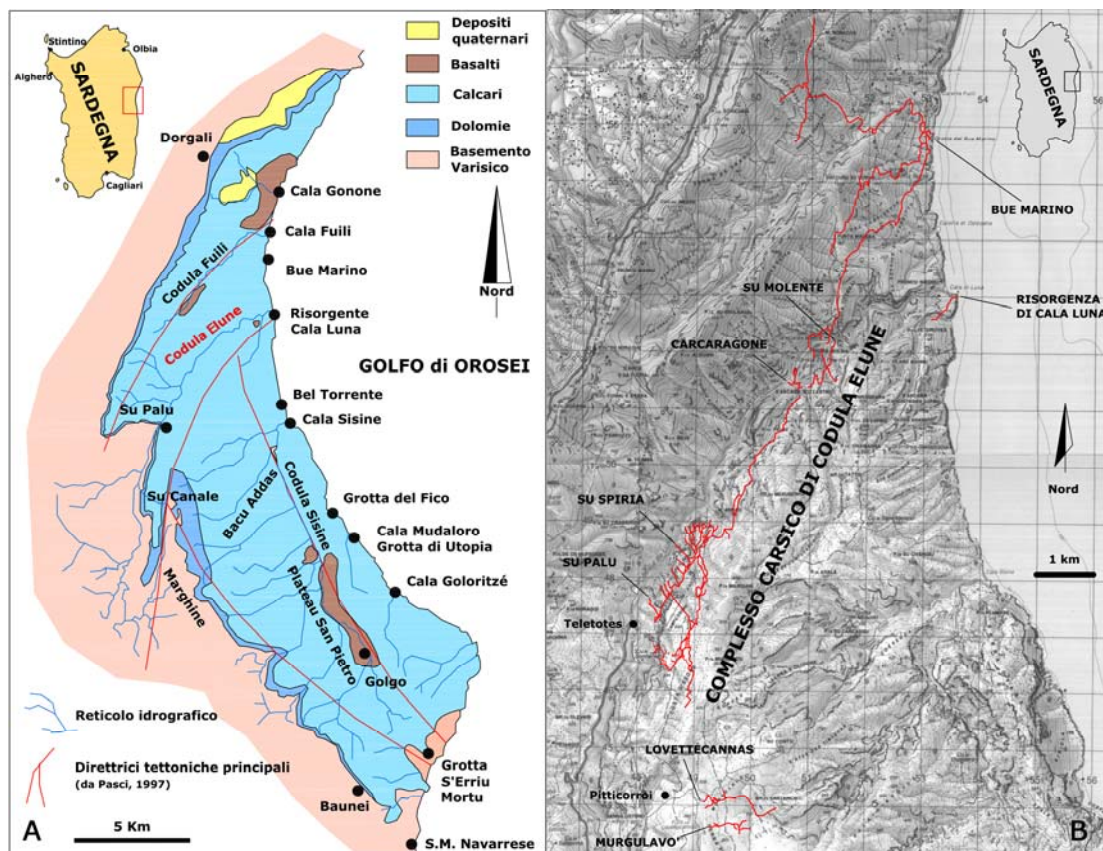


Figura 1. A: Carta geologica dell'altopiano carsico del Golfo di Orosei (da SANNA, 2013). B: Localizzazione del Complesso Carsico di Codula Elune con l'indicazione dei rispettivi ingressi.

Figure 1.A: Geological sketch map of the Gulf of Orosei karst plateau (after SANNA, 2013). B: Location of the Codula Elune Karst System and its cave entrances.

L'assetto strutturale dell'area e i sistemi di faglie obbligano le acque allogeniche infiltrate nella parte occidentale del massiccio e confinate alla base dalle rocce impermeabili del basamento, a fluire verso la linea di costa dando origine così a sorgenti carsiche sottomarine, come quella di Cala Luna, recapito delle acque del Complesso Carsico di Codula Elune (DE WAELE, 2004).

Il Complesso Carsico di Codula Elune

Il complesso sotterraneo di Codula Elune è il più vasto sistema carsico della Sardegna con oltre 42 km di sviluppo per la parte pertinente alla grotta di Su Palu, insieme con la diramazione denominata Su Spiria. Esso s'incunea dentro la successione carbonatica mesozoica parallelamente al canyon fluviocarsico omonimo, lungo il suo fianco destro seguendo un'importante direttrice tettonica (Fig. 1B). Le grotte di Su Palu, Monte Longos (Su Spiria), Carcaragone, Su Molente fanno capo a un collettore la cui emergenza perenne è la risorgente sottomarina di Cala Luna (PAPPACODA, 2009) mentre la grotta del Bue Marino, sul versante idrografico opposto, attualmente costituisce il sistema di troppo pieno. Il reticolo di drenaggio accessibile dall'ingresso di Su Palu è costituito da due corsi d'acqua principali: il segmento proveniente dalle perdite in subalveo e ortogonale alla direzione della valle è denominato White Nile e l'apporto proveniente dalla zona più interna del massiccio è indicato come Blue Nile. Entrambi confluiscono nel Lago, confine simbolico con le gallerie di Monte Longos, le cui rispettive connessioni con le altre cavità del sistema a valle sono state accertate attraverso test con traccianti (LORU et al., 2009). Alcuni autori inoltre sostengono un rapporto di alimentazione da parte dell'altopiano di Su Canale (ARRICA et al., 2014). Questo settore rappresenta un alto strutturale della monoclinale del Supramonte costiero, in destra idrografica rispetto alla Codula e inclinato verso il mare, il cui deflusso, ipotizzato verso le risorgenze costiere sottomarine (SANNA, 2009) è stato recentemente dimostrato dall'osservazione diretta nella grotta del Beltorrente della fluoresceina proveniente dal torrente della grotta di Lovettecannas (WAELE, comunicazione personale).

Metodi

Nel periodo marzo-aprile 2014 sono state prelevate le acque dai due fiumi sotterranei White Nile e Blue Nile alcuni metri prima che confluiscono nel Grande Lago, dalla sorgente granitica di Pitticorroi (possibile apporto allogenico del Blue Nile) e dal torrente ipogeo di una delle grotte localizzate nell'altopiano sovrastante la valle (Lovettecannas), utilizzando dei campionatori monouso di polietilene da 100 mL e procedendo alla filtrazione *in situ* con porosità di 0,45 µm. Per ciascun campione sono state raccolte due aliquote, una mantenuta tal quale per l'analisi degli anioni e una acidificata con HNO₃ per la determinazione dei metalli disciolti. La loro conservazione è avvenuta refrigerando a 4 °C e le analisi chimiche sono state condotte entro 10 giorni dal prelievo presso il laboratorio della CPG di Savona con cromatografia ionica e spettroscopia di emissione (ICO-OES) secondo quanto indicato dalla metodica standard di riferimento (APAT, 2004). L'alcalinità è stata determinata *in situ* titolando 100 mL di campione con HCl 0,1N usando come indicatore il metilarancio (viraggio dal giallo al rosso).

Per quanto riguarda il monitoraggio dei parametri fisico-chimici delle acque è stato condotto per un periodo di due anni consecutivi (2013-14) utilizzando un sensore portatile Hanna HI 991301 che misura pH, temperatura (T), conduttività elettrica (EC) e totale dei sali disciolti (TDS). L'intervallo dei parametri misurati è rispettivamente tra 0,00 e 14,00 per il pH (risoluzione 0,01 – accuratezza ±0,01), tra 0,00 e 20,00 mS/cm per EC (risoluzione 0,01 mS/cm – accuratezza ±2%), tra 0,00 e 10,00 ppt di TDS (risoluzione 0,01 ppt – accuratezza ±2%) e da 0,0 a 60,0 °C per la temperatura (risoluzione 0,1 °C – accuratezza ±0,5 °C).

Risultati e discussione

Per quanto riguarda i parametri fisico-chimici, i due torrenti sotterranei di Su Palu hanno entrambi acque con valori di pH neutro, per bilanciamento a opera dei carbonati (effetto tampone) anche laddove scorrono sui graniti (solo durante l'estate 2014 si è osservato un suo incremento durante una prolungata fase di magra). Temperatura e conducibilità invece differiscono notevolmente: il White Nile ha una forte stagionalità con temperature minime di 11,3 °C e massime di 16,0 °C e conducibilità tra 0,21 e 0,34 mS/cm; il Blue Nile presenta un'estrema stazionarietà, con temperatura costante intorno ai 15,0 °C e conducibilità di 0,31 mS/cm. Il chimismo di base di queste acque è dominato dai cationi alcalino-terrosi (Ca e Mg) su quelli alcalini (Na e K), mentre la composizione anionica è nettamente dominata dal bicarbonato (HCO₃) e subordinatamente da Cl. Il contenuto in silice non supera i valori di 3 mg/L (la sorgente di Pitticorroi ha invece acque sature con 26,7 mg/L). Altri elementi presenti in concentrazioni minori sono il Fe e SO₄ che probabilmente derivano dall'ossidazione della pirite contenuta nei graniti, tanto che all'interno del sistema carsico non è infrequente osservare delle infiorescenze di gesso sui ciottoli di questo litotipo. Come illustrato nel diagramma di Piper

(Fig. 2A), in cui per confronto sono stati inseriti anche i dati analitici delle acque della grotta di Lovettecannas e della sorgente granitica di Pitticorroi, entrambi gli apporti del collettore di Su Palu appartengono alla facies bicarbonato-calcica, ma il Blue Nile si differenzia per un maggior contenuto di Ca rispetto al White Nile che invece è più sodico.

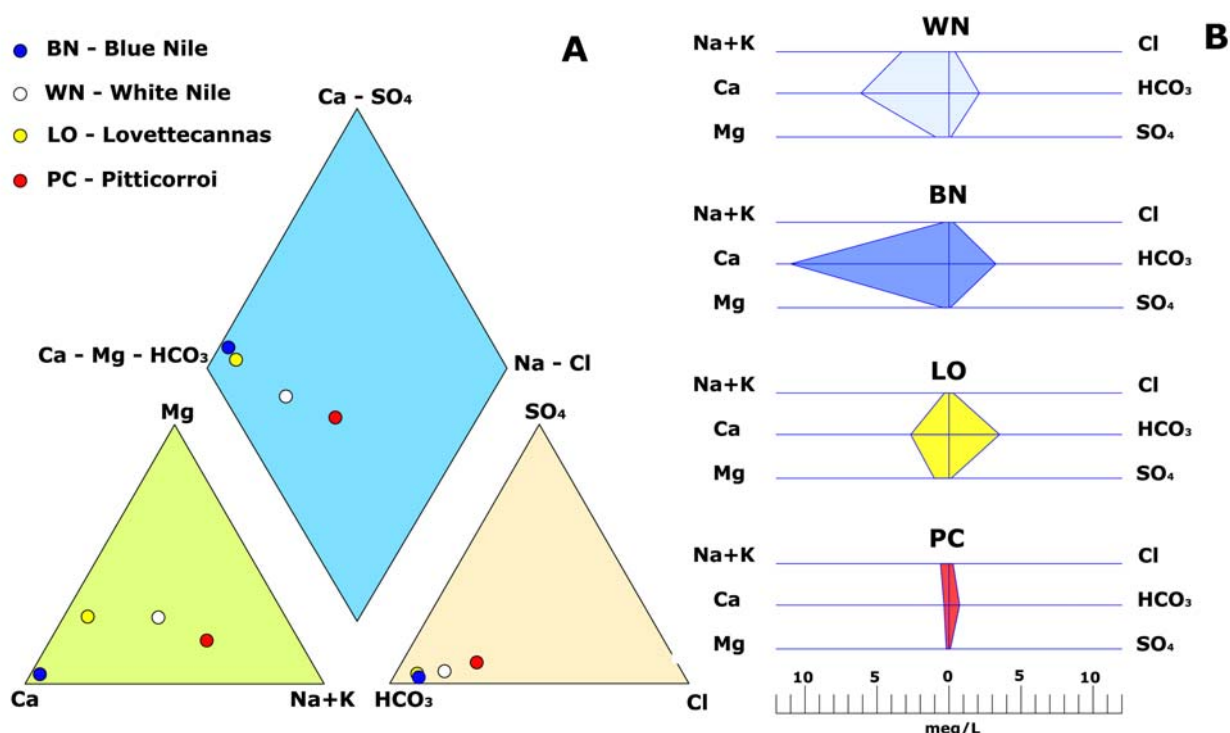


Figura 2. Chimismo di base delle acque del Complesso Carsico di Codula Elune. A: Diagramma di Piper; B: Diagrammi di Stiff. Sono riportati anche i dati delle acque della grotta di Lovettecannas e della sorgente di Pitticorroi.

Figure 2. Water chemistry of the Codula Elune Karst System. A: Piper diagram; B: Stiff diagrams. Data from Lovettecannas Cave and Pitticorroi spring are also reported.

La composizione delle specie maggiori è descritta con maggior dettaglio nei diagrammi di Stiff (Fig. 2B) che, evidenziano un classico chimismo tipico delle acque carsiche (come atteso la sorgente di Pitticorroi si discosta da questo andamento).

Seguendo il modello proposto da GIBBS (1970) per i fiumi superficiali in cui l'idrochimica è determinata essenzialmente dall'alimentazione diretta da parte delle precipitazioni atmosferiche, dall'azione di processi d'interazione acqua-roccia e da fenomeni di evaporazione-precipitazione, i torrenti sotterranei di Su Palu si localizzano nel diagramma a boomerang nel campo delle acque aventi una predominanza di processi di interazione acqua-roccia (Fig. 3A), con una salinità intermedia e un basso rapporto Na/(Na + Ca) dovuto alla progressiva dissoluzione della componente carbonatica. Per la sorgente di Pitticorroi la componente meteorica è invece prevalente. Il Blue Nile, con una salinità leggermente superiore (TDS = 160 mg/L), presenta una riduzione della componente sodio-potassica rispetto al White Nile (TDS = 110 mg/L). Le acque della grotta di Lovettecannas mostrano una composizione molto meno carbonatica con salinità pari a 140 mg/L mentre la sorgente di Pitticorroi ha una composizione più ricca in Na-Cl e bassissima salinità (TDS = 40 mg/L).

Al fine di definire le interazioni con l'ambiente geologico vengono inoltre riportati alcuni diagrammi binari rappresentativi dei processi geochimici che interessano le acque sotterranee di questo settore. Il grafico Na vs Cl (Fig. 3B) mostra che le acque del Blue Nile si collocano su un trend sub-parallelo alla retta del rapporto Na/Cl dell'acqua di mare, mentre quelle del White Nile si discostano con un rapporto Na/Cl pari a 7,7 a indicare che è presente un arricchimento in Na spiegabile con l'alterazione di minerali silicatici, come albite. Dal diagramma (Ca + Mg) vs HCO₃ (Fig. 3C) si osserva una correlazione positiva tra i due termini considerati e l'alcalinità. I campioni di Su Palu si distribuiscono lungo la retta stechiometrica 1:1 ma con un eccesso di Ca + Mg. Questo ragionevolmente dimostra che le concentrazioni delle specie carbonatiche nonché del calcio e del magnesio in soluzione, derivano come atteso dalla circolazione nelle rocce carbonatiche che costituiscono l'acquifero. Il rapporto molare Mg/Ca (Fig. 3D), funzione delle caratteristiche litologiche del bacino di alimentazione, è in genere inferiore a 1 e mostra un decremento fino a 0,04

all'aumentare della salinità. Questo indica che le acque di Su Palu sono sotto-sature rispetto alla calcite e la reazione di dissoluzione interessa principalmente i calcari. Il campione di Lovettecannas invece rappresenta il risultato di un'interazione acqua-roccia che ha interessato principalmente porzioni di roccia con composizione magnesiaca (litotipi dolomitici).

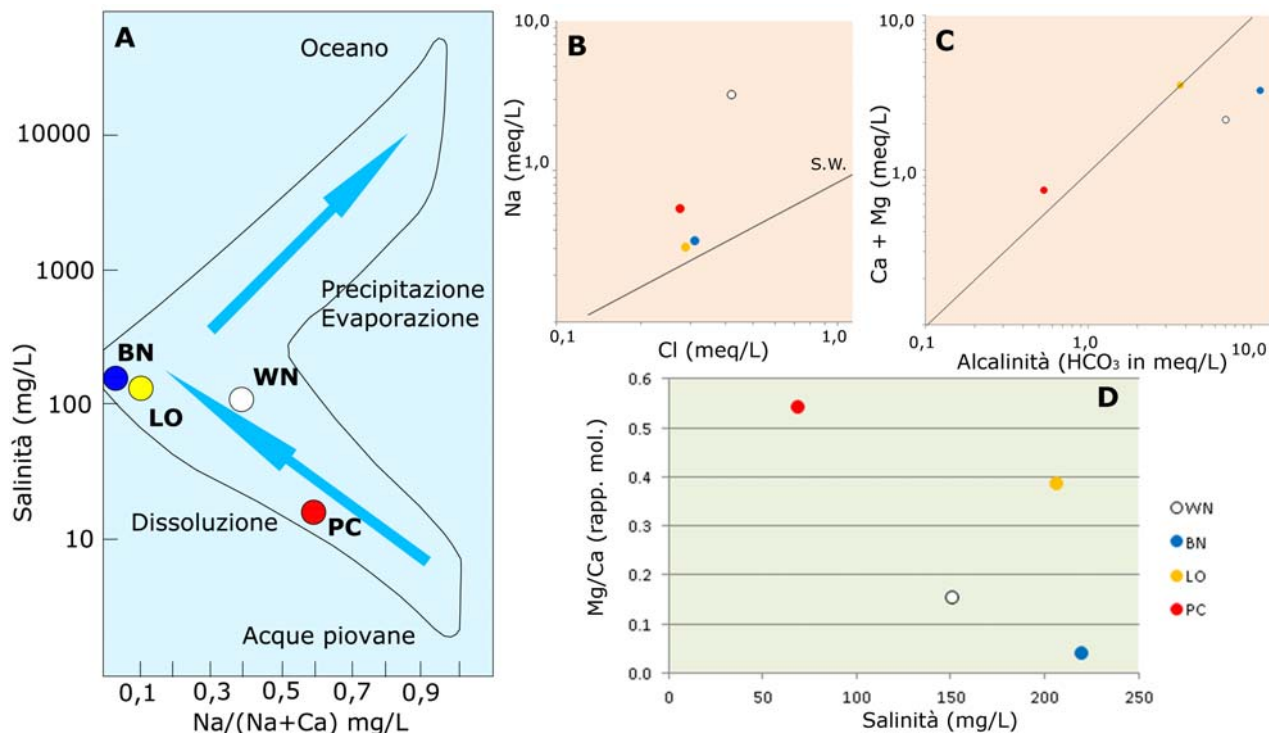


Figura 3. Classificazione geochimica delle acque del Complesso Carsico di Codula Elune (simboli dei campioni come in Fig. 2). A: Diagramma di Gibbs; B: Diagramma binario Na vs Cl (S.W. = retta di diluizione dell'acqua di mare); C: Diagramma binario (Ca + Mg) vs HCO₃ (è mostrata la retta del rapporto stechiometrico 1:1); D: Variazione del rapporto molare Mg/Ca in funzione della salinità.

Figure 3. Water geochemistry classification of the Codula Elune Karst System (samples symbols as in Fig. 2). A: Gibbs diagrams; B: Na vs Cl diagram (S.W. = seawater line); C: (Ca + Mg) vs HCO₃ diagram (1:1 stoichiometric ratio line is shown); D: Mg/Ca molar ratio respect to the salinity.

Con lo scopo di individuare i processi più significativi che controllano la geochimica delle acque del Complesso Carsico di Codula Elune è stata infine condotta un'analisi dei componenti principali in modo da considerare tutti i parametri simultaneamente. Questo metodo ha evidenziato che due fattori giustificano l'83% della varianza totale. Il primo, con 55% di varianza, correla positivamente Ca, Mg, HCO₃ denotando una simile origine legata alla dissoluzione della roccia carbonatica, mentre la silice si relaziona negativamente, indicando dissoluzione incongruente di silicati dovuta ad acque circolanti in fratture e interstizi nella zona di alterazione dei graniti (Fig. 4A). Il secondo componente invece contribuisce con Na, Cl e K a una varianza del 27% che come evidenziato nel diagramma dei campioni (Fig. 4B) interessa principalmente le acque del White Nile che riflettono dell'effetto dell'alterazione dell'albite.

Conclusioni

I principali processi geochimici che determinano la composizione delle acque del Complesso Carsico di Codula Elune sono stati studiati per la prima volta impiegando tecniche convenzionali e chemiometriche. L'interpretazione dei dati idrochimici usando il diagramma di Piper ha identificato come facies dominante quella Ca-Mg-HCO₃. Il Ca è il catione dominante, seguito dal Na. Dal grafico a boomerang di GIBBS è emerso che il chimismo dell'acqua sotterranea è determinato dall'interazione con il substrato in cui insiste l'acquifero, piuttosto che dagli apporti delle precipitazioni atmosferiche che invece influenzano i parametri fisico-chimici. I diagrammi binari evidenziano inoltre il contributo dell'alterazione di fasi minerali pertinenti ai graniti e una preferenziale dissoluzione dei calcari. Lo studio chemiometrico degli elementi maggiori ha fornito un'idea complessiva sui processi idrochimici, individuando una zonazione geochimica del sistema che tiene in considerazione gli effetti litologici e l'assetto idrogeologico. Il chimismo nettamente differenziato all'interno dello stesso complesso carsico è da riferirsi al percorso e ai tempi di circolazione, oltre che al substrato che attraversano.

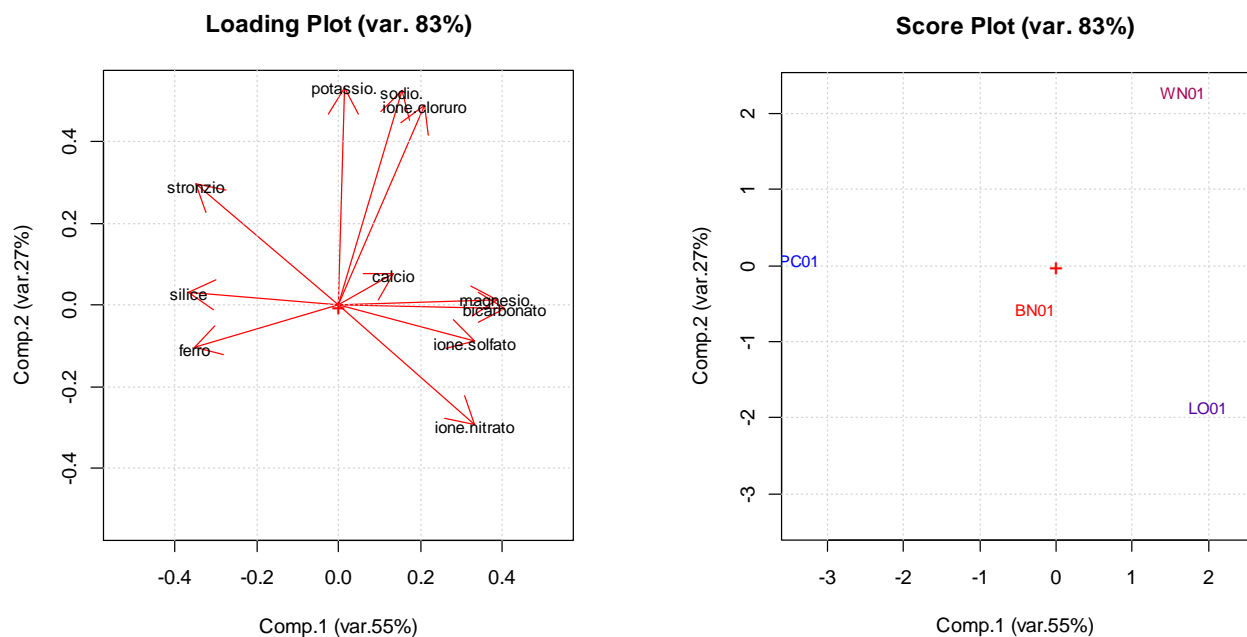


Figura 4. Analisi dei componenti principali delle acque del Complesso Carsico di Codula Elune. A: Grafico delle variabili (n=11); B: Grafico dei campioni (n=4) (abbreviazioni dei campioni come in Fig. 2).

Figure 4. Principal components analysis of the Codula Elune Karst System water. A: Loading plot (n=11); B: Score plot (n=4) (samples IDs as in Fig. 2).

Ringraziamenti

Rivolgiamo un sentito riconoscimento a tutti gli speleologi che hanno dedicato lunghe punte esplorative per scoprire il reticolo nascosto lungo la Codula Elune e un ringraziamento particolare a chi ha supportato le fasi di questa ricerca idrologica.

Bibliografia

- APAT, 2003. *Metodi Analitici per le Acque*. Manuali e linee guida, **29**, 1-1149.
- ARRICA S., MELIS G., LORU R., RINALDI A. 2014. *Colorazioni nel Supramonte orientale*. *Speleologia*, **70**, 44-47.
- DE WAELE J., 2004. *Geomorphologic evolution of a coastal karst: the Gulf of Orosei (Central-East Sardinia, Italy)*. *Acta Carsologica*, **33**, 37-54.
- GIBBS R.J., 1970. *Mechanisms controlling world water chemistry*. *Science*, **170**, 1088-1090.
- JADOUL F., LANFRANCHI A., BERRA F., ERBA E., CASELLATO C.E., CHERCHI A., SIMONE L., SCHROEDER R., CARANNANTE G., IBBA A., 2010. *I sistemi carbonatici giurassici della Sardegna orientale (Golfo di Orosei) ed eventi deposizionali nel sistema carbonatico giurassico-cretacico della Nurra (Sardegna nord-occidentale)*. *Geological Field Trips*, 84° Congr. Naz. Soc. Geol. It., Sassari, 2008, Excursion E05, vol. **2 (2.1)**, pp. 122.
- LORU R., MURGIA A., FANCELLO L., 2009. *Su Molente, l'anello mancante del primato*. *Speleologia*, **61**, 16-25.
- PAPPACODA M., 2009. *Il Complesso Carsico della Codula Ilune*. *Sardegna Spelologica*, **24**, 17-31.
- PASCI S., 1997. *Tertiary transcurrent tectonics of North-Central Sardinia*. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, **168**, 301-312.
- SANNA L., 2009. *Ultime colorazioni in Supramonte*. *Speleologia*, **61**, 74-75.
- SANNA L., 2013. *Dati preliminari sui caratteri fisico-chimici delle acque sotterranee del Complesso Carsico di Codula Ilune (Sardegna centro-orientale)*. *Atti del Congresso Nazionale "La ricerca speleologica in Italia"*, Fabrosa Soprana (Italia), 22-23 giugno 2013, in press.

CARATTERI CHIMICO-FISICI DELLE SORGENTI CARSICHE DEL SETTORE DI FORNOVOLASCO (ALPI APUANE, PROV. LUCCA)

GILBERTO CALANDRI, DIANA GOBIS

Gruppo Speleologico Imperiese CAI, Salita don Glorio, 14, 18100 Imperia; dianagobis@wime.it

Riassunto

Nel settore di Fornovalasco (alta valle Turrite di Gallicano) sgorgano alcune importanti sorgenti di tipo carsico: le acque sono tipicamente bicarbonato-calciche, ma con differenziazioni legate a litologie e carsificazione. La Polla della Chiesaccia è una sorgente oligominerale (conducibilità sp. tra 195 e 230 $\mu\text{S/cm}$, TH (durezza totale) tra 2,21 e 2,50 meq/litro, rapporto Mg/Ca 0,1; in meq/l) alimentata da breccie poligeniche e calcari dolomitici e silicei. La Polla dei Tufi (conducibilità tra 220 e 240 $\mu\text{S/cm}$), con acquifero in "Grezzoni" e "dolomie brecciate", è strettamente calcica (Ca 43 ppm, Mg/Ca 0,09). Simili i caratteri della sorgente Battiferro (Mg/Ca 0,5-0,1). La sorgente del Tinello, oligominerale, risorgenza dell'Abisso Garfagnana, ha il bacino nei "Grezzoni" e nelle "dolomie brecciate" (conducibilità tra 181 e 225 $\mu\text{S/cm}$; Mg/Ca 0,4). La Polla dei Gangheri, tra le principali sorgenti delle Apuane, ha una conducibilità media di 220 $\mu\text{S/cm}$; Mg/Ca 0,27 e significativa presenza di solfati (ca. 13 ppm). I confronti dettagliati evidenziano il controllo litologico e carsico sul chimismo delle acque.

Parole chiave: Alpi Apuane, Turrite di Gallicano, idrogeologia, carsismo, idrochimismo.

Abstract

CHIMICO-PHYSICAL CHARACTERS OF KARST SPRINGS IN THE FORNOVOLASCO AREA (APUANE ALPS, LUCCA PROVINCE) - *Some important springs flow in the Fornovalasco sector (high valley Turrite di Gallicano). The waters are typically bicarbonate-calcic. The Polla della Chiesaccia is a oligomineral spring (conductivity between 195 and 230 $\mu\text{S/cm}$; report Mg/Ca 0,09 meq/l) with aquifer represented by polygenic breccias, dolomites and siliceous limestones. The Polla dei Tufi (conductivity 220-260 $\mu\text{S/cm}$; Mg/Ca 0,09): aquifer made by "Grezzoni" and "calcare cavernoso". Similar characters in the Battiferro spring (Mg/Ca 0.5-0,1). The Tinello spring (aquifer by "Grezzoni" and "calcare cavernoso") is the resurgence of Garfagnana Hole (conductivity 181-225 $\mu\text{S/cm}$; Mg/Ca 0,4). The Polla dei Gangheri is the main spring of the sector (average conductivity 200 $\mu\text{S/cm}$; Mg/Ca 0,27; sulphates 13 ppm). The comparison of the springs proves the lithological and karst control of the chemical features of the waters.*

Key words: Apuane Alps, Turrite di Gallicano, hydrogeology, karstic springs, hydrochemistry.

Introduzione

Nell'alta valle delle Turrite di Gallicano (Comune di Vergemoli, LU), affluente in riva destra del Serchio i deflussi carsici sono superiori agli afflussi della vallata, con apporti dalle aree carsiche oltre gli spartiacque geografici. Le precipitazioni sono elevate (2416 mm/anno a Fornovalasco, oltre 3000 mm nel sovrastante settore delle Panie). La conoscenza delle acque carsiche è sinora limitata sotto il profilo chimico-fisico: si sintetizzano qui i risultati delle analisi effettuate dal 1985 al 2012 in questo settore delle Alpi Apuane (Fig. 1).

Polla della Chiesaccia

La Polla della Chiesaccia (Sorgente della Turrite) sgorga a quota 610 m s.l.m. nell'alveo del Canale della Turrite di Petroschiana. Il bacino di assorbimento, che potrebbe comprendere i versanti orientali del M. Forato ed i quadranti settentrionali del settore Foce di Petroschiana-M. Croce-Colle delle Boldorie, non è delimitato. La geologia della presunta area di alimentazione è costituita, nel settore di M. Forato, da Grezzoni, marmi, calcari dolomitici e dolomie, del Trias sup., e, nei versanti del vallone di Petroschiana, da Calcari cavernosi e breccie poligeniche con clasti di marmi, calcari selciferi, diaspri, ecc.: queste formazioni rientrano nel Complesso della Pania Secca-Pania della Croce. Nella zona del M. Croce affiorano prevalentemente calcari e calcari selciferi

cretacei.

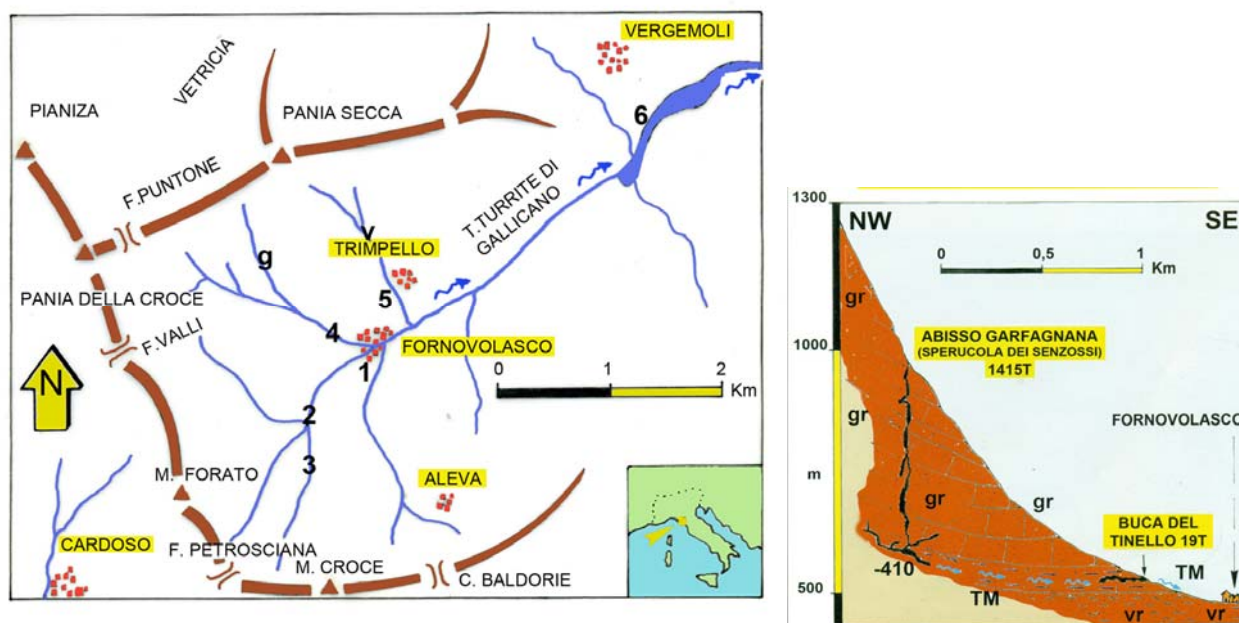


Figura 1(a sinistra). Carta delle sorgenti carsiche esaminate nell'alta valle delle Turrite di Galliciano. 1: Battiferro, 2: Tufi (Tana che Urla), 4: Tinello, 5: Stroscia, 6: Gangheri, g: Abisso Garfagnana (dis. CALANDRI, GRIPPA, PASTOR).

Figure 1(left). Map of examined karstic springs (high Turrite di Gallicano valley).

Figura 2(a destra). Sistema A. Garfagnana-Tinello. Unità delle Panie. Gr: grezzoni (Norico-Retico). TM: Metacarboniti del Tinello (Ladinico sup.-Carnico). Vr: Verrucano (anageniti, quarziti, ecc.) (Ladinico sup.-Carnico?) (dis. CALANDRI, GRIPPA, PASTOR).

Figure 2(right). Abisso Garfagnana-Tinello spring: hydrogeological section.

La portata media della Chiesaccia è di ca. 100-200 l/s, ma significativa è la costanza dei deflussi, come sembrano confermare l'omogeneità dei parametri chimico-fisici, le temperature variano da 8,9 a 9,3 °C, il pH tra 7,5 e 7,8 (parametri inferiori alle vicine risorgenze carsiche: Tinello, Tufi, ecc.). La durezza totale oscilla (nell'arco stagionale e delle variazioni di portata) tra 2,21 e 2,50 meq/litro (la conducibilità specifica tra 195 e 230 $\mu\text{S}/\text{cm}$): i valori maggiori sono stati rilevati in estate in corrispondenza di minori deflussi e maggiore dissoluzione carsica legata all'attività biologica dei suoli. Le acque, dolci, oligominerali, strettamente carbonatiche, presentano tassi di magnesio di 2,7-2,8 ppm (rapporto Mg/Ca 0,1 in meq/l) decisamente inferiori alle altre sorgenti delle Turrite di Gallicano: Il diagramma di SCHOELLER sottolinea la sostanziale stabilità chimica delle acque (variazioni più marcate solo per gli ioni minori) (CALANDRI, 2003).

Polla dei Tufi

La Polla (q. 600 m s.l.m. ca.) è la risorgenza della vicina Tana che Urla 19 T (che, in caso di piena, funge da troppo pieno), situata nella zona Casette del Canale di Petroschiana. Il bacino di assorbimento non è definito con precisione: dovrebbe comprendere i pendii Costa Pulita-Foce delle Valli (con il solco del Fosso del Termine in stretta relazione con le parti terminali della Tana che Urla, a conferma di violenza e rapidità delle piene) principalmente nei grezzoni e nei Calcari cavernosi (Trias sup.), con importanti coperture detritiche. Le acque dei Tufi evidenziano una significativa costanza dei valori chimico-fisici: temperature tra 9,7 e 9,9 °C, pH 7,8-7,9, conducibilità sp. tra 220 e 260 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Acque oligominerali bicarbonato alcalino-terrose, con spiccata predominanza del calcio, in media 43,3 ppm (polarmente l'83% dei cationi); il magnesio ha un valore medio di 3,9 ppm (rapporto Mg/Ca 0,09). Negli anioni la dominanza è dei carbonati (88,5% molare) con modesta percentuale dei cloruri (7,5 ppm) e dei solfati (4,6 ppm). Il diagramma semilogaritmico di SCHOELLER evidenzia la scarsa variabilità delle componenti ioniche nell'arco dei monitoraggi stagionali di un ventennio (CALANDRI, 2009).

Sorgente Battiferro

Sgorga (a quota 515 m s.l.m. ca.) nel solco del Canale di Battiferro da alcune polle (mascherate in parte dai

detriti), poco a valle del ponticello sulla rotabile tra Fornovolasco e Grotta del Vento. Il bacino di assorbimento è da precisare: dovrebbe comprendere i pendii NE del M. Croce (con possibili apporti dal settore Aleva-Verticato, estremo W del M. Biocca) e con probabili infiltrazioni e perdite subalvee del canale principale e degli affluenti. Se le scaturigini sono nei Grezzoni, l'area di alimentazione è costituita da Calcari cavernosi e brecce poligeniche del Trias sup. ad elevata permeabilità. Nei settori più elevati formazioni della Falda Toscana, con calcari selciferi e calcareniti del Cretaceo, a media permeabilità per fratturazione e carsismo. Il deflusso di magra è di ca. 30 l/s, in morbida intorno ai 100 l/s. Le acque hanno temperature tra 8.8 e 8.9 °C, il pH varia tra 7.6 e 7.8. La conducibilità sp. oscilla intorno ai 200 µS/cm. Tra i cationi è dominante il calcio (valori costanti intorno a 40 ppm), basso il tasso di magnesio, in media 0,28 meq/l (rapporto Mg/Ca 0,13), indicando apporti trascurabili da rocce dolomitiche; più elevato il sodio: ca. 6 ppm. Tra gli anioni (assoluta prevalenza dello ione carbonico) sono da segnalare i cloruri intorno a 8 ppm e solfati ca. 6-7 ppm.

Sorgente Tinello

Le acque (poco a lato della rotabile per la Grotta del Vento, ca. un km prima) sgorgano a quota 525 m s.l.m. ca. dalla Buca del Tinello 31 T (sviluppo attuale ca. 500 m, in direz. N): le portate minime da noi registrate sono di 5-10 l/s, quelle di morbida ca. 100 l/s. Per quanto non precisati i limiti del bacino di assorbimento dovrebbero comprendere i versanti meridionali delle Panie, in particolare i ripidi pendii della Pania della Croce e dell'Omo Morto. Una esperienza di tracciamento (S. C. Garfagnana) ha individuato il collegamento tra l'Abisso Garfagnana (Sperucola dei Senzossi -410 m; q. 970 m s.l.m., nella Borra della Fontana) ed il Tinello (il dislivello tra parte inferiore dell'Abisso e risorgenza sarebbe di 65 m, su una distanza planimetrica di ca. 1050 m) (Fig. 2). La zona di alimentazione sembra principalmente nei Grezzoni (Trias sup.). Il Tinello sgorga nella formazione dei Metacarbonati del Tinello del tardo Ladinico-Carnico. Temperature delle acque tra 10,4 e 10,8 °C; pH tra 7,8 e 8; conducibilità sp. tra 181 e 225 µS/cm. La durezza totale media è di 11,9°f., ma in generale è limitata la variabilità dei caratteri chimici. Tra i cationi prevalente il calcio (1,7-2 meq/l); il magnesio 0,8 meq/l (rapporto Mg/Ca 0,4) risente della componente dolomitica dei Grezzoni: Assai modesti gli ioni minori (sodio, potassio, solfati) con valori intorno ai 3 mg/l, grossomodo corrispondenti agli apporti delle acque piovane. Il diagramma di SCHOELLER sottolinea la sostanziale stabilità chimica delle acque.

Sono stati effettuati alcuni confronti chimici con la Sorgente Stroscia (indicata anche come ulteriore risorgenza dell'Abisso Garfagnana): riscontrando valori simili al Tinello, con mineralizzazione leggermente più elevata alla Stroscia. Alcune misure nelle acque della Grotta del Vento indicano, come temperatura e pH, valori simili al Tinello: leggermente maggiore del Tinello la durezza totale nella diramazione dell'Infinito, pressoché identica nell'Acheronte (SCHOELLER 2006).

Polla dei Gangheri

La sorgente, tra le maggiori delle Apuane, sgorga (captata) a 260 m nella Turrite, poco a valle della Diga di Trombacco. Le portate medie dovrebbero essere nell'ordine di 400 l/s. Il bacino di alimentazione non è ancora definito: dovrebbe comprendere buona parte della Pania Secca (almeno crinali e versanti meridionali), i pendii di Grotta Bianca e le Rocchette, rispettivamente nei marmi giurassici delle Panie, nei Grezzoni e nei Calcari cavernosi del Trias sup. Il settore tra Turrite di Gallicano-Vergemoli-Grottorotondo, nelle formazioni mesozoiche, dovrebbe rientrare nell'acquifero; non sono poi da escludere perdite superficiali dai Canali Levigliese e Fogliaio. Rispetto alle principali sorgenti della Turrite, di tipo "sospeso", la Polla dei Gangheri è l'unica di fondovalle, emergenza di un'ampia falda freatica, come confermato dalla costanza dei parametri chimico-fisici. La temperatura varia tra 9,5 e 10,1°C; il pH tra 7,7 e 8, la conducibilità sp. media 220 µS/cm. La durezza totale media risulta 12°f.; il magnesio in media è 7 ppm (rapporto Mg/Ca 0,27); relativamente elevato il valori dei solfati (media 13 ppm). Superiori ai valori delle acque piovane i valori di sodio (4 ppm) e cloruri (media 5,4 ppm), maggiori delle altre sorgenti delle Turrite di Gallicano (CALANDRI, 2007).

Confronti e considerazioni

Pur nella varietà della tipologia delle sorgenti e delle condizioni litostutturali le acque di tipo carsico dell'alta Turrite di Gallicano presentano facies chimiche sostanzialmente simili, come evidenziato dal tasso idrotimetrico simile (Battiferro 10,5°f., Chiesaccia 10,68°f., Tinello 11,9°f., Tufi 12,1°f., Gangheri 12,6°f., ecc.) e riportato nel relativo ortogramma (assieme a temperature e valori di altre emergenze) (cfr. Fig. 3).

Il tasso di magnesio pare controllato dagli scorrimenti nei Grezzoni (cfr. ortogramma Chiesaccia, Tufo, Tinello: Fig. 4) come ribadito dal rapporto Mg/Ca in meq/l: Chiesaccia 0,1; Battiferro 0,14; Tufi 0,09; Gangheri 0,27; Tinello 0,4. Per quanto riguarda gli anioni, pur nella sostanziale omogeneità, si distacca il tasso dei solfati (cfr.

ortogramma Mg/SO: Fig. 5) della Polla dei Gangheri, ca. almeno il doppio delle altre sorgenti. Un quadro riassuntivo nel diagramma quadrato di LANGELIER-LUDWIG (Fig. 6), con la posizione delle acque tutte nel quadrante SE, ribadisce l'impronta spiccatamente carbonato-calcica

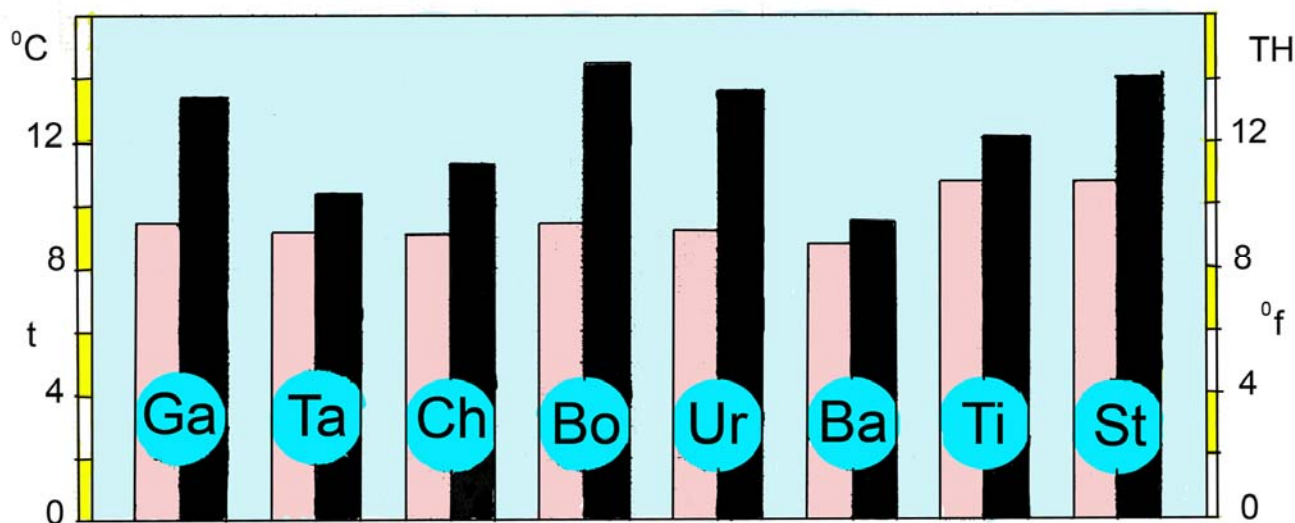


Figura 3. Ortogramma dei valori (colonne rosa) di temperature (°C) e di durezza totale (in °francesi), colonne nere, delle principali sorgenti delle Turrette di Galliciano (gennaio 2001). Ga: Gangheri, Ta: Tafornione, Ch: Chiesaccia, Bo: Borra della Canala, Ur: Tufi-Tana che Urla, Ba: Battiferro, Ti: Tinello, St: Stroschia (dis. CALANDRI, PASTOR).

Figure 3. Istogram of temperatures (t) (pink columns) and total hardness (TH) (black columns) (January 2001).

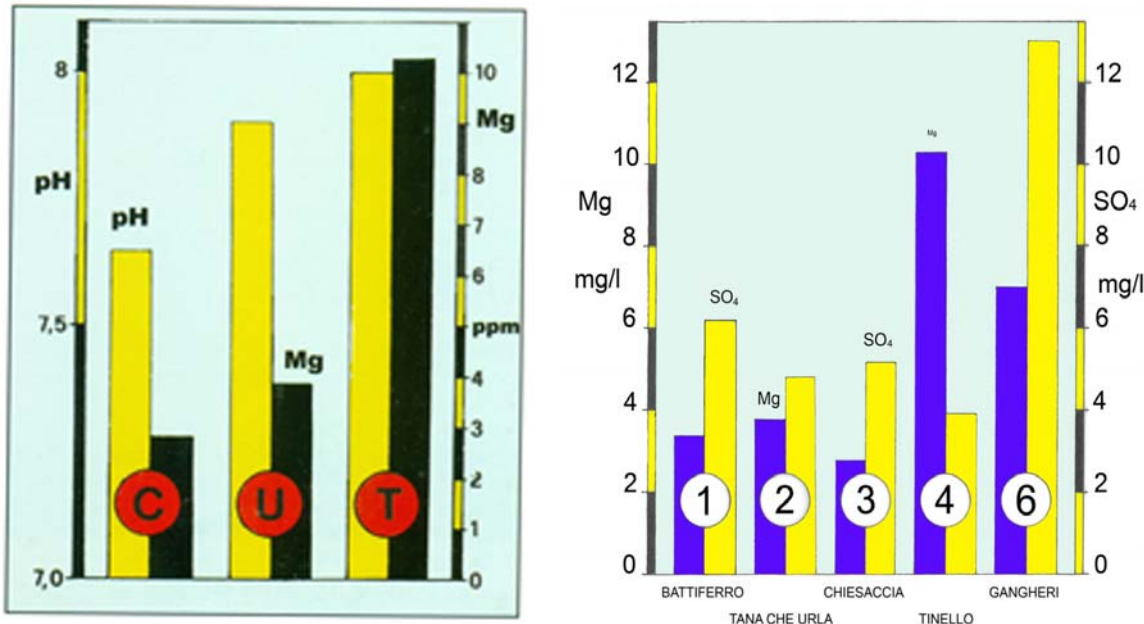


Figura 4(a sinistra). Ortogramma dei valori del pH (colonne gialle) e del magnesio (colonne nere) misurati nell'aprile 1996 alle sorgenti della Chiesaccia (C), dei Tufi (U) e del Tinello (T) (dis. CALANDRI, GRIPPA).

Figure 4(left). Istogram of pH (yellow columns) and magnesium (Mg) (black columns) (April 1996).

Figura 5(a destra). Ortogramma dei valori (in milligrammi/litro) dei ioni magnesio (colonne blu) e solfati (colonne gialle) delle sorgenti (numerazione come in figura 1) (dis. CALANDRI, GRIPPA, PASTOR).

Figure 5(right). Istogram of magnesium (Mg) (blue columns) and sulphates (SO4) (yellow columns) (numbering: see fig. 1).

Nel diagramma di PIPER (Fig. 7) che riporta i valori dosati per i singoli ioni le sorgenti si collocano, nei diagrammi ternari e quindi in quello rombico, nei quadranti di alimentazione carsica semplice in rocce calcaree (o con modesta componente dolomitica).

Nei bacini di alimentazione si possono valutare precipitazioni tra 2400 e 3000 mm/anno, con un'evapotraspirazione intorno ai 600 mm: quindi i deflussi ipogei dovrebbero essere di ca. 60-80 l/s al kmq. Applicando le classiche formule di CORBEL e PULINA si ricaverebbero valori di erosione (ablazione) carsica (o dissoluzione specifica) tra 90 e 110 m³/kmq/anno (esprimibili anche come mm di spessore della superficie calcarea teoricamente erosi ogni 1000 anni, anche se la maggiore dissoluzione avviene nell'epicarso) a evidenziare come le Apuane siano uno dei carsi della montagna mediterranea, iperumidi, con valori molto elevati di dissoluzione specifica.

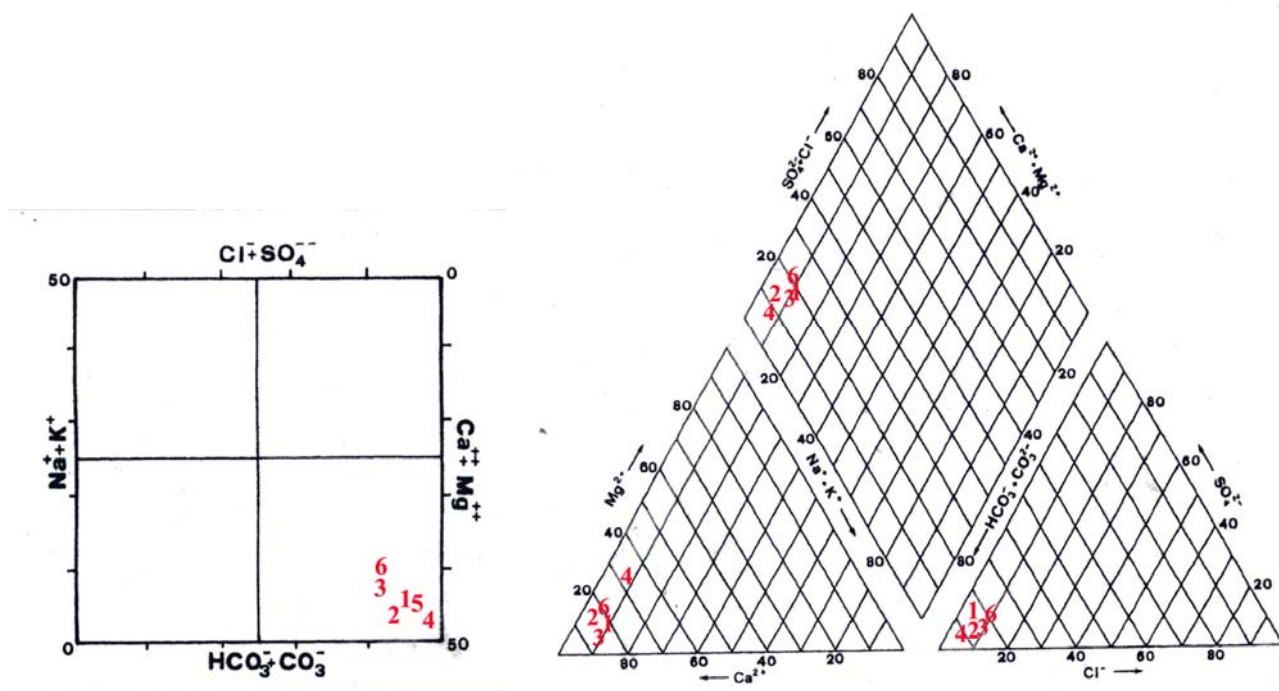


Figura 6 (a sinistra). Diagramma di LANGELIER-LUDWIG delle sorgenti esaminate (numerazione come in figura 1) (dis G. Calandri).

Figure 6 (left). Chemical classification of waters: LANGELIER- LUDWIG's diagram.(numbering: see fig. 1).

Figura 7 (a destra). Diagramma di Piper delle sorgenti esaminate (numerazione come in figura 1) (dis G. Calandri, D. Gobis).

Figure 7 (right). Piper diagram (numbering: see fig. 1).

Ringraziamenti

Si ringraziano per la collaborazione ai monitoraggi ALESSANDRO PASTORELLI e PAOLA GUGLIELMI.

Bibliografia

- CALANDRI G., 2003. *Caratteri chimico-fisici della Sorgente della Chiesaccia (Fornovolasco, Prov. LU,Alpi Apuane)*. Boll. G. S. Imperiese CAI, **33** (55), 13-18.
- CALANDRI G., 2007. *La Polla dei Gangheri (Vergemoli, LU, Alpi Apuane): caratteri chimico-fisici*. Boll. G. S. Imperiese CAI, **37** (59), 9-12.
- CALANDRI G., 2009. *Le acque della Tana che Urla-Tufi: caratteri chimico-fisici (Fornovolasco,prov. Lucca)*. Boll. G. S. Imperiese CAI, **39** (61), 17-20.

RECENTI PROVE DI COLORAZIONE NELL'AREA DI PETINA (SA) - MONTI ALBURNI

LUCA COZZOLINO¹, NORMA DAMIANO¹, UMBERTO DEL VECCHIO¹, GIANLUCA MINIERI¹,
MARIA GRAZIA SOLDOVIERI¹, LUCIA TESTA¹

¹ GS CAI Napoli, via Trinità degli Spagnoli n.41, Naples; speleologia@cainapoli.it

Riassunto

Nell'ambito delle esplorazioni che l'associazione di ricerca intergruppi Alburni Exploration Team sta conducendo sul massiccio dei Monti Alburni, in provincia di Salerno, nel 2012 prende avvio un programma di ricerca idrogeologica volta alla conoscenza della circolazione idrica sotterranea in questo massiccio. A tal fine viene preparato un progetto di ricerca idrogeologica che vede l'esecuzione di prove con traccianti in alcune zone nella parte settentrionale del massiccio.

Il progetto, sottoposto alla Direzione del Parco Nazionale Cilento, Vallo di Diano e Alburni, viene approvato e condotto nell'anno 2012. In particolare il programma ha previsto una serie di prove nel territorio comunale di Petina, sul versante nord del massiccio, in località Capostrada, molto prossima all'abitato. In questa zona sono presenti due inghiottitoi attivi il cui recapito presunto è rappresentato dalla vicina sorgente Niedda, che alimentava un vecchio mulino. Questo lavoro riporta le fasi di realizzazione e i risultati ottenuti.

Parole chiave: carsismo, Monti Alburni, Petina, idrogeologia, prove con traccianti.

Abstract

RECENT TRACING TESTS IN THE PETINA AREA (ALBURNI MOUNTAINS, CAMPANIA) - *The Alburni Exploration Team is an intergroup association joining some caving club from Campania and Apulia that leads exploration and interdisciplinary studies on Monti Alburni and its caves. Monti Alburni, in the Salerno province, is one of the most important karst area of Campania Region. In 2012 this team starts a research program having the aim to undertake studies about the hydrogeological groundwater of this area.*

For this purpose, a research project is prepared involving the implementation of hydrogeological tracer tests in some areas in the northern part of the massif. The project is submitted and approved by the Directorate of the Cilento, Vallo di Diano and Alburni National Park, and it is conducted in the year 2012. In particular, the program includes a series of tests in the surrounding of Petina town, on the north side of the massif. In this area there are two active sinkholes whose water is supposed to reach the Niedda spring, that during the past years gave water to an old mill. This work shows the phases of implementation and results.

Key words: karst, Alburni Mts., Petina, hydrogeology, tracer tests.

Introduzione

Il gruppo montuoso dei Monti Alburni, in provincia di Salerno, interamente compreso nel Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano, costituisce una delle principali aree carsiche della Campania per la presenza di oltre 200 cavità naturali e di alcuni sistemi carsici di ampio sviluppo. Dalle sue numerose sorgenti presenti alle pendici del massiccio nascono fiumi e torrenti che alimentano i fiumi Calore e Tanagro.

Alcuni studi scientifici sono stati svolti sull'idrogeologia dei Monti Alburni (CELICO et al., 1994), ma le conoscenze empiriche hanno avuto notevole impulso grazie al contributo fornito dalle ricerche effettuate dagli speleologi negli anni '80 e '90, allorquando furono eseguite diverse prove con traccianti chimici (BELLUCCI et al., 1995; SANTO 1993; SANTANGELO & SANTO, 1995; GIULIVO et al., 2005).

Sulla base di queste esperienze speleologi campani e pugliesi afferenti all'Alburni Exploration Team, un'associazione intergruppi che opera sul massiccio e unisce alcuni gruppi delle federazioni speleologiche Campana e Pugliese, hanno preparato un progetto di ricerca idrogeologica su alcune zone del massiccio, sottoposto e approvato dalla Direzione del Parco Nazionale Cilento e Vallo di Diano, e condotto nell'anno 2012. In particolare il programma ha previsto una serie di prove nel territorio comunale di Petina (SA), sul versante

nord, nell'ottica di definire il quadro della circolazione idrica sotterranea in questo settore.

Inquadramento geologico e idrogeologico

Le formazioni geologiche che caratterizzano gran parte del territorio di Petina sono rappresentate da calcari micritici stratificati appartenenti al M. Alburno e M. Forloso, con immersione generalmente a SW, con giacitura a reggipoggio rispetto ai versanti settentrionali e a franapoggio rispetto quelli meridionali. Sui calcari a luoghi poggiano intervalli di arenarie quarzoso-micacee a strati e banchi, a luoghi molassiche e di età miocenica. In queste arenarie sono presenti livelli di argille grigie intercalate da calcari marnosi e marne biancastre.

Il principale allineamento tettonico in zona è rappresentato da una faglia normale con direzione WNW-ESE, particolarmente evidente lungo le strade Sicignano-Petina e Petina-Polla. I massicci calcarei sono dislocati, inoltre, da un sistema di faglie sub-verticali a componente diretta presenti in località La Pila e lungo il Vallone S. Onofrio. L'intensa fratturazione dei termini carbonatici, testimoniata anche dall'assenza dell'idrografia superficiale, determina che il complesso idrogeologico principale nella zona di interesse sia rappresentato dal complesso carbonatico.

Metodologia

Il tracciante artificiale utilizzato nello svolgimento del programma di ricerca è stato l'Uranina (sale sodico della Fluoresceina, detto comunemente Fluoresceina, di formula chimica $C_{20}H_{10}Na_2O_5$), caratterizzata da elevata compatibilità ambientale, buona solubilità ed alta rilevabilità. L'utilizzo di tale tracciante è ben sperimentato e documentato in molte aree d'Italia, d'Europa e degli Stati Uniti (raccomandati nel protocollo dell'*Environmental Protection Agency*), sia per scopi di ricerca scientifica, sia per l'individuazione delle aree di alimentazione di sorgenti captate da acquedotti per meglio pianificare i piani di tutela degli acquiferi.

Per il rilevamento del tracciante si è fatto uso di idonei fluorocaptori realizzati con carbone attivo racchiuso in un piccolo contenitore molto permeabile, posizionati lungo il corso d'acqua sotterraneo o immediatamente a valle della risorgenza. I fluorocaptori sono stati recuperati e sostituiti da un nuovo fluorocaptore ad intervalli di tempo programmati in funzione del regime idrico del sistema idrogeologico e della portata. Le analisi dei campioni d'acqua (bianco analitico) e degli estratti, ottenuti mediante l'utilizzo di specifici reagenti necessari a recuperare il tracciante adsorbito nei carboni attivi dei fluorocaptori, sono state effettuate mediante osservazioni qualitative in laboratorio con l'ausilio della lampada di Wood e di uno Spettrofotometro UV-VIS.

Attività

Nel periodo gennaio-marzo sono state eseguite le prove con i traccianti in località Capostrada, nei due inghiottitoi Grotta Milano (Cp 603) e Inghiottitoio di Mastro Peppe (Cp 708) attraversati nei periodi piovosi da cospicui quantitativi d'acqua. Il recapito ipotizzato, che non è mai stato provato con certezza, è stata la risorgenza Niedda in località Molino, al termine del vallone Sant'Onofrio, ma sono stati monitorati anche altri recapiti quali la Grotta del Lauro (Cp 8), e il vallone Sant'Onofrio (Fig. 1).

Le prove sono state divise in due fasi, la prima alla Grotta Milano, eseguita nel mese di gennaio, la seconda all'Inghiottitoio di Mastro Peppe, eseguita nel mese di marzo. La presenza di un cospicuo intervallo di tempo fra le due immissioni, che presentavano un probabile medesimo recapito, trova giustificazione nella necessità di aspettare che il sistema si ripulisse del tracciante ancora presente prima di poter procedere con la seconda immissione.

La prima prova ha riguardato la Grotta Milano e la vicina Grava del Poeta (CP 1257) (Fig.2). L'attività necessaria per eseguire la prova con traccianti ha previsto il monitoraggio dei presunti recapiti a valle, individuati nella sorgente Niedda, il corso d'acqua che scorre nel vallone Sant'Onofrio e la Grotta del Lauro.

Da osservazioni geologiche e geostrutturali, dalla valutazione delle portate, dalla stima del percorso, dall'andamento delle grotte e dalla misurazione dei dislivelli tra gli inghiottitoi e i recapiti finali, è stata ipotizzata più probabile la venuta a giorno del tracciante alla sorgente Niedda, ma per completezza si è voluto inserire nel monitoraggio anche gli altri due recapiti, con lo stesso rigore e procedure. L'attività ha quindi previsto il posizionamento dei captori per la raccolta del "bianco", che rappresenta il campione di confronto prelevato alla sorgente prima dell'immissione del tracciante. Il prelievo del "bianco" è fondamentale prima di eseguire le prove in quanto la sorgente, a causa della presenza di alcune sostanze, potrebbe risultare positiva durante l'esecuzione delle analisi, pur non essendolo. In questa occasione è stata stimata la portata alla sorgente, per calcolare il quantitativo di tracciante da immettere nel corso d'acqua.

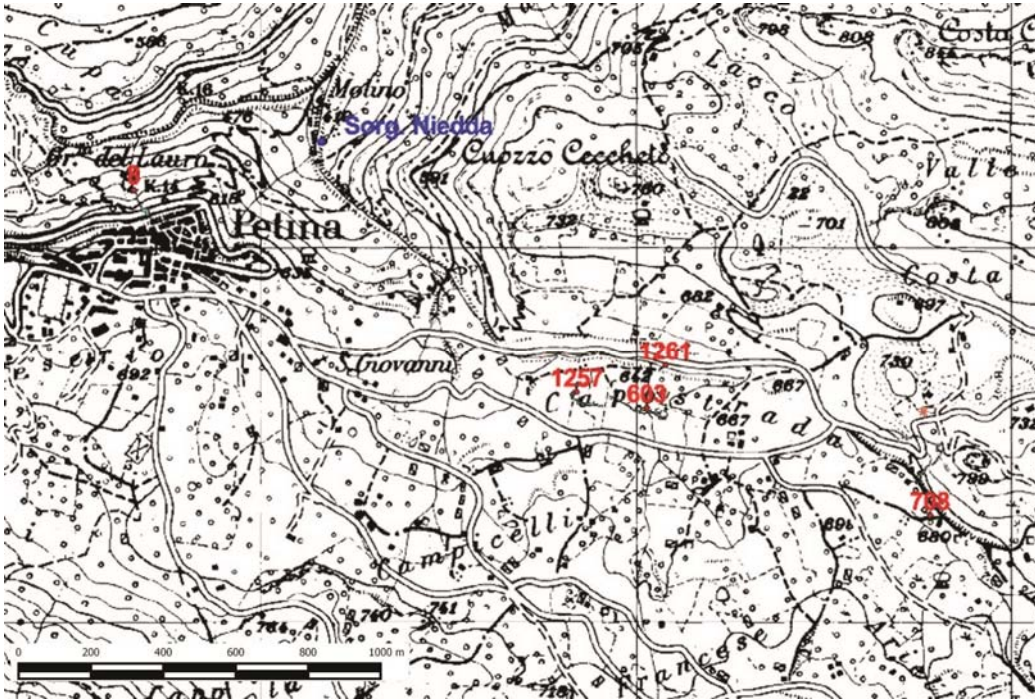


Figura 1. Inquadramento cartografico dell'area di interesse, con ubicazione delle grotte presenti (indicate dal numero di catasto) e la sorgente Niedda.

Figure 1. Area interested by hydrogeological tracer tests, with indication of the main caves and the Niedda spring.

Nello stesso giorno è stata rivista la Grava del Poeta (Cp 1257) ed è stato posizionato il captore per la raccolta del "bianco". Le prove hanno coinvolto anche questa grotta in quanto si presupponeva che fosse la continuazione di Grotta Milano, il sifone di monte dista pochi metri dal sifone di valle di Grotta Milano.

Il giorno 21 gennaio 2012 ha avuto luogo la prova. In mattinata una squadra si è recata alle risorgenze e ha prelevato il "bianco" e posizionato altri captori, una squadra è entrata a Grotta Milano per immettere il tracciante e un'altra squadra è entrata a Grava del Poeta per verificare personalmente il probabile passaggio del tracciante e documentarlo.

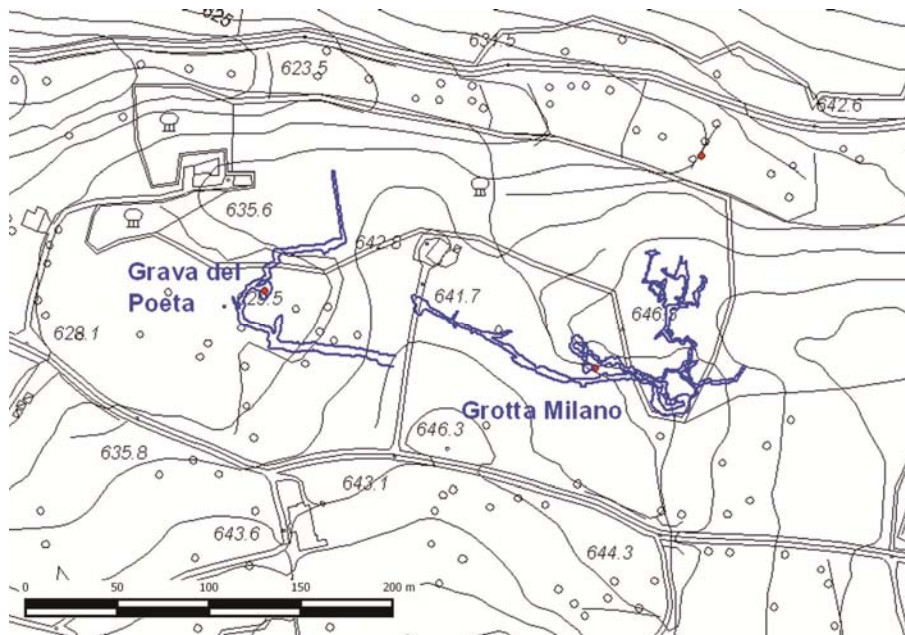


Figura 2. Inquadramento cartografico su base 1:5.000 con ingombro delle due grotte.

Figure 2. Sketch map (1: 5.000) with overall development of the two caves.

Alle ore 14.30 circa sono stati immessi 100 g di tracciante nel ramo attivo un centinaio di metri prima del sifone terminale (Fig. 3). Alle 15.10 è stato visto passare il tracciante a Grava del Poeta, in modo diretto in quanto molto evidente perché ancora molto concentrato.



Figura 3. Immissione del tracciante a Grotta Milano (foto A. LANZETTA) e passaggio del tracciante al sifone di monte di Grava del Poeta (foto N. DAMIANO).

Figure 3. Immission of the tracer in Milan Cave (photo A. LANZETTA) and passage of the tracer in the ustream sump at the Poeta Cave (photo N. DAMIANO).

Il giorno successivo è iniziata la fase di monitoraggio con il prelievo dei captori alla sorgente Niedda, alla Grotta del Lauro e al vallone Sant’Onofrio.

Dal confronto con il “bianco” i captori prelevati alla sorgente Niedda sono risultati positivi, mentre i captori prelevati alle altre emergenze (Grotta Lauro e vallone Sant’Onofrio) sono risultati negativi (Fig. 4).



Figura 4. Analisi dei campioni in laboratorio: a sinistra, i campioni 4 e 1 sono quelli raccolti alla sorgente Niedda dopo il passaggio del tracciante, mentre il campione 2 è il “bianco” alla sorgente Niedda; a destra il campione 18 è quello positivo prelevato a Grava del Poeta, mentre il campione 13 è il “bianco” (foto N. DAMIANO).

Figure 4. Analysis of the samples in the laboratory: left, samples 4 and 1 are those collected at Niedda spring after the passage of the tracer, while sample 2 is the "white" to the Niedda spring; right, sample 18 is collected in the positive Poeta Cave, while sample 13 is the "white" (photo N. DAMIANO).

Questi risultati sono stati confermati da un’ulteriore analisi eseguita su captori prelevati con le stesse modalità il 28 gennaio ed analizzati il 1 febbraio. Sulla base dei risultati acquisiti si è giunti alla conclusione che la prova con i traccianti è risultata positiva per il collegamento idrogeologico dal sistema Milano-Poeta alla sorgente Niedda, confermando le previsioni attese.

La seconda prova ha riguardato l'Inghiottitoio di Mastro Peppe, e sono stati monitorati come recapiti la sorgente Niedda e il corso d'acqua che scorre nel vallone Sant'Onofrio. Anche per questa prova è stato ipotizzato più probabile la comunicazione con la sorgente Niedda.

Il 4 marzo sono stati posizionati i captori per la raccolta del "bianco", ed è stata stimata la portata alla sorgente in modo da calcolare il quantitativo giusto di tracciante da immettere nel corso d'acqua. Il giorno 10 marzo sono stati immessi 100 g di tracciante alla base del primo pozzo in quanto le condizioni idriche della grotta non permettevano una progressione sicura nella parte più profonda della grotta. Durante la settimana successiva è stato eseguito il monitoraggio con la raccolta dei captori.

I captori sono stati analizzati in laboratorio e dall'analisi qualitativa eseguita con lampada di Wood è risultato positivo il captore prelevato alla sorgente Niedda, mentre il captore prelevato nel vallone, seppure molto inquinato non è risultato positivo. Questi risultati sono stati confermati anche dalla successiva analisi dei captori prelevati il 18 marzo (Fig. 5).



Figure 5. Analisi dei campioni in laboratorio: a sinistra, i campioni alla luce naturale (Vallone di Sant'Onofrio: 4 "bianco" e 5; sorgente Niedda 1 "bianco" e 6); a destra, i campioni visti alla lampada di Wood (sorgente Niedda 1 "bianco" e 6) (foto N. DAMIANO).

Figure 5. Laboratory samples analysis: left, samples of natural light (Vallone di Sant 'Onofrio: 4 "white" and 5; Niedda spring 1 "white" and 6); right, samples seen in the Wood's lamp (Niedda spring 1 "white" and 6) (photo N. DAMIANO).

Nella tabella 1 sono riassunti i risultati delle prove eseguite.

Comune di Petina - Località Capostrada		
Immissione tracciante	Monitoraggio recapito finale	Risultati
I prova - gennaio 2012		
Grotta Milano	Risorgenza Niedda	positivo
	Grotta del Lauro	negativo
	Vallone Sant'Onofrio	negativo
II prova - marzo 2012		
Inghiottitoio Mastro Peppe	Risorgenza Niedda	positivo
	Vallone Sant'Onofrio	negativo

Tabella 1. Tabella riepilogativa delle prove eseguite.

Table 1. Test results.

I risultati di questa indagine con i traccianti confermano il collegamento sia per la grotta Milano che per l'Inghiottitoio di Mastro Peppe con la sorgente Niedda, che risulta pertanto alimentata dai due sistemi di inghiottitoi che si aprono nella contrada Capostrada (Fig. 6).

Conclusioni

Le prove di colorazione i cui risultati sono stati presentati in questo lavoro rientrano nell'ambito di un più ampio lavoro idrogeologico sui Monti Alburni. Per la prima volta sono stati eseguite sul territorio del Comune di Petina, sul versante settentrionale dei M. Alburni, in località Capostrada interessata dalla presenza di importanti inghiottitoi temporanei che si aprono a bassa quota, in un territorio ancora molto interessante dal punto di vista esplorativo. Le prove eseguite hanno permesso di verificare la comunicazione esistente fra le principali grotte che si aprono in questa zona e che costituiscono un unico sistema carsico.

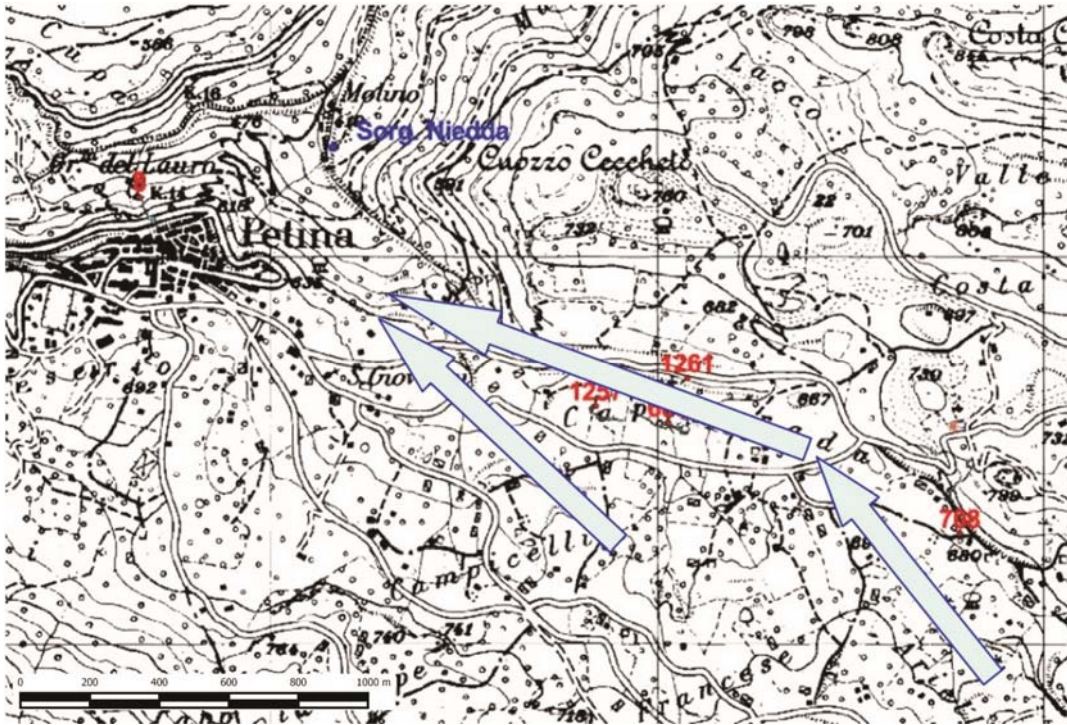


Figure 6. Linee di flusso idrico rappresentative per il sistema carsico in località Capostrada (con ubicazione delle grotte interessate e la sorgente Niedda).

Figure 6. Water flow of karst system, Capostrada locality (with location of the caves involved and the Niedda spring).

Ringraziamenti

La ricerca eseguita non sarebbe stata svolta senza l'autorizzazione del Parco Nazionale Cilento, Vallo di Diano e Alburni, che si ringrazia nella persona del direttore e del responsabile del settore. Si ringrazia il Comune di Petina per la disponibilità mostrata. Si ringraziano l'Istituto ITSI Giulio Cesare Falco di Capua (CE) e il Dipartimento di Chimica dell'Università Federico II di Napoli per averci supportato nell'analisi dei campioni.

Bibliografia

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L. E SANTO A., 1995. *Monti Alburni, ricerche speleologiche*. Ed. De Angelis, Avellino.
- CELICO P., PELELLA L., STANZIONE D., SABINO A., 1994. *Sull'idrogeologia e l'idrogeochimica dei Monti Alburni (SA)*. *Geologica Romana*, **30**, 687-698.
- GIULIVO I., SANTO A., 2005. *I Monti Alburni*. In: *Grotte e speleologia della Campania*. Ed. Sellino, Avellino, 397-459.
- SANTANGELO N., SANTO A., 1995. *Endokarst processes in the Alburni mountains (Campania, southern Italy): evolution of the ponors and hydrogeological implications*. *Zeitschrift für Geomorphologie*, **41** (2), 229-246.
- SANTO A., 1993. *Idrogeologia dell'area carsica di Castelcivita (M. Alburni -SA)*. *Geol. Appl. e Idrog.*, **28**, 663-673.

MONITORAGGIO A LUNGO TERMINE DEL GEOTRITONE *SPELEOMANTES STRINATII* NELLA STAZIONE BIOSPELEOLOGICA DI SAN BARTOLOMEO DI SAVIGNONE (GE)

SEBASTIANO SALVIDIO^{1,2}, FABRIZIO ONETO², DARIO OTTONELLO¹, MAURO VALERIO PASTORINO²

¹ DISTAV-Università di Genova, Corso Europa 26, 16132-Genova; salvidio@dipteris.unige.it

² Gruppo Speleologico Ligure Arturo Issel, Villa ex-Borzino, Busalla (GE); mvpastor@tiscali.it

Riassunto

La Stazione Biospeleologica di San Bartolomeo di Savignone si trova in Valle Scrivia (prov. Genova). Si tratta di un tunnel, con sviluppo orizzontale di oltre 40 m, scavato nella formazione dei calcari dell'Antola durante la Seconda Guerra Mondiale. Questa cavità è stata spontaneamente colonizzata da una popolazione del geotritone di Strinati (*Speleomantes strinatii*), la cui etologia e parassitologia vengono studiate da molti anni. L'attività annuale della popolazione ha un netto andamento stagionale con un massimo in estate (luglio) e un minimo in inverno (febbraio). A partire dal 1990, gli esemplari di geotritone attivi sulle pareti della cavità vengono contati nel mese di luglio al fine di ottenere un indice di abbondanza relativa. Dal luglio 1996 viene anche stimata l'abbondanza assoluta tramite esperimenti di rimozione temporanea, in cui gli esemplari vengono catturati in tre occasioni, mantenuti in terrario e poi liberati all'interno della cavità. È stata osservata una forte relazione tra abbondanza assoluta e relativa della popolazione e pertanto quest'ultimo valore può essere considerato un buon indicatore della dimensione reale della popolazione. Lo studio della variabilità temporale si protrae ormai da 24 anni e rappresenta una delle serie più lunghe registrate in Italia, in ambiente ipogeo. Nel corso degli anni, l'abbondanza della popolazione di geotritone si è mantenuta costante con un discreto livello di variabilità (coefficiente di variazione CV = 0,29) e una tendenza a fluttuazioni periodiche. La struttura demografica della popolazione (sex ratio, reclutamento dei giovani) sembra restare costante nel tempo, indicando che essa si mantiene prossima alla capacità portante di questo ambiente ipogeo artificiale.

Parole chiave: cavità artificiale, geotritone, monitoraggio biologico, serie temporale.

Abstract

LONG-TERM MONITORING OF THE CAVE SALAMANDER *SPELEOMANTES STRINATII* AT THE BIOSPELEOLOGICAL STATION OF SAN BARTOLOMEO DI SAVIGNONE (GENOVA PROVINCE) - The Biospeleological Station of San Bartolomeo di Savignone is located in the Scrivia Valley (north-western Italy). This horizontal tunnel, measuring about 40 m, was excavated in marlstones during World War II, when it was used as an air-raid shelter. This cavity was naturally colonized by a population of the cave salamander *Speleomantes strinatii* that shows a seasonal pattern of activity, with a summer peak in July. Since 1990, salamanders active on the cave walls are counted and from 1996 the absolute population size is estimated by means of a temporary removal experiment, in which salamanders are captured in three occasions, stored in terraria and released at the end of the experiment. A clear relationship between the estimated population size and the simple salamander count is observed; this latter could be considered an appropriate index of the salamander abundance. Overall, the population size remained constant over the study period, although it showed a certain degree of variability (coefficient of variation CV = 0.29). Moreover, a weak tendency to periodical fluctuations is observed. The demographic population structure (sex ratio and recruitment) appear constant, suggesting that the population is fluctuating near the environmental carrying capacity.

Key words: artificial cave, biological monitoring, cave salamanders, time series.

Introduzione

Il geotritone di Strinati, *Speleomantes strinatii* (AELLEN, 1958), è un anfibio urodelo appartenente alla famiglia dei Plethodontidae, endemico della regione compresa tra la Valle del fiume Var, nel SE della Francia e la parte occidentale delle province di Parma e Piacenza, nell'Appennino settentrionale (LANZA, 2007). La specie ha dimensioni massime che si aggirano intorno ai 120 mm, coda compresa (SINDACO et al., 2006; LANZA, 2007) e,

come tutti i pletodontidi, è completamente sprovvista di polmoni e respira esclusivamente attraverso la cute e la mucosa boccale. La biologia riproduttiva è relativamente ben studiata, in particolare in condizioni controllate (DURAND, 1967; SALVIDIO et al., 1994; ONETO et al., 2010). La deposizione delle uova (in numero da 7 a 11) avviene in inverno, su terreno umido o in cavità ipogee. Le cure parentali della femmina sono complesse e prolungate. La femmina si acciambella intorno alle uova che vengono difese attivamente contro eventuali predatori fino alla schiusa (ONETO et al., 2010). Per circa 40 giorni dopo la schiusa, si osservano contatti fisici tra la femmina e i piccoli che in alcuni casi salgono sul corpo della madre, forse per mantenere elevato il livello d'idratazione della cute (ONETO et al., 2014).

Il geotritone di Strinati, come tutte le altre specie appartenenti al genere *Speleomantes*, manca di fase larvale acquatica ed è completamente terrestre. Questa specie vive in ambienti umidi epigei: sulle pareti rocciose lungo torrenti e forre e nella lettiera di boschi mesofili e nel sistema interstiziale di superficie. È diffuso anche in ambienti ipogei, come grotte, miniere e altre cavità artificiali (LANZA, 2007). I geotritoni di solito vengono classificati nella categoria degli organismi eutroglofili (BOLOGNA, 1982; LANZA, 2007), cioè animali epigei che possono persistere e riprodursi anche in ambiente sotterraneo (SKET, 2008), mentre altri autori li definiscono come subtroglofili, animali legati all'ambiente ipogeo ma che svolgono parte del ciclo vitale anche all'esterno (LUNGHU et al., 2012). Hanno anche capacità di colonizzare ambienti artificiali di recente costruzione come muretti a secco, sotterranei e cantine; spesso in questi ambienti si osservano popolazioni con elevate densità (PASTORINO & PEDEMONTE, 1975; SALVIDIO & PASTORINO, 2002; MANENTI, 2014).

In questo lavoro si presentano i dati riguardanti le fluttuazioni temporali della popolazione di geotritone che ha colonizzato spontaneamente un sotterraneo artificiale che è monitorato sistematicamente a partire dal 1990. Lo studio, ancora in corso, costituisce, a nostra conoscenza uno dei monitoraggi biologici di maggior durata eseguiti in ambiente sotterraneo in Italia.

Inquadramento geologico e climatico del sito e caratteristiche della popolazione di studio

Il sito di studio è un tunnel orizzontale lungo circa 40 m, scavato con cariche di mina, e utilizzato come riparo antiaereo durante la II Guerra Mondiale. La Stazione Biospeleologica di San Bartolomeo di Savignone si trova in Valle Scrivia, presso l'abitato di S. Bartolomeo (prov. Genova) a 395 m s.l.m. Il substrato geologico è costituito da torbiditi pelitico-arenacee e siltiti appartenenti al Flysch di Busalla e databili al Campaniano. Il rifugio ha due entrate poste a circa quindici metri di distanza; una delle due è franata prima dell'inizio di questa ricerca, mentre l'altra fu chiusa da un cancello in metallo dal Gruppo Speleologico Ligure "Arturo Issel" che dal 1987 gestisce il sotterraneo, avendo stipulato una convenzione con i proprietari. La Figura 1 illustra in modo schematico l'andamento a "ferro di cavallo" del rifugio che presenta lungo il corridoio principale due diramazioni a fondo cieco di forma sub-rettangolare. L'ingresso si trova a circa due metri sotto il livello del terreno con esposizione E.

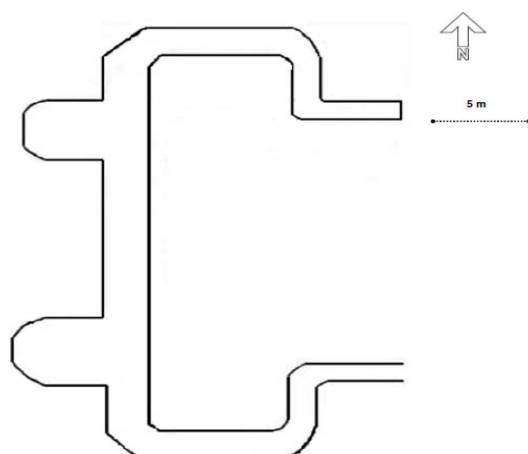


Figura 1. Planimetria schematica della Stazione Biospeleologica di Savignone.

Figure 1. Plan of the Biospeleological Station at Savignone.

Le variazioni di temperatura a 0, 4, 8, 12 e 16 m dall'esterno sono state misurate tramite datalogger da ottobre 2001 a settembre 2002 e confrontate con quelle registrate dalla stazione meteo-climatica della città di Busalla

nello stesso periodo (ONETO et al., 2003; SALVIDIO, dati inediti). Si tratta di 7600 misurazioni effettuate ogni ora nell'arco dell'anno (Tabella 1).

	T °C Media	Deviazione standard	CV
Busalla	12,608	8,500	0,670
Stazione Biospeleologica			
0 m dall'esterno	9,992	2,939	0,294
4 m dall'esterno	11,262	2,734	0,243
8 m dall'esterno	11,154	2,413	0,216
12 m dall'esterno	11,115	2,110	0,190
16 m dall'esterno	10,950	1,657	0,151

Tabella 1. Variazione della temperatura media annuale nel periodo ottobre 2001-settembre 2002 in varie zone della Stazione Biospeleologica. I dati della stazione di Busalla sono stati ottenuti dal sito ARPAL.

Table 1. Mean annual temperature changes in the period october 2001 - september 2002 in different points of the Biospeleological Station. The Busalla data were derived from the ARPAL website.

L'umidità relativa dell'aria è sempre molto alta e si stabilizza in prossimità del 95% nel corridoio principale (SALVIDIO et al., 1994). La presenza del geotritone di Strinati, *Speleomantes strinatii*, è stata segnalata per la prima volta all'interno del sito nel 1972 quando venne descritta come "colonizzazione imponente nel periodo estivo" (PASTORINO & PEDEMONTE, 1974). Pertanto, si può affermare con certezza che la popolazione risiede stabilmente all'interno della Stazione Biospeleologica da almeno 40 anni. Il ciclo di attività della popolazione è chiaramente stagionale con un massimo nel mese di luglio e un minimo in febbraio (SALVIDIO et al., 1994; ONETO et al., 2003). Durante l'estate, la struttura demografica della popolazione può essere scomposta in classi dimensionali ben separate, sulla base degli istogrammi di taglia (SALVIDIO & PASTORINO, 2002); si riconoscono tre classi di immaturi: i nati nell'anno in corso, quelli nel secondo anno di vita, un gruppo intermedio (subadulti) che sono nel terzo anno di vita e gli individui maturi sessualmente (Fig. 3). La maturità sessuale viene raggiunta dai maschi nel quarto anno, mentre le femmine cominciano lo sviluppo delle uova a cinque anni di età. I maschi riproduttivi si riconoscono in quanto presentano una ghiandola mentoniera ben evidente, mentre le femmine, sprovviste di ghiandola sono riconoscibili dai subadulti per le dimensioni muso-cloaca > 57 mm (SALVIDIO, 1993; SALVIDIO & PASTORINO, 2002).

Metodi

Lo studio della popolazione di geotritone è iniziato nel 1990, viene condotto annualmente sempre nel mese di luglio fino al 2013 ed è ancora in corso. Le variazioni nel tempo della popolazione di geotritone sono state stimate con due metodologie diverse. Nel primo caso, gli individui di geotritone attivi sulle pareti sono stati contattati durante un periodo di ricerca di due ore con l'aiuto di torce elettrice. Con questo metodo è stato ottenuto un semplice indice relativo di abbondanza o di attività, in quanto non si tiene conto degli individui non catturati perché inattivi o nascosti nelle fessure delle pareti. Pertanto, a partire dal 1996, è stata stimata l'abbondanza assoluta della popolazione con il metodo delle rimozioni temporanee (WHITE et al., 1982; WILLIAMS et al., 2001). Questo metodo prevede la cattura e rimozione di tutti gli individui attivi sulle pareti ogni due giorni, per almeno tre successive occasioni. Gli animali catturati sono misurati e mantenuti in scatole di plastica areate all'interno della Stazione fino al termine dello studio, quando vengono liberati nel loro ambiente. Il metodo delle rimozioni temporanee assume che la popolazione sia demograficamente chiusa (assenza di mortalità, natalità, immigrazione ed emigrazione durante il periodo di campionamento), che lo sforzo di cattura (numero di operatori e tempo di ricerca) resti costante e che una percentuale significativa della popolazione sia catturata a ogni occasione (WHITE et al., 1982; WILLIAMS et al., 2001). Se gli assunti sono verificati, è possibile calcolare la probabilità di cattura (da 0 a 1), che permette di stimare l'abbondanza assoluta della popolazione. La prima cattura di ogni anno è stata realizzata in modo simile ai conteggi eseguiti nel periodo 1990-1995, rendendo così possibile il confronto tra i due metodi.

Infine, la serie temporale della popolazione di geotritoni è stata analizzata tramite la funzione di autocorrelazione (FAC). Questo metodo misura il grado di dipendenza tra una serie di dati e diversi intervalli di

tempo (BROCKWELL & DAVIES, 2002). Questa funzione è molto utile nello studio della dinamica delle popolazioni (ROYAMA, 1992), in quanto un'autocorrelazione positiva indica che a un valore elevato ne seguirà un altro simile e viceversa. La FAC permette di capire se all'interno della serie di dati esiste una componente oscillatoria periodica (ciclica) che caratterizza la dinamica di alcune popolazioni come quella famosa delle linci canadesi (ROYAMA, 1992).

Risultati

L'andamento temporale dell'abbondanza relativa e assoluta della popolazione di geotritone monitorata nella Stazione Biospeleologica, dal 1990 al 2013, è illustrato in figura 2. Le due serie evidenziano un andamento molto simile, anche se esistono localmente differenze minori.

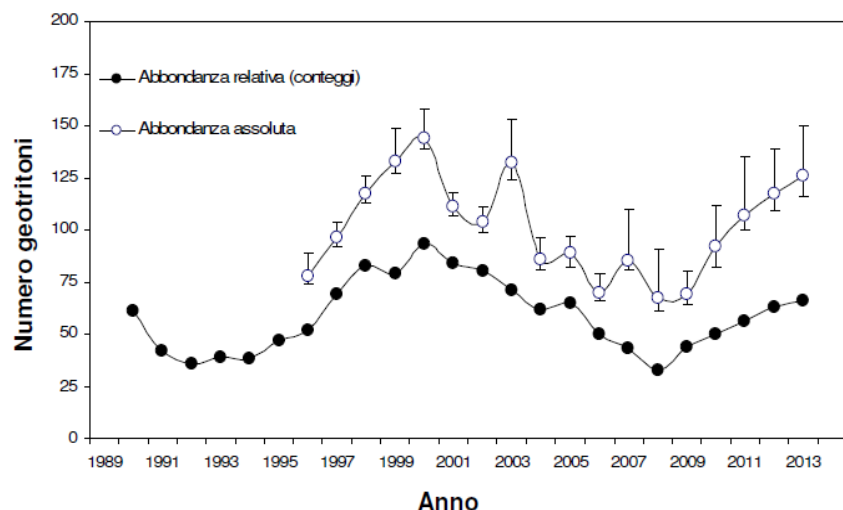


Figura 2. Abbondanza relativa (cerchi neri) e assoluta (cerchi bianchi) della popolazione di geotritone.

Figure 2. Relative (black dots) and absolute (white dots) abundance of the cave salamander population.

Per quanto riguarda il periodo 1996-2013, in cui tutti i geotritoni catturati sono stati misurati, è possibile analizzare la percentuale di giovani (reclutamento) che ogni anno incrementa la popolazione. La percentuale media dei neonati risulta essere del 24% sull'intera popolazione (range 10-50%, Fig. 3). Tali valori indicano che non solo il tasso riproduttivo della popolazione sia relativamente elevato, ma che il sito di studio risulta particolarmente idoneo, come già evidenziato in passato (SALVIDIO & PASTORINO, 2002). Ad una prima analisi statistica, la percentuale di giovani sul totale della popolazione, sembra risultare relativamente costante nel tempo (Test non-parametrico di Friedman per misure ripetute $S = 20,20$, g.l. = 17, $P = 0,264$).

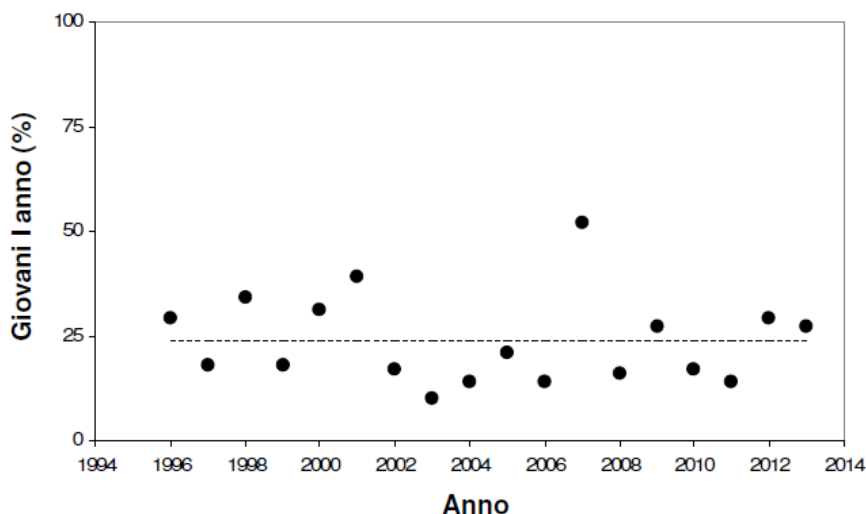


Figura 3. Percentuale di giovani nel primo anno di vita della popolazione di geotritone *Speleomantes strinatii* nella Stazione Biospeleologica di Besolagno (GE). La linea tratteggiata indica il valore medio.

Figure 3. Percentage of young cave salamanders in the first year of life (population of *Speleomantes strinatii* in the Biospeleological Station). Dashed line indicates the average value.

L'analisi della serie dei dati più completa (1990-2013) tramite FAC mostra un andamento oscillatorio dei valori di autocorrelazione, che non è significativo nei massimi della funzione, mentre è statisticamente significativo per i valori minimi, in particolare intorno a 8-9 anni (Fig. 4). Questi risultati suggeriscono che la dinamica della

popolazione sembra possedere una componente ciclica intrinseca.

Discussione e Conclusione

La presenza di un'abbondante popolazione di geotritone nella Stazione Biospeleologica di Savignone rappresenta un'importante opportunità di monitoraggio biologico in ambiente ipogeo. Gli studi a lungo termine, infatti, hanno grande interesse scientifico perché possono permettere di evidenziare processi ecologici a sviluppo molto lento, a elevata variabilità temporale e anche di studiare e analizzare eventi rari o addirittura eccezionali, che non sono rilevabili da studi molto intensi ma di breve durata (LIKENS, 1989).

Iniziato nel 1990 con una semplice tesi di laurea, il monitoraggio della popolazione di geotritoni è diventato nel tempo un vero e proprio esperimento osservazionale di lunga durata sulla dinamica e variabilità della struttura demografica di una popolazione animale in ambiente sotterraneo. L'utilizzo di un indice di abbondanza assoluta ha permesso di validare il semplice indice relativo utilizzato nei primi anni e permette di analizzare una serie completa di dati raccolti sin dal 1990.

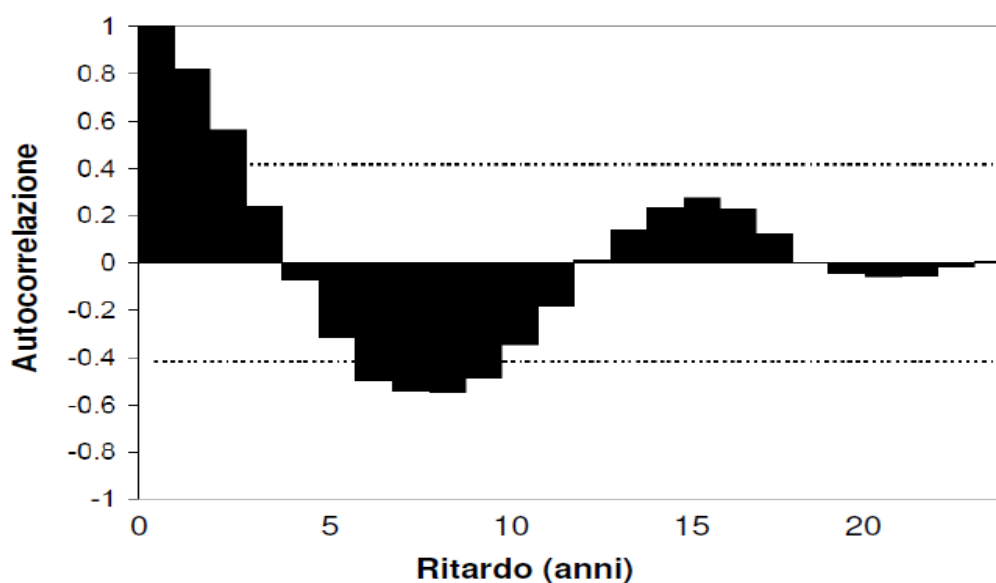


Figura 4. Funzione di autocorrelazione della serie temporale del geotritone *Speleomantes strinatii* nella Stazione Biospeleologica di Besolagno (GE). Le linee tratteggiate indicano il valore dell'intervallo di confidenza al 95%.

Figure 4. Self-correlation function of the time series of *Speleomantes strinatii*. Dashed lines indicate the 95% confidence interval.

Dopo 24 anni consecutivi di monitoraggio si è osservato in primo luogo che la popolazione di geotritoni si è ben adattata all'ambiente ipogeo artificiale. Le femmine vi depongono le uova (SALVIDIO et al., 1994; ONETO et al., 2010, 2014) e tutte le classi di taglia vi sono ben rappresentate, in particolare i piccoli nati nell'anno, che rappresentano un'elevata percentuale dell'intera popolazione.

Inoltre, la popolazione fluttua nel tempo però senza discostarsi troppo da un valore medio che deve essere considerato come quello di equilibrio. E' interessante notare che le variazioni numeriche, benché relativamente contenute, seguono un andamento periodico o semi-periodico ben evidenziato dalla funzione di autocorrelazione. Tale andamento oscillatorio, leggermente asimmetrico, viene definito come "debole evidenza di ciclicità statistica" (TURCHIN, 2003, pag. 181). Le fluttuazioni cicliche sono caratteristiche di alcune popolazioni che, a causa di interazioni con fattori ambientali, prede o predatori fluttuano periodicamente nel tempo come ad esempio la lince e la lepre canadesi, alcuni roditori in Scandinavia e molti insetti forestali defolianti nell'emisfero settentrionale (ROYAMA, 1992; TURCHIN, 2003).

In conclusione, possiamo notare che il caso del geotritone nella Stazione Biospeleologica di S. Bartolomeo costituisce, a nostra conoscenza, l'unico caso di variabilità ciclica seppur debole, in una popolazione di un organismo che vive in ambiente ipogeo, dove gli ecosistemi sono di solito ritenuti poco variabili almeno dal punto di vista delle comunità animali che vi abitano (DI RUSSO et al., 1997).

Ringraziamenti

Le ricerche sull'ecologia dei geotritoni sono autorizzate dal Ministero dell'Ambiente e della Protezione del Territorio e del Mare (DPN- 0042466 per il 2013-2015). S ringrazia l'Amministrazione Provinciale di Genova per aver messo in sicurezza l'ingresso della Stazione.

Bibliografia

- BOLOGNA M.A., 1982. *Anfibi cavernicoli con particolare riguardo alle specie italiane*. Lavori Soc. It. Biogeogr., **7**, 451-463.
- BOX G.E.P., JENKINS G.M., REINSEL G.C., 1994. *Time series analysis – Forecasting and control*. Prentice Hall, New York.
- BROCKWELL P.J., DAVIES R., 2002. *Introduction to time series analysis and forecasting*. Springer, New York.
- DI RUSSO C., CARCHINI G., RAMPINI M., LUCARELLI M., SBORDONI V., 1997. Long-term stability of a terrestrial cave community. *Int. J. Speleol.*, **26**, 75-88.
- DURAND J.P., 1967. *Sur la reproduction ovipare d'Hydromantes italicus strinatii Aellen (Urodele, Plethodontidae)*. C.R. Academie des Sciences, Paris, **264**, 854-856.
- LANZA B., 2007. *Speleomantes striantii* (Aellen, 2007). In: B. LANZA, F., ANDREONE, BOLOGNA M.A., C. CORTI & E. RAZZETTI (Eds.), *Fauna d'Italia – Amphibia*. Edizioni Calderini, Bologna, pp. 152-156.
- LIKENS G.E., 1989. *Long-term studies in Ecology*. Springer-Verlag, New York..
- LUNGI E., MANENTI R., FICETOLA G.F., 2012. *Do cave features affect underground habitat exploitation by non-troglobite species?* *Acta Oecologica*, **55**, 29-35.
- MANENTI R. 2014. *Dry stone-walls favour biodiversity: a case-study from the Appennines*. *Biodiversity and Conservation*, **23**, 1879-1893.
- ONETO F., SALVIDIO S., PASTORINO M.V., 2003. *Studio preliminare sul ciclo annuale di Speleomantes strinatii e delle sue prede in una cavità artificiale della Liguria*. Atti XIX Congresso Nazionale di Speleologia, Bologna, 27-31 Agosto 2003, 177-182.
- ONETO F., OTTONELLO D., PASTORINO M.V., SALVIDIO S., 2010. *Post-hatching parental care in salamanders revealed by infrared video surveillance*. *Journal of Herpetology*, **44** (4), 649-653.
- ONETO F., OTTONELLO D., PASTORINO M.V., SALVIDIO S., 2014. *Maternal care and defence of young by the plethodontid salamander Speleomantes strinatii (Aellen, 1951)*. *Scripta Herpetologica. Studies on Amphibians and Reptiles in honour of Benedetto Lanza*. Monografie Societas Herpetologica Italica – III, pp. 129-136.
- PASTORINO M.V., PEDEMONTE S., 1974. *Nuove stazioni di raccolta del geotritone nell'oltregiogo genovese*. Atti XI Congresso Nazionale di Speleologia, Genova 1972, pp: 81-82.
- ROYAMA T., 1992. *Analytical population dynamics*. Chapman & Hall, London.
- TURCHIN P., 2003. *Complex population dynamics – A theoretical/empirical synthesis*. Princeton University Press, Princeton.
- SALVIDIO S., 1993. *Life history of the european plethodontid salamander Speleomantes ambrosii*. *Herpetological Journal*, London, **3**, 55-59.
- SALVIDIO S., LATTES A., TAVANO M., MELODIA F., 1994. *Ecology of a Speleomantes ambrosii population inhabiting an artificial tunnel*. *Amphibia-Reptilia*, **15**, 35-45.
- SALVIDIO S., PASTORINO M.V., 2002. *Spatial segregation in the European plethodontid salamander Speleomantes strinatii in relation to age and sex*. *Amphibia-Reptilia*, Leiden, **23**(4), 505-510.
- SKET, B. 2008. *Can we agree on an ecological classification of subterranean animals?* *J. Nat. Hist.*, **21-22**, 1549-1563.
- SINDACO R., DORIA G., RAZZETTI E., BERNINI F., 2006. *Atlante degli Anfibi e Rettili d'Italia – Atlas of Amphibians and Reptiles in Italy*, SHI, Edizioni Polistampa Firenze.
- WHITE G.C., ANDERSON D.R., BURNHAM K.P., OTIS D.L., 1982. *Capture-recapture removal methods for sampling closed populations*. Los Alamos National Laboratory 8787 NERP, Los Alamos, New Mexico.
- WILLIAMS B.K., CONROY M.J., NICHOLS J.D., 2001. *Analysis and Management of Animal Populations*. Academic Press. San Diego.

LA BIODIVERSITÀ CHE NON TI ASPETTI: MOTIVI DI INTERESSE ECOLOGICO NELLE GROTTE CARSIICHE DEI GESSI DI MAIANO (MONTEFELTRO)

ROBERTO BAMBINI¹, SANDRO GALDENZI², SERBAN M. SARBU³, NICU-VIOREL ATUDOREI⁴, GIAMPAOLO BELLESI¹, LUCA CARESTIA¹, ANTONELLO COMPAGNUCCI¹, STEFANIA GIORGETTI¹ & JACKYE GOYETTE¹

¹ Centro di Speleologia Montelago; roberto@qualchicco.it; giocarestia@gmail.com

² Viale Verdi 10, Jesi, Italia; galdenzi.sandro@tiscali.it

³ Grupul de Explorări Subacvatice și Speologice, 010986 București, Romania; iserbansarbu@yahoo.com

⁴ Department of Earth and Planetary Sciences, Northrop Hall, MSC03-2040 1, University of New Mexico 87131, Albuquerque, NM, USA; atudorei@unm.edu

Riassunto

Il sistema carsico di Maiano (Montefeltro) è formato da piccole grotte superficiali nei gessi messiniani. La struttura geologica condiziona fortemente l'assetto delle grotte, originate dall'infiltrazione di acque superficiali e formate da gallerie inclinate secondo la stratificazione. I gessi sono interstratificati con livelli di argille marnose bituminose lungo cui si sviluppa spesso la parte inferiore del condotto carsico. Il deflusso idrico risente direttamente dell'assorbimento di acque superficiali negli inghiottitoi, ma la filtrazione di acque attraverso gli strati gessosi origina numerose piccole emergenze di acque sulfuree che in regime di magra alimentano una minima circolazione idrica.

Associati a queste emergenze, biofilm batterici si sviluppano all'interfaccia con gli ambienti ossidanti. La fauna comprende specie tipicamente troglobie, ma le grotte sono frequentate da specie di ambiente superficiale grazie ai facili collegamenti con l'esterno. I dati raccolti indicano tuttavia che nonostante la facilità di scambi ed apporti di materiale organico dall'esterno, la biomassa prodotta *in situ* dai batteri rappresenta la più importante fonte alimentare utilizzata da alcuni gruppi di organismi cavernicoli.

Parole chiave: chemiosintesi, acido solfidrico, ecosistema, grotta, gesso, Montefeltro.

Abstract

THE BIODIVERSITY THAT YOU DO NOT EXPECT: ECOLOGICAL INTERESTS IN THE KARST GYPSUM CAVES OF MAIANO (MONTEFELTRO, ITALY) - The karst system of Maiano (Montefeltro, Italy) consists of small superficial caves developed in Messinian gypsum due to the solutional action of the water infiltrating from the surface. The geological structure of the bedrock has a strong influence on the caves that are all inclined passages following the rock stratification. Shale layers are interbedded with gypsum, and often the passage floor incises these low permeable layers underlying the soluble gypsum beds. The water discharge is highly variable due to the fast infiltration of surface meteoric water through sinkholes, but a slow filtering of water through the gypsum layers generates numerous small sulfidic springs that ensure a minimal water flow also during the dry seasons.

Microbial mats develop around these springs at the interface with oxidizing conditions. The fauna at these springs consists of typical troglobitic species, but the caves are also inhabited by surface species due to the close proximity to the exterior. Our data indicates that although there is significant input of organic material from the surface, the biomass produced chemoautotrophically by the microbial mats around the sulfidic springs represents the main food source used by a part of the cave fauna.

Key words: chemosynthesis, hydrogen sulphide, ecosystem, cave, gypsum, Montefeltro.

Introduzione

Il sistema carsico di Maiano si apre nel Montefeltro, nell'Appennino settentrionale, in una zona a morfologia collinare che raggiunge quote fino a 600 m s.l.m. (Fig. 1). Nella zona si ha un esteso affioramento della Formazione Gessoso Solifera entro cui si aprono le grotte oggetto dello studio, esplorate negli anni '50 del secolo scorso (VEGGIANI, 1957) e poi oggetto solo di saltuarie visite da parte di speleologi emiliani e romagnoli.

Una sistematica rivisitazione dell'area è stata effettuata nell'ambito dei progetti finanziati con la L.R. 12/2000 della Regione Marche, prima che l'area passasse sotto il controllo amministrativo della Regione Emilia Romagna. Durante il lavoro è stata completata l'esplorazione e la documentazione delle grotte già conosciute ed è stata individuata una nuova grotta, dedicata ad ANTONIO VEGGIANI, e sono stati raccolti campioni per una prima analisi delle caratteristiche ambientali. In questa fase del lavoro sono stati individuati alcuni siti che presentavano inaspettati motivi di interesse; le analisi effettuate su alcuni campioni hanno confermato l'esistenza di condizioni ecologiche spingendo a sviluppare ed estendere le ricerche. La presente nota rappresenta un primo contributo sui risultati conseguiti.

Inquadramento geologico e morfologico

Le grotte si aprono sul versante meridionale della valle del torrente Fanantello, tributario di destra del Fiume Savio, che incide trasversalmente in senso ENE-WSW il fianco di un'ampia struttura sinclinale sviluppata nei terreni messiniani, prevalentemente pelitici, con al nucleo i depositi solfatici risedimentati della Formazione Gessoso-solfifera (CORNAMUSINI et al., 2006). Nella Formazione Gessoso-solfifera messiniana si possono distinguere a scala locale due parti, una inferiore stratificata ed una superiore caotica (ROVERI et al., 1998); le rocce presenti nell'area possono essere attribuite alla parte inferiore della locale successione, costituita principalmente da alternanze di strati gesso-arenitici di origine torbiditica e di peliti bituminose scure con alto contenuto organico.

Il fianco occidentale della piega ha una giacitura regolare, ed origina ad ovest verso la valle del Fiume Savio una struttura a *cuesta* per affioramento dell'orizzonte gessoso. Il sistema carsico si trova sul versante di faccia, meno acclive, inclinato verso nord in direzione della valle principale; l'erosione selettiva ha lasciato in rilievo i pacchi di strati più resistenti, creando una successione di gradini e scarpate strutturali che individuano una zona centrale ad impluvio in cui si accumulano depositi colluviali, con dissesti gravitativi (Fig. 1). L'azione erosiva del Torrente Fanantello ha tagliato al piede la successione rocciosa, creando una ripida scarpata in condizioni di traversopoggio, dove viene messa a nudo la roccia al di sotto dell'impluvio.

Il carsismo

All'interno della zona sono conosciute tre grotte, con sviluppo totale di poche centinaia di metri. La Risorgente di Casa Guidi (RCG) si apre nella scarpata a nord dell'impluvio, sul fianco della valle del T. Fanantello. Le altre due (Grotta presso Casa Guidi, GPCG, e Grotta Antonio Veggiani, GAV) sono in una parte intermedia dell'impluvio, in una vallecola prossima al margine della scarpata occidentale (Fig. 1).

L'ingresso delle due grotte superiori è costituito da inghiottitoi che immettono in un sistema di gallerie drenanti inclinate ~15°. La zona è soggetta a rapida evoluzione morfologica; l'abbondanza del materiale detritico tende ad intasare gli accessi, fino ad occluderli completamente. L'ingresso della GPCG, conosciuto da sempre alla popolazione locale, è risultato completamente trasformato sia rispetto alla descrizione di VEGGIANI (1957) sia alla memoria che ne hanno gli abitanti del posto. La GAV, di nuova esplorazione, risultava sconosciuta nonostante si apra a breve distanza dalla precedente. La RCG si apre con un ampio portale all'interno di un profondo e ripido canalone, originando una piccola cascata permanente. La grotta è costituita da

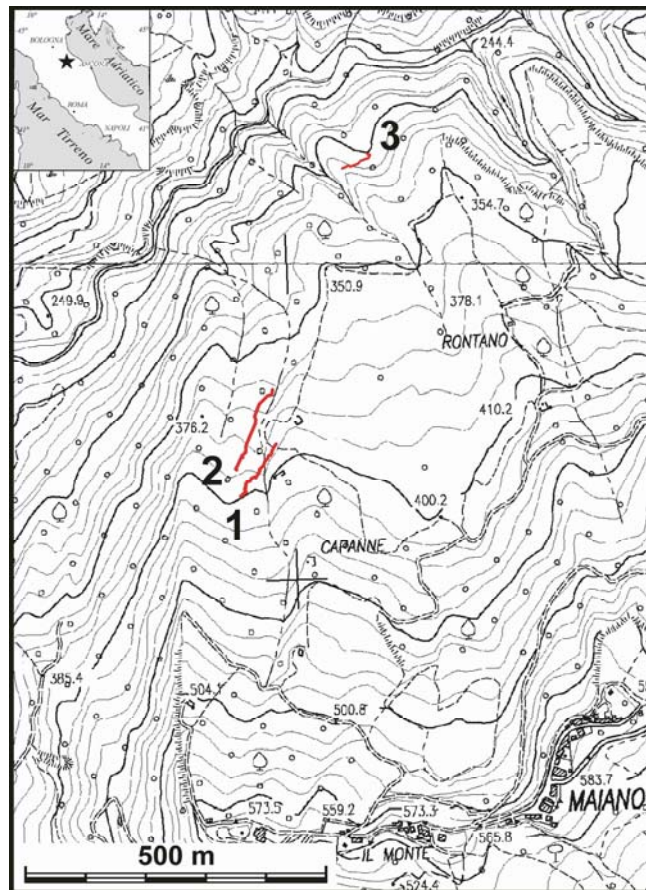


Figura 1. Planimetria dell'area, con ubicazione delle grotte: 1) Grotta Antonio Veggiani; 2) Grotta presso Casa Guidi; 3) Risorgente di Casa Guidi.

Figure 1. Plan view of the study area, with cave position: 1) Grotta Antonio Veggiani; 2) Grotta presso Casa Guidi; 3) Risorgente di Casa Guidi.

una stretta galleria lunga poche decine di metri e inclinata circa 7°, che prosegue ulteriormente verso monte in ambienti stretti e fangosi dopo avere intercettato un inghiottitoio al fondo di una dolina sotto un canalone parallelo.

La struttura morfologica delle grotte è simile: le gallerie seguono strettamente la giacitura degli orizzonti carsificati e si sviluppano parallelamente al pendio rimanendo vicino alla superficie topografica, per cui possono comunicare con l'esterno in più punti, attraverso doline di crollo ed inghiottitoi. Le gallerie non sono di grandi dimensioni, e solo nella GPCG ci sono ampi tratti in cui è possibile procedere in posizione eretta; la parte inferiore delle gallerie si sviluppa normalmente all'interno di livelli pelitici al letto degli orizzonti gessosi (Fig. 2).

Queste grotte sono la parte conosciuta di un reticolo drenante più esteso, la cui esplorazione è ostacolata dalla grande quantità di materiale detritico che impedisce di seguire le gallerie, chiudendo o aprendo alcuni passaggi a seguito degli eventi meteorici. Nonostante il breve sviluppo, alcune confluenze dimostrano l'esistenza di una struttura dendritica dovuta al drenaggio delle acque superficiali assorbite attraverso gli inghiottitoi. Tutte le grotte sono interessate da attivo flusso idrico, soggetto a forti variazioni stagionali, con modalità tuttavia differenti. La GAV si spinge più all'interno della massa rocciosa, ma rappresenta un tributario minore con attività idrica più marcatamente stagionale, che si riduce fino quasi a sparire già nella tarda primavera. La GPCG ha maggiori dimensioni ed è un collettore di maggiore importanza, in cui un flusso idrico si mantiene fino all'estate. Nella RCG il deflusso è invece permanente, con portate relativamente elevate rispetto alle altre grotte. Prove colorimetriche effettuate il 22 febbraio 2009 con l'immissione di traccianti nella GPCG confermano che la RCG rappresenta la risorgenza per le acque drenate nella grotta a monte.

Il flusso idrico nelle grotte è alimentato dall'acqua direttamente assorbita in inghiottitoi, ma esiste anche una lenta e costante ricarica di acque che filtrano attraverso gli strati gessosi, al contatto con i sottostanti strati impermeabili costituiti da peliti bituminose (Fig. 3). Queste acque hanno contenuto salino più elevato rispetto alle acque di diretta infiltrazione, temperature più stabili e contengono H₂S, probabilmente prodotto in conseguenza della riduzione batterica dei solfati durante la filtrazione in presenza delle interstratificazioni di argille bituminose. Questo tipo di venute idriche costituisce la parte preminente del deflusso in condizioni di magra nella GPCG, mentre alla risorgenza il flusso di base è costituito da acque solfate senza un contenuto rilevabile di H₂S. La filtrazione di acque sulfuree è comune in tutta l'area, e numerose polle sulfuree si trovano in superficie nell'alveo del Torrente Fanantello ma anche nel versante presso Casa Guidi, dove alimentano uno stagno permanente (Fig. 4).

La fauna delle polle sulfuree

Gli apporti parietali permanenti di acque sulfuree creano condizioni ecologiche particolari. Sulle pareti della grotta si formano biofilm di batteri ossidanti nell'area di scorrimento idrico, alimentando piccole pozze sulfuree al fondo della galleria principale (Fig. 5): qui le acque si miselano con quelle che defluiscono nella galleria principale, in proporzioni variabili localmente e stagionalmente. Nella GPCG in condizioni di magra tutta l'acqua che scorre nella galleria principale è risultata anossica, con fondali occupati da fanghiglie nere, materiale organico indecomposto e diffuso sviluppo di biofilm; nella RCG invece permane un importante flusso idrico nel collettore principale, e le venute parietali producono piccole pozze sulfuree alla confluenza con il ruscello



Figura 2. Una tipica sezione delle gallerie, parzialmente scavate nelle peliti al letto degli strati di gesso. (Risorgente di Casa Guidi).

Figure 2. A typical section of the passages, partly developed in the shales underlying the gypsum beds (Risorgente di Casa Guidi).

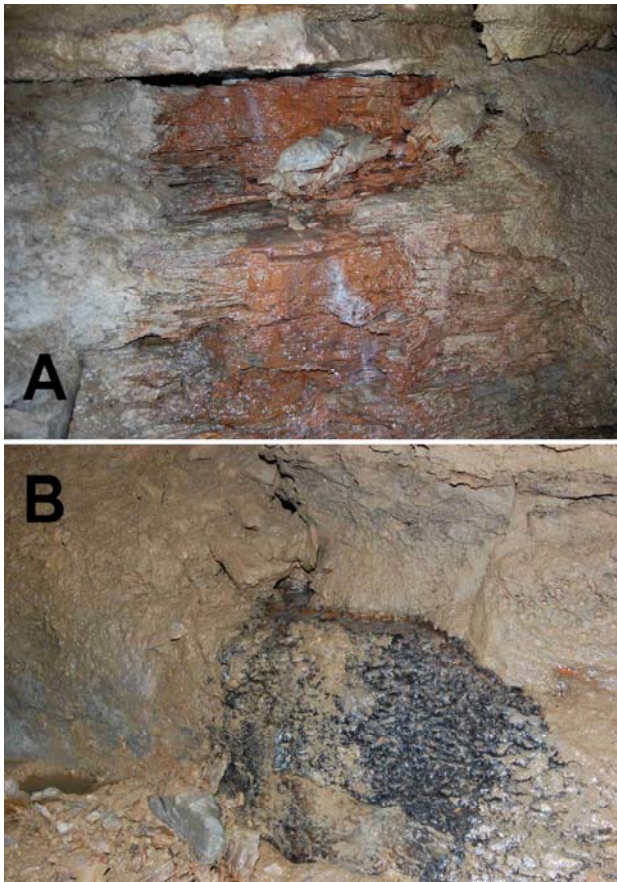


Figura 3. Filtrazione d'acqua sulfurea al contatto tra strati di gesso e peliti. A) Risorgente di Casa Guidi; B) G. presso Casa Guidi.

Figure 3. Seepage of sulphidic water from gypsum beds overlying shales. A) Risorgente di Casa Guidi; B) Grotta presso Casa Guidi.

e nelle pozze da esse alimentate (Fig. 6). Queste zone sono utilizzate come habitat durante lo stadio larvale anche da parte di coleotteri della Famiglia Scirtidae, assolutamente non specializzati per habitat cavernicoli.



Figura 4. La pozza alimentata da una sorgente sulfurea sul pendio di Casa Guidi.

Figure 4. The pool fed by a sulphidic spring in the Casa Guidi slope.



Figura 5. Piccola pozza sulfurea alimentata dalla filtrazione sotto le pareti della Risorgente di Casa Guidi.

Figure 5. A small sulphidic pool fed by the seepage below a cave wall (Risorgente di Casa Guidi).

principale. Una situazione simile è presente nella Grotta Antonio Veggiani; in questo caso tuttavia il drenaggio idrico nella grotta in condizioni di magra è molto scarso, e le venute parietali negli angusti ambienti della grotta alimentano piccole pozze con acqua sulfurea, di notevole interesse, solo lambite dal flusso idrico della galleria principale. In queste pozze idriche sono stati prelevati i campioni finora analizzati; l'occlusione della galleria d'accesso da parte di sedimenti fangosi ha impedito tuttavia di effettuare ulteriori sopralluoghi in questa zona della grotta.

L'ambiente biologico esistente risente fortemente della forte vicinanza della superficie, e in tutte le grotte coesistono animali di habitat superficiale con veri organismi troglobi. Tra gli organismi riconosciuti si trovano trogofili come *Meta menardi* LATREILLE, 1804 o eutrogofili come *Porrhomma convexum* WESTRING, 1851 e, abbastanza comuni, *Nesticus eremita* SIMON, 1879 e *Androniscus dentiger* VERHOEFF, 1908. Tra la fauna acquatica si possono segnalare organismi esclusivamente cavernicoli come i *Niphargus*, riferibili a due diverse specie: nella GPCG è stato trovato il *N. montanarius* KARAMAN, BOROWSKY & DATTAGUPTA, 2010, mentre nella GAV sono stati ritrovati in acque non sulfuree esemplari attribuibili al gruppo del *N. longicaudatus* e, in acque sulfuree, alcuni esemplari non determinati sottoposti ad analisi isotopiche.

La densità di organismi è estremamente più elevata nel ruscello sulfureo della GPCG rispetto al ruscello di acque non sulfuree della RCG. Inoltre, all'interno di ogni grotta, si osserva una forte concentrazione di organismi intorno alle venute parietali di acque sulfuree

La catena trofica



Figura 6. Concentrazione di forme larvali sul biofilm nella sorgente sulfurea di Figura 3A (Risorgente di Casa Guidi).

Figure 6. Concentration of larvae on the biofilm in the spring of figure 3A (Risorgente di Casa Guidi).

campione	tipologia	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
MAI 21	fango	-0,6	-28,3
MAI 26	fango organico nero	+1,7	-25,9
MAI 25	fango con biofilm	-6,4	-37,4
MAI 22	fauna acquatica	-6,6	-43,5
MAI 27	<i>Niphargus</i> sp.	+4,0	-42,0
MAI 23	ragno	+4,9	-40,1

Tabella 1. Dati isotopici sui campioni organici.

Table 1. Isotope data on organic samples.

prodotto per chemiosintesi rappresenta la principale risorsa alimentare, come a Frasassi (SARBU et al., 2000).

Nelle grotte di Maiano, invece, ci si trova in grotte estremamente superficiali, con facili e continui contatti con la superficie. È interessante osservare che nonostante gli organismi non siano legati strettamente al loro habitat, e pur avendo a disposizione risorse alimentari di differente tipo, la loro sopravvivenza nella grotta sembra basata su di una catena trofica alla cui base stanno comunità di batteri chemiosintetici, piuttosto che il pur abbondante materiale biologico di provenienza superficiale.

Ringraziamenti

Le attività sono state effettuate nell'ambito del "Progetto di studio di alcune cavità nella formazione Gessoso-solfifera a Maiano", finanziato dalla Regione Marche (L.R. 12/2000), portato avanti da Gruppo Grotte Recanati, C.R.S. "Nottoloni" Macerata, G.A.SP. Civitanova Marche. Negli anni dal 2003 al 2012, molti altri speleologi dei suddetti gruppi hanno contribuito all'esplorazione e alla documentazione dei fenomeni carsici dell'area di Sapigno e Maiano, con la preziosa e generosa disponibilità di molti abitanti delle frazioni; un particolare e fraterno ringraziamento va a ELMIRO POGGIOLI, LORENZO ANGELI e LEOPOLDO MASINI.

Bibliografia

- CORNAMUSINI G., MARTELLI L., CONTI P., PIERUCCI P., BENINI A., BONCIANI F., CALLEGARI I., CARMIGNANI L., COLTORTI M., CATANZARITI R., FORESI L.M., 2006. *Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 Foglio 266 – Mercato Saraceno e Note illustrative*. Regione Emilia Romagna.
- POR F. D., DIMENTMAN CH., FRUMKIN A., NAAMAN I., 2013. *Animal life in the chemoautotrophic ecosystem of the hypogenic groundwater cave of Ayyalon (Israel): A summing up*. Natural Science, 5, 4A, 7-13.

Le analisi isotopiche effettuate confermano le indicazioni fornite dalle osservazioni macroscopiche riguardo l'importanza di batteri chemiosintetici come base della catena trofica (Tab. 1). I fanghi campionati nella pozza all'interno della Grotta Antonio Veggiani mostrano un contenuto isotopico simile a quello del materiale organico di ambiente superficiale. Ciò è ragionevole, in quanto la grotta è alimentata da inghiottitoi che trasportano con facilità detriti organici di varia natura. L'ambiente riducente che si instaura nelle pozze, favorito dalle venute sulfuree, ne favorisce la conservazione, giustificando i valori di $\delta^{13}\text{C}$ misurati (-25,9‰).

Il film organico campionato sul bordo della pozza ha fornito valori di $\delta^{13}\text{C}$ molto più bassi (-37,4‰), che possono derivare da una produzione per chemiosintesi di materiale organico da parte di comunità batteriche che vivono in grotta grazie a processi di ossidazione di specie chimiche ridotte contenute nelle venute di acqua sulfurea. La fauna campionata, composta sia da troglobi che trogllosseni, ha fornito valori di $\delta^{13}\text{C}$ molto bassi (< 40‰), mostrando pertanto di utilizzare come fonte alimentare del materiale biologico di simile composizione isotopica, sicuramente non di derivazione superficiale.

L'esistenza di comunità di organismi legati alla produzione di materiale organico ad opera di batteri è già nota all'interno di importanti sistemi carsici; le situazioni descritte riguardano grotte in cui si hanno condizioni di isolamento rispetto alla superficie, come nel caso della Grotta di Movile (SARBU & KANE, 1995) o in quella di Ayyalon (POR et al., 2013) o comunque in regioni della grotta in cui il materiale biologico

- ROVERI M., MANZI V., BASSETTI M.A., MERINI M., RICCI LUCCHI F., 1998. *Stratigraphy of the Messinian post-evaporitic stage in eastern – Romagna (northern Apennines, Italy)*. Giorn. Geol., **60**, 119-142
- SARBU S. M., GALDENZI S., MENICHETTI M., GENTILE G., 2000. *Geology and Biology of the Frasassi Caves in Central Italy, an ecological multi-disciplinary study of a hypogenic underground ecosystem*. In: H. WILKENS, D. C. CULVER, W. F. HUMPHREYS (Eds.) – *Ecosystems of the world*. Elsevier, New York, 359-378.
- SARBU S. M., KANE T. C., 1995. *A subterranean chemoautotrophically based ecosystem*. The National Speleological Society Bulletin, **57**, 91-98.
- VEGGIANI A., 1960. *Fenomeni carsici nella formazione gessoso solfifera di Sapigno e Maiano (S. Agata Feltria)*. Le Grotte d'Italia (III) **3**, p. 132-142.

ENTOMOLOGIA FORENSE IN SICILIA: PRIME SPERIMENTAZIONI IN AMBIENTE TERRESTRE E IPOGEO

DENISE GEMMELLARO¹⁻², CARMELO BUCOLO², ELISA MUSUMECI², LAUREN WEIDNER¹

¹Rutgers University, New Brunswick, NJ USA denise.gemmellaro@rutgers.edu

Gruppo Grotte Catania del Club Alpino Italiano Sezione dell'Etna, Via Messina 593 A, Catania;
bucolo.carmelo3@gmail.com

²Gruppo Grotte Catania del Club Alpino Italiano Sezione dell'Etna, Via Messina 593 A, Catania;
elisamail86@yahoo.it

¹Rutgers University, New Brunswick, NJ USA; laurenmweidner@gmail.com

Riassunto

Negli anni recenti è iniziato un progetto di ricerca in collaborazione con vari enti italiani ed esteri incentrato sugli insetti di interesse forense attualmente presenti ed attivi in Sicilia. Sempre più spesso, infatti, casi di ritrovamento di cadavere, così come casi di miasi e di specie entomologiche dannose per l'agricoltura e le derrate alimentari, hanno richiesto l'intervento di un entomologo forense, ed al fine di sensibilizzare il pubblico verso questa disciplina e di raccogliere dati utili alla costruzione di una lista di specie presenti in Sicilia, si è deciso di procedere con questa ricerca. Lo studio è iniziato nell'area intorno al vulcano Etna. Il primo sito sperimentale è stato un campo di lava alle pendici del vulcano sul territorio di Bronte, dove 4 carcasse sono state esposte, nel mese di dicembre, per poterle monitorare la decomposizione e la colonizzazione da parte di artropodi. In questo caso la specie di dittero maggiormente osservata è stata *Calliphora vicina*. Volendo esplorare l'attività di insetti necrofili e necrofagi in ambiente ipogeo, la ricerca è stata poi spostata in una grotta vulcanica, la Grotta della Ferrovia, in prossimità del sito originale, dove sono state collocate 2 carcasse ed una trappola innescata con del fegato. Anche in questo caso *Calliphora vicina* è stata osservata mentre deponeva le uova in totale oscurità ma con un ritardo di 20 giorni e ad una temperatura decisamente bassa per quelli che sono i suoi standard, 6.4°C. Questo progetto iniziale ha permesso di migliorare il nostro disegno sperimentale e ci ha aiutato nella mappatura di nuovi siti in cui proseguire la nostra ricerca per raccogliere maggiori dati sulla presenza e attività di artropodi di interesse forense nelle grotte.

Parole chiave: entomologia forense, grotte vulcaniche, insetti in grotte

Abstract

FORENSIC ENTOMOLOGY IN SICILY: FIRST EXPERIMENTS IN TERRESTRIAL AND SUBTERRANEAN ENVIRONMENTS - In recent years, a research on the insect species of forensic interest present in Sicily has been conducted. In criminal cases involving the recovery of a dead body, as well as in cases of myiasis and pest management, the expertise of a forensic entomologist has been requested more and more frequently in Sicily. The aim of this research was to raise awareness on this discipline and to build a Sicilian entomofauna checklist. The study started in the area surrounding Mt. Etna, the tallest active volcano in Europe. The first study site was set up near the town of Bronte, NW of Mt. Etna. We placed 4 carcasses on a W-facing field of ancient lava, from December until complete skeletonization. The predominant species observed was *Calliphora vicina*, the first to colonize the carcasses; also present were *Lucilia* spp. The research was then moved to a more peculiar environment: caves. We wanted to explore the potential insect activity on decaying matter in dark, subterranean environments and so we placed 2 carcasses and 1 liver trap at different depths within a cave in proximity of our original site. No activity was observed for 20 days; then, *C. vicina* was observed on one of the carcasses, laying eggs in complete darkness at a temperature of 6.4°C. Larval development under these conditions was delayed and mortality rate was high. This preliminary trial allowed us to improve our experimental design and helped to map new sites where we are expanding our research to collect new data on insect distribution and their activity in caves.

Key words: forensic entomology, volcanic caves, insects in caves

Introduzione

L'entomologia forense è l'applicazione dello studio degli insetti a questioni giuridiche di ogni natura, dalle infestazioni di insetti dei prodotti alimentari, alla presenza di artropodi in ambienti domestici; laddove, infatti, ci sia una presenza di insetti che causa un problema, un pericolo o una minaccia, e alla quale siano legate responsabilità civili e/o penali, si interpella, o si dovrebbe interpellare, l'entomologo forense (BYRD & CASTNER, 2010). Tra le varie aree della disciplina, quella che sta guadagnando sempre più importanza, grazie all'esposizione mediatica offerta dalle abbondanti serie televisive incentrate sulle indagini criminalistiche, è l'entomologia forense medico-legale, concentrata sull'analisi di artropodi necrofili e necrofagi riscontrati sulla scena del crimine in casi di ritrovamento cadaverico. Gli insetti sono, infatti, degli informatori importanti in questi casi, in quanto dal loro studio è possibile risalire all'epoca di morte, capire se alcool o altre sostanze d'abuso siano state assunte prima della morte o se il corpo ha subito spostamenti.

I gruppi di maggiore interesse forense sono rappresentati da Ditteri e Coleotteri. I ditteri, o mosche, sono, infatti, i primi ad arrivare su un cadavere; ricerche dimostrano, infatti, che pochi minuti dopo la morte, i ditteri, attratti dagli stimoli olfattivi offerti dal cadavere, siano già presenti su di esso (GREENBERG, 1991; Fig. 1). Per loro il cadavere rappresenta appunto una risorsa trofica importante ma effimera, ed ecco perché è importante che venga raggiunto nel più breve tempo possibile. Una volta volati sul cadavere, i ditteri iniziano a cercare aree adatte per poter deporre le loro uova; i siti più adatti sono quelli che offrono protezione e una certa umidità, come gli orifizi naturali. Una mosca può deporre fino a 250 uova in un unico gruppo, quindi la colonizzazione avviene in maniera rapida e massiccia. Dalle uova nascono larve vermiformi che si svilupperanno interamente sul cadavere nutrendosi di esso; le larve attraverseranno 3 stadi di sviluppo, aumentando la loro lunghezza da 0,5-1 mm fino a 1-1,5 cm, e una volta completato il terzo stadio, si allontaneranno dai resti del cadavere per andare a impuparsi in un luogo asciutto e senza luce. Questo avviene generalmente sotto terra in ambienti esterni e sotto i mobili in ambiente chiuso.



Figura 1. Massa larvale su carcassa.

Figure 1. Larval mass on a carcass.

La loro importanza forense risiede nel fatto che tendenzialmente "l'età" di una larva coincide o è molto vicina con l'epoca di morte. Quindi, durante il ritrovamento di un cadavere infestato da larve di ditteri, se si analizza lo stadio di sviluppo di quest'ultime (la loro "età") si può risalire all'epoca di morte. Essendo gli insetti organismi a sangue freddo, il loro sviluppo dipende interamente dalla temperatura in cui essi si trovano. Ecco perché le analisi dei parametri climatici ed ambientali devono accompagnare ogni tipo di analisi entomologico-forense ed ecco perché continue ricerche vengono fatte sullo sviluppo di ditteri a diverse temperature e umidità; il fine è quello di costruire un database di informazioni di riferimento che possa essere usato in casi reali.

Purtroppo non esiste una grande quantità di dati per molte aree geografiche e per molti eco-ambienti specifici, rendendo l'applicazione dell'entomologia forense impossibile in questi contesti. L'ambiente ipogeo siciliano e la regione Sicilia in generale rappresentano proprio questi scenari. Si tratta di ambienti su cui si hanno poche

informazioni entomologiche in generale e non si ha informazione alcuna sull'entomofauna di interesse forense. Il nostro obiettivo è individuare la fauna di interesse forense presente e attiva sul territorio siciliano, rapportarla a quella presente ed attiva nell'ambiente ipogeo siciliano, e analizzare sviluppo, etologia e stagionalità delle specie ritrovate.

Inquadramento geografico, geologico e botanico.

Abbiamo iniziato la nostra ricerca sul versante orientale della Sicilia, nei pressi del noto paesino etneo Bronte. La zona di studio, per l'appunto, si trova nella periferia del paese in prossimità della colata lavica del 1651-53 denominata "sciara" di S. Antonio o meglio conosciuta dalla gente del luogo come zona Brignolo. Essendo una "sciara" (termine siciliano che deriva dall'arabo "ša'ra" con il significato di deserto) la zona non è costituita da boschi ma troviamo solamente piccole piante erbacee come la valeriana rossa (*Centranthus ruber*), varie specie di *Sedum sp.*, qualche arbusto di *Genista aetnensis* e una grande distesa di licheni (*Stereocaulon vesuvianum*). I primi studi sono stati effettuati sulla distesa lavica. Lo studio ipogeo, invece, è avvenuto all'interno di una cavità denominata Grotta della Ferrovia proprio perché si trova in prossimità della ferrovia circumetnea. Si tratta di una grotta di scorrimento lavico con ingresso abbastanza grande e trasformato, in antichità, come ricovero per il gregge, data la presenza all'interno di muretti a secco. Il condotto principale è lungo circa 150 m con un'altezza media di 1,70 m che tende ad abbassarsi progressivamente fino al termine della grotta. Agli estremi della grotta, invece, possiamo trovare delle piccole, basse e anguste gallerie, percorribili solo strisciando (Fig. 2).



Figura 2. Topografia della Grotta della Ferrovia. In rosso le trappole piazzate.

Figure 2. Topography of Grotta della Ferrovia, showing in red the traps.

Metodi

Per il nostro studio abbiamo identificato un sito di controllo su una distesa lavica sul territorio di Bronte. Su questo sito abbiamo esposto 4 carcasse nel periodo invernale (da dicembre fino alla loro completa scheletrizzazione, avvenuta a febbraio) per osservarne la colonizzazione e il processo di decomposizione. Le carcasse sono state coperte con una gabbia metallica (30x30x60 cm) e sono state circondate da trappole a caduta per la raccolta degli insetti striscianti (coleotteri) attratti dalla carcassa. Le carcasse sono state ispezionate due volte al giorno, ad intervalli di 12 ore; gli artropodi presenti su di essi e nel substrato sottostante sono stati raccolti in contenitori areati ed in provette da 15 ml con tappo a vite. Gli insetti raccolti nei contenitori areati sono stati poi messi in coltura per poter confermare la determinazione della specie; gli altri sono stati fissati e preservati in alcool a 75%. Tutti i dati ambientali sono stati registrati.

Per il sito ipogeo, abbiamo scelto la Grotta della Ferrovia, situata in prossimità del sito originale. In essa, nel mese di maggio, abbiamo collocato una trappola innescata con del fegato e due carcasse a circa 30 m di distanza l'una dall'altra. Le carcasse erano anche in questo caso protette da una gabbia metallica (30x30x60 cm; Fig. 3). Il sito è stato ispezionato giornalmente durante l'intero periodo di decomposizione; anche in questo caso sono stati registrati tutti i parametri ambientali e sono stati prelevati gli artropodi riscontrati.

Risultati

Le carcasse nel primo sito sperimentale si sono decomposte in maniera molto lenta dovuta alle basse temperature (0-10°) ma la colonizzazione è iniziata poche ore dopo l'esposizione delle carcasse. Le carcasse

sono state esposte intorno alle 17:00, e la mattina dopo alle ore 8:00 uova erano già presenti in ognuna di esse. La specie maggiormente osservata in questo sito è stata *Calliphora vicina*, una tipica specie invernale attiva anche a basse temperature. Sono stati repertati anche esemplari di *Lucilia spp.* ma non c'è stata attività sulle carcasse da parte di questa specie.

La temperatura media per questo sito durante il periodo sperimentale è stata di 6°C, con estremi di 12°C e di -8°C.



Figura 3. Trappola in grotta.

Figure 3. Trap in cave.

Nel sito ipogeo, la situazione è stata radicalmente diversa.

Come prevedibile, a causa della temperatura, la decomposizione è stata incredibilmente rallentata. L'aspetto più rilevante però è rappresentato dalla colonizzazione. Per 20 giorni non è stato osservato nessun tipo di artropode su nessuna delle due carcasse. Il 21° giorno sulla carcassa più distante dall'apertura della grotta sono state osservate delle mosche adulte (*Calliphora vicina*) mentre deponevano le loro uova. Questo avveniva in totale assenza di luce e ad una temperatura di 4°C. Il giorno successivo, lo stesso è stato osservato nella seconda carcassa; in questo caso, insieme a *Calliphora vicina*, erano anche presenti esemplari di *Calliphora vomitoria*.

La colonizzazione e lo sviluppo dei ditteri su entrambe le carcasse è stata seguita attentamente giornalmente, fino alla raccolta dei pupari. Le uova deposte su queste carcasse sono rimaste sulla carcassa 7 giorni prima di schiudersi e lo sviluppo delle larve è stato in generale molto lento. Tuttavia, molte di esse sono arrivate allo stadio di pupa. A causa delle rocce, non tutti i pupari sono stati raccolti e molti sono rimasti in grotta per tutto il periodo della metamorfosi da larva a mosca adulta (Fig. 4). Le mosche emerse da questi pupari sono state raccolte ed osservate; molte di queste erano attere e non presentavano nessuna pigmentazione scura.

Discussione

Il nostro studio rappresenta un'osservazione preliminare di un'area di ricerca incredibilmente vasta e ha messo in discussione alcune delle "certezze" stabilite da lavori passati.

In grotta, ad una temperatura di 4°C, abbiamo osservato l'attività di ditteri per i quali, secondo la letteratura, la soglia minima è tra i 10 ed i 6°C (DONOVAN et al., 2006); inoltre la loro attività è stata svolta in completa assenza di luce, quando, sempre secondo la letteratura, le mosche non sono attive durante la notte o in ambienti in cui non è presente una fonte di luce (FAUCHERRE et al., 1999). Le mosche da noi osservate, infatti, erano sicuramente diverse da quelle normalmente riscontrate; non sembravano avere l'abilità di volare e si muovevano sulle zampe lungo i muri della grotta. Alcuni degli esemplari repertati, inoltre, avevano un aspetto decisamente anomalo: erano atteri e non presentavano nessun tipo di pigmentazione. Molte specie di dittero sono chiare al momento dello sfarfallamento dalla pupa, ma dopo poche ore acquistano la loro tipica colorazione scura; questi esemplari, invece, rimanevano chiari in maniera permanente.

L'intervallo di tempo riscontrato tra l'esposizione della carcassa in grotta e l'inizio della colonizzazione, che per noi è stato di 20 giorni, coincide con quanto osservato durante un caso reale avvenuto in Svizzera anni fa. In

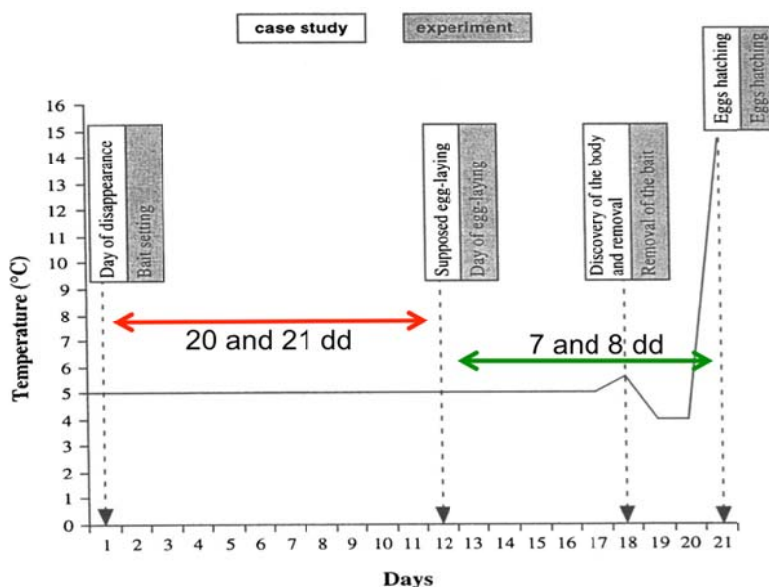
questo caso, discusso da FAUCHERRE et al. (1999), il corpo di un uomo sparito 18 giorni prima era stato ritrovato in una grotta, ad una profondità di 10 m, e su di esso erano presenti uova di dittero. Le uova sono state raccolte e portate in laboratorio, dove si sono schiuse dopo circa 3 giorni. La specie era anche in quel caso *Calliphora vicina*. FAUCHERRE decise di studiare il sito del ritrovamento "mimando" l'accaduto. E' stata quindi preparata un'esca e portata in grotta sul luogo del ritrovamento. Sull'esca sono state ritrovate uova dopo 12 giorni; le uova sono state portate in laboratorio dove si sono schiuse dopo 3 giorni. Questi intervalli coincidevano con quelli delle uova raccolti durante il sopralluogo. Tramite questi risultati, egli fu in grado di affermare che l'uomo fosse scivolato e morto il giorno stesso della sua sparizione, un'informazione che senza l'ausilio degli insetti sarebbe stata impossibile da ricavare, considerando che lo stadio di decomposizione non può essere usato con molta sicurezza negli ambienti a temperature basse.



Figura 4. Larve tra le rocce.

Figure 4. Larva among the rocks.

Simili intervalli temporali tra l'esposizione della carcassa e la colonizzazione e tra la deposizione e la schiusa delle uova sono stati osservati durante la nostra ricerca.



Faucherre et al. 1999

Figura 5. Intervalli temporali tra sparizione della vittima, oviposizione e schiusa riportati da FAUCHERRE et al. (1999).

Figure 5. Time intervals between victim disappearance, egg positioning and openings, as reported by FAUCHERRE et al. (1999).

Conclusioni

Considerati gli spunti importanti di questa ricerca e la necessità di incrementare i dati entomologico-forensi dell'ambiente ipogeo, la ricerca sarà continuata in collaborazione con l'Università di Rutgers, estesa ad altre grotte, non solo vulcaniche, sul territorio. Proprio per gli interrogativi sorti dopo le nostre osservazioni, ricerche più mirate verranno effettuate sulla composizione dell'entomofauna ipogea, sui cicli di sviluppo e sulle caratteristiche morfologiche che possono essere modificate all'interno di una grotta.

Ringraziamenti

Si ringrazia il gruppo speleologico del Cai Catania sezione dell'Etna, Gruppo Grotte Catania, in particolar modo il suo direttore dott. GIUSEPPE PRIOLO che ha contribuito topografando la grotta e partecipando con interesse al lavoro. Si ringrazia inoltre l'Università di Rutgers per aver patrocinato il lavoro e per aver deciso di investire in questa ricerca.

Bibliografia

- BYRD J.H., CASTNER J.L., 2010. *Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigations*. Boca Raton, CRC Press.
- DONOVAN S.E., HALL M.J.R., TURNER B.D., MONCRIEFF C.B., 2006. *Larval growth rates of the blowfly, Calliphoravicina, over a range of temperatures*. Medical and veterinary entomology, **20** (1), 106-114.
- FAUCHERRE J., CHERIX D., WYSS C., 1999. *Behavior of Calliphoravicina (Diptera, Calliphoridae) under extreme conditions*. Journal of insect behavior, **12** (5), 687-690.
- GREENBERG B., 1991. *Flies as forensic indicators*. J. Med. Entom., **28**, 565-577.

NOTA PRELIMINARE SULLA FAUNA DELLA GROTTA DI PIANO PORCARIA (ETNA)

CARMELO BUCOLO¹, ELISA MUSUMECI¹

¹ Gruppo Grotte Catania del Club Alpino Italiano Sezione dell'Etna, via Messina 593/A, Catania;
bucolo.carmelo3@gmail.com, elisamail86@yahoo.it

Riassunto

L'ambiente cavernicolo costituisce di per sé un habitat estremo in quanto in esso alcuni parametri vitali, primo tra tutti la luce, si presentano modificati rispetto all'ambiente esterno. Nonostante ciò è possibile trovare organismi viventi, per lo più animali, con diversi gradi di adattamento e specializzazione (troglosseni, troglofili e troglobi), alcuni dei quali in grado di poter sopravvivere sfruttando fonti di energia chimica e sostanze organiche. Ancor più particolari sono gli habitat delle grotte etnee, cavità vulcaniche di recente formazione dove in genere gli organismi non hanno avuto il tempo di adattarsi e di specializzarsi completamente. Nonostante ciò la fauna delle grotte etnee presenta un discreto numero di specie, appartenenti a diversi phyla, tra queste alcune sono degne di nota per il loro stretto adattamento. E' il caso del coleottero carabide *Duvalius hartigi* segnalato per la prima volta in Sicilia nella grotta dei Ladri, e per il quale è interessante monitorare l'eventuale presenza nelle altre cavità etnee. Poiché è stata studiata la fauna di poche grotte vulcaniche, si è scelto di procedere al censimento faunistico di una grotta di più vecchia formazione ipotizzando che potesse offrire un habitat più consolidato all'evoluzione delle specie.

Parole chiave: biospeleologia, grotte vulcaniche, Etna.

Abstract

PRELIMINARY NOTE ON THE FAUNA OF THE CAVE OF PLAN PORCARIA (ETNA) - Underground world and caves are considered "extreme habitats" for the absence of important vital factors, first of all the sunlight. Nevertheless, we find life in caves, in absolute darkness, some animals with different ability to adapt (troglobia, troglophyla, trogloxena). These organisms can live because in caves sunlight energy is substituted for chemical energy by bacteria activity and organic substances. Even more peculiar is the habitat in Etna caves because, due to their young origin, the fauna has not yet had enough time to evolve and adapt. With this work we want to amplify the knowledge we have about Etna caves and, for the mentioned reasons, we chose to study an old cave whose maturity can offer a richer fauna.

Key words: biospeology, volcanic cave, pit fall traps, Etna.

Introduzione

L'Unesco il 21 giugno 2013 ha inserito l'Etna quale patrimonio mondiale dell'umanità definendolo come uno dei vulcani "più emblematici e attivi del mondo". E' dunque doveroso riconoscere come patrimonio tutte le entità biologiche e gli ecosistemi che ne sono parte integrante, in particolare gli ambienti ipogei e la loro componente faunistica che nel corso dell'evoluzione si è specializzata in questi caratteristici habitat. La grotta in esame è la grotta di Piano Porcaria localizzata nell'omonima località nei pressi di monte Crisimo, nel comune di Linguaglossa (CT), a circa 1110 m s.l.m. La grotta si apre all'interno del demanio forestale e ricade nella zona A del Parco Regionale dell'Etna. Per tale motivo è stato necessario richiedere il permesso allo studio al Parco Regionale dell'Etna, ai fini di poter campionare gli animali.

Inquadramento geografico, geologico e vegetazionale

La grotta oggetto del presente studio si trova sul versante Nord dell'Etna in prossimità del monte Crisimo (1345 m s.l.m.), in alcune carte segnato come Orisimo, nome probabilmente derivato da Erisimo (*Erysimum bonannianum*) oppure dal termine siciliano "risinu", che indica la rugiada, successivamente modificato in Crisimu (TRINGALI, 2012). Il sito è compreso nell'area demaniale chiamata per l'appunto "Demanio di monte Crisimo". Morfologicamente si tratterebbe di una cupola esogena formatasi da un'intrusione magmatica che non ha dato luogo ad eruzioni ma soltanto a un rigonfiamento del suolo. La datazione della

grotta non è certa ma si tratta di lave molto antiche, ne è testimonianza il fitto bosco maturo con presenza di castagni (*Castanea sativa*), roverelle (*Quercus pubescens*) ed altre querce caducifoglie del gruppo (*Quercus robur*) (POLI *et al.*, 1981).

La cavità esaminata è una grotta di scorrimento lavico, ossia una ex colata lavica, generatasi per effetto di fenomeni di rapido raffreddamento e di rifusione, dando origine a un tubo cavo caratterizzato da tipici speleotemi: rotoli di lava, blister, stalattiti da rifusione (denti di cane), ecc. L'ingresso alla grotta è possibile attraverso un crollo della volta, che è stato recintato con una palizzata in legno con un cancelletto. Vi è stata realizzata anche una scaletta con corrimano in legno (Fig.1a). Scendendo, il primo ambiente è caratterizzato da imponenti crolli. Da questo si dipartono tre tratti di galleria. Il primo orientato verso ovest è lungo circa quindici metri, con il pavimento ricoperto da detriti e sabbia. La volta non sempre consente una postura eretta e nella parte terminale impone una progressione carponi o addirittura ventre a terra. Il secondo tratto di galleria è orientato a SE ed è lungo circa quaranta metri. La volta consente la postura eretta per una buona metà dello sviluppo, mentre si abbassa a solo un metro circa nel tratto terminale. Il pavimento è costantemente ricoperto di detriti e sabbia, numerosi sono i crolli sia dalla volta che dalle pareti. Dalla volta si infiltrano radici fitte e vistose (Fig.1b). Il terzo tratto di galleria, orientato a N, presenta uno sviluppo di oltre ottanta metri e un aspetto morfologicamente differente dai due tratti precedenti. Il primo è ampio e morfologicamente simile ai precedenti. In fondo a questo si apre una piccola galleria il cui accesso è alto poco più di sessanta centimetri. Da questo punto in poi, quasi costantemente, l'altezza della volta non consente una postura eretta e spesso si è costretti a procedere carponi. Il pavimento di lava scoriacea, notevolmente irta, solo raramente è ricoperto di sabbia o detriti. In fondo alla galleria si incrocia un'altra angusta galleria a transetto rispetto alla precedente, che si sviluppa per oltre cinquanta metri sia verso ovest che verso est. Il tratto est diventa inaccessibile dopo circa trenta metri, ma dato il suo andamento si vede che prosegue per almeno altri quindici metri (BALSAMO *et al.*, 2013). La grotta, nel periodo di campionamento, presentava una temperatura media di 13°C ed un'umidità del 96%.

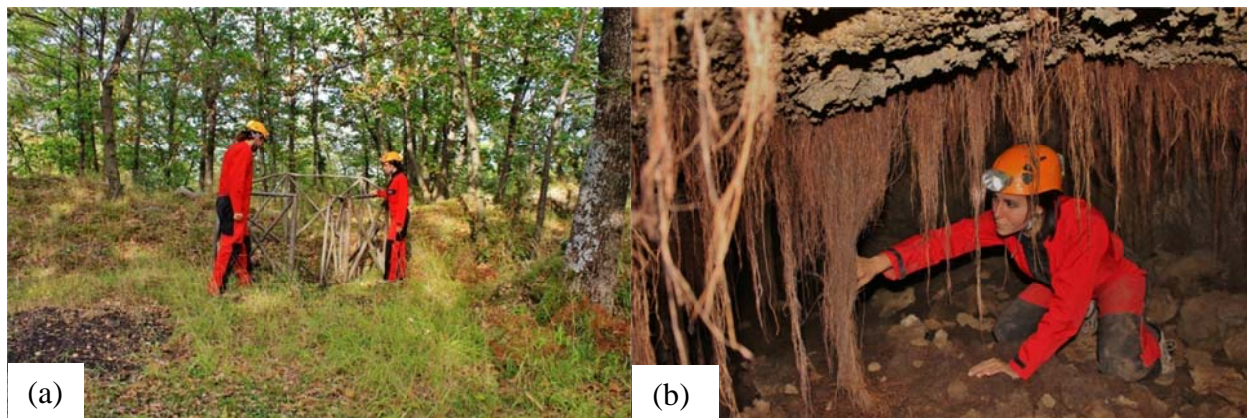


Figura 1. (a) Ingresso della grotta; (b) Infiltrazione di folte radici dalla volta della grotta.

Figure 1. (a) Cave entrance; (b) Thick roots penetrating the cave vault.

Materiali e Metodi

Le ricerche sono state effettuate fra settembre e ottobre 2013 per un totale di 2 raccolte (14 settembre 2013 e 28 ottobre 2013). E' stato infatti deciso di lasciare le trappole in loco per 2 settimane e interrompere il prelievo per le restanti 2, al fine di non arrecare danno alla sensibile fauna. Il prelievo della fauna all'interno della grotta, come da protocollo, è avvenuto mediante cattura a vista, esche e *pitfall trap*. Sono state collocate nove trappole a caduta in siti che rispecchiano, per quanto possibile, i diversi microhabitat presenti: al di sotto delle radici, vicino ai crolli, presso il guano e le foglie secche presenti all'ingresso della grotta (Fig. 2). Le trappole consistono in bicchieri in plastica di circa 11 cm di profondità e 8 cm di diametro che vengono interrati a fondo fino all'orlo, contenenti una miscela attrattiva di aceto, acqua e sale per conservarne il contenuto. Data la morfologia del suolo, poiché trattasi di sola lava senza detriti o sabbia, nel tratto più interno della grotta non è stato possibile piazzare più di due trappole (*pitfall trap* 8 e 9), in questo caso di dimensione minore, precisamente 8 cm di profondità e 6 cm di diametro. Il contenuto delle *pitfall trap*, in loco, è stato conservato in appositi contenitori in plastica con sistema di doppia chiusura per il trasporto in laboratorio. Sono state, inoltre, collocate assi di legno preventivamente sterilizzate, imbevute di acqua e affiancate da qualche traccia di polpa di frutta. La cattura è avvenuta a vista mediante l'utilizzo di pinzette entomologiche morbide, quindi gli esemplari raccolti sono stati conservati in provette contenenti alcol etilico

02/06/2015

SESSIONE SCIENZA – C3

a 75°. Sono state collocate tre esche nella parte iniziale della grotta (con suolo sabbioso), mentre nella seconda parte della grotta (suolo lavico scoriaceo) un maggior numero di assi compensa la scarsa presenza di *pitfall trap* (Fig. 2). Durante ogni sopralluogo, sempre nel rispetto faunistico, si è proceduto a monitorare l'eventuale presenza di fauna; la presenza di specie facilmente identificabili in situ, è stata registrata su appositi quaderni da campo per evitare superflue catture. Il contenuto delle trappole a caduta è stato selezionato in laboratorio, filtrato grazie all'utilizzo di setacci a maglia fine, infine conservato in alcol etilico a 75°, in attesa di essere smistato. Successivamente, grazie ad uno stereo microscopio binoculare, è stata effettuata l'identificazione dei differenti *taxa* con l'aiuto di apposite chiavi dicotomiche (CHINERY, 2004). Per la nomenclatura si fa riferimento al sito internet www.faunaeur.org. Gli esemplari di difficile identificazione specifica sono stati conservati in provette fornite di adeguata cartellinatura oppure, nel caso dei coleotteri, a secco in cassette entomologiche e sono stati consegnati a specialisti dei diversi gruppi.

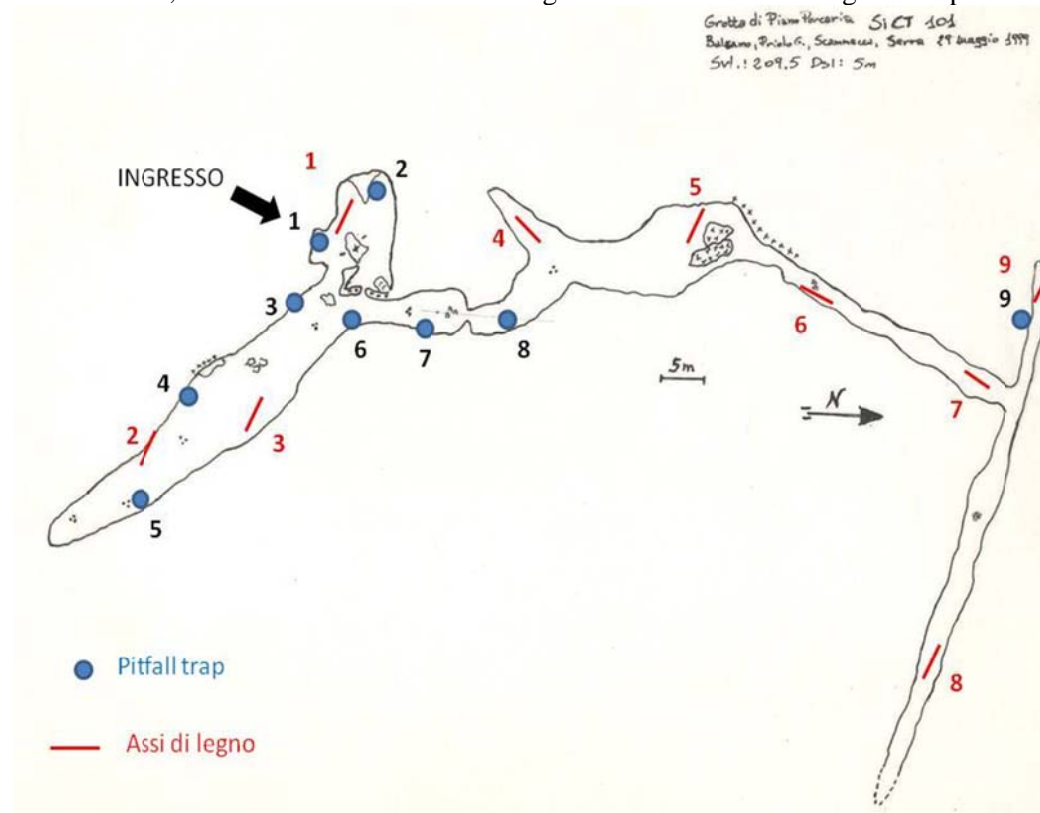


Figura 2. Topografia grotta di Piano Porcaria. In blu le pitfall trap, in rosso le assi di legno.

Figure 2. Planimetry of the Piano Porcaria cave. The pitfall traps are shown in blue, the wooden axes in red.

Risultati

Nei due campionamenti effettuati sono stati riscontrati diversi gruppi tassonomici. Di seguito un elenco del censimento faunistico suddiviso per trappole nelle due diverse giornate:

Raccolta del 14/9/13:

Pitfall trap 1: 5 Acari Oribatida, 13 Collembola Entomobryomorpha, 1 Coleoptera Carabidae *Calathus (Calathus) montivagus*, 1 Coleoptera Staphylinidae *Quedius (Raphirus) reitteri*, 1 Coleoptera da determinare. Pitfall trap 2: vuota poiché danneggiata. Pitfall trap 3: 3 Acari, 33 Collembola Entomobryomorpha, 2 Hemiptera Fulgoromorpha *Cixius* cfr. *wagneri*, 1 Diptera Phoridae. Pitfall trap 4: 9 Collembola Entomobryomorpha, 2 Hemiptera Fulgoromorpha *Cixius* cfr. *wagneri*, 1 Diptera Phoridae, 1 Carabidae *Laemostenus (Pristonychus) algerinus*. Pitfall trap 5: 2 Acari, 2 Collembola Entomobryomorpha, 2 Hemiptera Fulgoromorpha *Cixius* cfr. *wagneri*, 1 larva di Coleoptera Carabidae *Laemostenus (Pristonychus) algerinus*, 1 Diptera Sciaridae. Pitfall trap 6: 1 Collembola Entomobryomorpha, 1 Hemiptera Fulgoromorpha *Cixius* cfr. *wagneri*, 1 Coleoptera Carabidae *Laemostenus (Pristonychus) algerinus*, 1 Diptera Phoridae. Pitfall trap 7: 1 Collembola Entomobryomorpha, 1 Diptera Sciaridae. Pitfall trap 8: 2

02/06/2015

SESSIONE SCIENZA – C3

Acari, 6 Collembola Entomobryomorpha, 1 Hemiptera Fulgoromorpha *Cixius* cfr. *wagneri*, 1 Coleoptera Carabidae *Laemostenus (Pristonychus) algerinus*, 2 Diptera Phoridae.

Per quanto riguarda la raccolta a vista, sono stati prelevati: 1 Collembola Entomobryomorpha sotto l'esca 4 e 3 Collembola Entomobryomorpha sotto l'esca 5; 5 Hemiptera Fulgoromorpha *Cixius* cfr. *wagneri*, in prossimità delle esche numero 6 e 8 e nel tratto di tunnel lavico tra le esche 8 e 9. Un solo Julidae accanto l'esca 5 e 5 Aranea (3 della specie *Meta menardi*, 2 ancora da determinare), in prossimità dell'ingresso.

Raccolta del 28/10/13 :

Pitfall trap 1: 53 Acari, 2 Aranea, 4 Collembola Entomobryomorpha, 6 Coleoptera Carabidae di cui: 1 *Calathus (Calathus) fuscipes signaticornis*, 2 *Calathus (Calathus) montivagus*, 1 *Laemostenus (Pristonychus) algerinus*, 2 *Platyderus (Platyderus) neapolitanus*, 12 Coleoptera Cryptofagidae *Cryptophagus dentatus*, 6 Coleoptera Staphylinidae Aleocharinae, 5 Coleoptera da determinare, 3 Hymenoptera Formicidae. Pitfall trap 2: 3 Collembola Entomobryomorpha, 3 Coleoptera Carabidae *Laemostenus (Pristonychus) algerinus*, 1 Coleoptera Cryptofagidae *Cryptophagus dentatus*. Pitfall trap 3: 1 Acari forma immatura, 73 Collembola Entomobryomorpha, 2 Coleoptera Carabidae di cui 1 *Calathus (Calathus) montivagus* e 1 *Platyderus (Platyderus) neapolitanus*, 3 Coleoptera Cryptofagidae *Cryptophagus dentatus*, 1 Orthoptera Gryllidae *Gryllomorpha dalmatina*, 1 Siphonaptera. Pitfall trap 4: 4 Acari, 2 Collembola Entomobryomorpha e 3 Coleoptera Carabidae *Laemostenus (Pristonychus) algerinus*, 4 Diptera Phoridae. Pitfall trap 5: 2 Collembola Entomobryomorpha, 2 Coleoptera Carabidae di cui 1 *Calathus (Calathus) montivagus* e 1 *Laemostenus (Pristonychus) algerinus*, 3 Diptera Phoridae. Pitfall trap 6: 2 Collembola Entomobryomorpha, 2 Coleoptera Carabidae *Laemostenus (Pristonychus) algerinus*, 1 Coleoptera Cryptofagidae *Cryptophagus* gr. *dentatus*. Pitfall trap 7: 1 Coleoptera Carabidae *Laemostenus (Pristonychus) algerinus*, 3 Collembola Entomobryomorpha, 1 Acari. Pitfall trap 8: 1 Acari, 1 Collembola Entomobryomorpha, 1 Aranea. Pitfall trap 9: 1 Collembola Synphyleona, 1 Coleoptera Carabidae *Duvalius hartigi*, 4 Diptera Sciaridae, 12 Diptera Phoridae, 4 larve di Diptera.

A vista sono stati campionati 2 Acarina Ixodida vicino il guano, 1 Hemiptera Fulgoromorpha *Cixius* cfr. *wagneri*, 6 Coleoptera Curculionidae *Solariola* sp. in prossimità dell'asse di legno num.2, nel tratto di tunnel a sinistra rispetto l'ingresso su radici in prossimità dell'esca 4. Gruppi più o meno consistenti di Collemboli erano costantemente presenti al di sotto e nei dintorni di tutte le assi di legno, dei quali solo alcuni esemplari sono stati campionati al fine di evitare eccessi di catture. Per lo stesso motivo non sono stati catturati, ma documentati tramite supporto fotografico, taxa piuttosto comuni che sono stati comunque inseriti nell'elenco faunistico. Tra le specie monitorate a vista si segnala la presenza di Lepidoptera quali *Apopestes spectrum* e *Inachis io*, trovati vivi sulle pareti o sotto forma di resti sul guano dei chiroterri, è presente inoltre un discreto numero di resti del gasteropode *Oxychilus draparnaudi* e resti di Julidae. La grotta presenta molti esemplari di *Meta menardi* ed altri ragni depigmentati, di non facile identificazione, presenti spesso sulla cortina di radici. Abbondante e costante la presenza di Diptera Tipulidae su pareti.

Per quanto riguarda la presenza di vertebrati, sono state rinvenute mandibole di animali trogllosseni quali *Apodemus sylvaticus* e un'emimandibola e peli di *Hystrix cristata*. Tra i troglifili non potevano mancare i chiroterri tra cui qualche solitario *Rhinolophus ferrumequinum* e una popolazione di circa una cinquantina di *Rhinolophus euryale*. Emozionante l'avvistamento per più volte di un bellissimo esemplare di *Glyx glyx*.

Discussione

Il numero complessivo di taxa di invertebrati rinvenuti in questi due campionamenti può essere così ripartito:

Gasteropoda (1 specie); Aranea (5 specie); Pseudoscorpiones (1 specie); Acari (da determinare); Collembola (Entomobryomorpha e Synphyleona da determinare); Insecta di cui Orthoptera (1 specie), Hemiptera (1 specie), Lepidoptera (2 specie), Coleoptera (almeno 9 specie), Hymenoptera (1 specie), Diptera (2 specie); Diplopoda Julidae (1 specie).

Va notato subito che l'insolita totale assenza di Isopodi, nonostante si tratti di una grotta antica sita all'interno di un bosco, è sicuramente da attribuire alla casistica del campione non sufficientemente rappresentativo, per tale motivo sarebbe opportuno ripetere i campionamenti nel tempo. Molto interessante l'avvistamento di uno Pseudoscorpione depigmentato che è sfuggito al prelievo rifugiandosi in un anfratto. Quanto agli altri ritrovamenti è da rilevare una cospicua presenza di Omoterri ben distribuiti lungo tutta la grotta. Ciò si potrebbe giustificare con la presenza di fitte cortine di radici, che sono tuttavia del tutto assenti nei tratti più profondi della grotta. In particolare il Delphacidae *Cixius* cfr. *wagneri*, la cui

attribuzione specifica certa necessita di analisi più approfondite. Gli esemplari campionati presentano una marcata riduzione degli occhi. I giovani della famiglia Cixiidae conducono vita sotterranea e si nutrono su radici ed ife fungine, gli adulti generalmente vivono sulla vegetazione epigea ma alcune specie sono adattate alla vita cavernicola per tutto il loro ciclo vitale. *Cixius* conta diverse specie sia troglofile che troglobie viventi in cavità anche di origine vulcanica, in varie regioni della Terra (ad es. Isole Canarie, Azzorre, etc.) (HOLZINGER *et al.*, 2002; VANDELL & HOCH, 2009). La grotta presenta una buona quantità di terriccio organico, oltre la presenza di piccoli cumuli di guano, pertanto anche il gruppo degli Acari e Collemboli osservati e campionati conta un buon numero di presenze. Gli esemplari prelevati appartenenti a questi due gruppi sono ancora in fase di determinazione specifica. I Coleotteri sono presenti con le seguenti famiglie: Stafilinidae, di cui *Quedius (Raphirus) reitteri*, specie nota per Gran Bretagna, Europa centrale, Italia, Turchia e Tunisia, tendenzialmente euritopa igrofila e umicola. Molto interessante la cattura a vista di Curculionidi tra i quali 6 *Solariola* sp., molto probabilmente la specie endemica siciliana *S.vitalei* o addirittura una nuova specie, un dato quindi interessante da confermare. *Solariola* è un genere di Coleotteri preadattati a vivere in ambienti cavernicoli, hanno costumi endogei e si raccolgono in genere sotto grandi massi infossati o con il lavaggio del terreno (OSELLA, 2005). Gli esemplari, a conferma di quanto detto, sono stati infatti raccolti in uno dei tratti più sabbiosi della grotta. Sempre tra i Coleotteri *Cryptophagus dentatus*, famiglia Cryptophagidae, è una specie detriticola a distribuzione olartica (ANGELINI, 2005).

Tra i Carabidi si annota il ritrovamento di un esemplare di *Duvalius hartigi*, un *Duvalius* anoftalmo endemico siciliano, la cui presenza in Sicilia è finora ufficialmente nota per soli 11 esemplari raccolti sull'Etna nella grotta dei Ladri (1.585 m) (MAGRINI *et al.*, 2007). L'esemplare presenta le caratteristiche troglobiomorfe tipiche di adattamento alle condizioni cavernicole ed è stato infatti catturato nella trappola posta nel sito accessibile più interno, ad un centinaio di metri dall'ingresso. Tra gli altri Carabidi il più abbondante è *Laemostenus(Pristonychus) algerinus*, una specie a distribuzione mediterraneo occidentale, relativamente frequente dalle aree costiere a quelle collinari. Il suo ritrovamento concorda con l'ecologia della specie, tipicamente silvicola e termofila che mostra, specialmente nelle regioni meridionali ed insulari, una marcata troglifilia. Del genere *Calathus* sono stati campionati 3 esemplari di *Calathus (Calathus) montivagus*, un interessante relitto prequaternario ad affinità mediterraneo occidentale, anche questo endemico di Sicilia e penisola italiana. Sebbene sia considerato un troglosseno è stato trovato in una delle trappole a parecchi metri dall'ingresso. E' stato campionato anche un esemplare di *Calathus (Calathus) fuscipes signaticornis*, una sottospecie distribuita in Spagna, Francia ed Italia, particolarmente diffusa nelle praterie montane e submontane, ma occasionalmente anche in ambienti forestali. Anche questa specie è considerata troglossena rispetto l'ambiente ipogeo (MONZINI & PESARINI, 2010). Per finire, tra i carabidi, sono stati campionati 3 esemplari di *Platyderus (Platyderus) neapolitanus* Reiche, sensu lato, specie diffusa in tutta Italia peninsulare e appenninica e nota da tempo anche per il NE della Sicilia, ma non risulta ancora citata in letteratura, pertanto la presente costituisce una nuova segnalazione di carattere regionale.

Tra i vertebrati si annota la presenza costante di Chiroterri della famiglia *Rhinolophidae* osservati sempre abbastanza attivi. Trattasi delle specie: *Rhinolophus ferrumequinum* e *Rhinolophus euryale*. *Rhinolophus ferrumequinum* è una specie con areale centro asiatico- europeo - mediterraneo con estensione verso est fino al Giappone. E' una specie troglifila ma è possibile trovarla in diversi ambienti. Ne sono stati osservati una decina di individui. *Rhinolophus euryale* contava numeri maggiori, sono state monitorate colonie sparse per un totale di circa 50 individui. Anche in questo caso le abitudini della specie rispecchiano l'ambiente in cui sono stati trovati. Il *R.euryale*, infatti, vive in ambienti caldi e alberati ad altitudini basse in zone prettamente carsiche e prossime all'acqua e nel periodo invernale può spingersi anche ad altitudini maggiori frequentando grotte. Il suo areale è fondamentalmente turanico-europeo-mediterraneo (LANZA, 2012).

Tra i vertebrati citiamo anche l'inaspettato avvistamento di *Glys glys*, ormai ospite fisso della grotta, ritrovato infatti durante tutti campionamenti diurni, ad una decina di metri dall'ingresso, nella saletta orientata ad ovest. Sono stati comunque rinvenuti diversi resti alimentari quali ghiande rosicchiate a testimoniare gli spostamenti del ghio anche a profondità maggiori.

Conclusioni

La scelta di questa grotta si è confermata decisamente appropriata ai fini della ricerca. Le origini piuttosto antiche hanno consentito il raggiungimento di un certa maturità nella struttura delle popolazioni, con presenza equilibrata di predatori, fitofagi, detritivori e decompositori. Si è stimata una buona ricchezza specifica, destinata per di più a crescere poiché alcuni taxa sono ancora in via di determinazione. Nonostante

02/06/2015

SESSIONE SCIENZA – C3

non siano state trovate specie troglobie, sono numerosi i troglotrofici di cui molti esemplari di notevole interesse. Gli omotteri del genere *Cixius* presentano un principio di anoftalmia. I Curculionidi del genere *Solariola* potrebbero rappresentare una possibile nuova specie, o comunque si tratterebbe di un endemismo siculo. Stessa cosa per i Carabidi del genere *Platyderus* determinati come *neapolitanus* sensu lato, ma che secondo alcuni autori potrebbero rappresentare una nuova specie o sottospecie. Degna di particolare attenzione è la cattura del *Duvalius hartigi*, interessante endemismo siciliano facente parte del gruppo di *Duvalius siculus*, è un dato importante in quanto costituisce anche una nuova stazione di ritrovamento nel comprensorio etneo, che si aggiunge al locus classicus. La grotta scelta risulta quindi di rilevante valore faunistico e richiederebbe a nostro parere, ulteriori studi e approfondimenti, anche perché smentisce in modo categorico quanto erroneamente ritenuto per anni, cioè la presunta sterilità faunistica delle grotte laviche, a ulteriore smentita di tale credenza, basti ricordare che antichi tunnel vulcanici siti in Giappone, Stati Uniti e altrove sulla Terra vantano numerosi organismi troglotrofici.

Ringraziamenti

Un doveroso ringraziamento spetta al dott. VITTORIO MONZINI esperto in carabidi che, grazie alla sua cortesia e gentilezza, ha dato il suo contributo identificando le diverse specie. Un particolare ringraziamento ai Professori GIORGIO SABELLA, VERA D'URSO e PIETRO ALICATA, docenti dell'Università di Catania, per l'aiuto nell'identificazione delle specie di Coleotteri, Omotteri e Ragni e per i loro preziosi consigli. Un ovvio ringraziamento spetta al Parco dell'Etna che ha autorizzato la ricerca. Infine un ringraziamento al nostro gruppo speleologico Gruppo Grotte Catania del CAI Sezione dell'Etna ed al suo direttore dott. GIUSEPPE PRIOLO che ha accolto il progetto con entusiasmo ed ha contribuito con il finanziamento dei materiali della ricerca.

Bibliografia

- ANGELINI F., 2005. *Insecta Coleoptera Cryptophagidae*. In: RUFFO S., STOCH F., *Checklist e Distribuzione della Fauna Italiana*. Memoria del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, serie 2, Sezione di scienze della vita, **16**, 216.
- BALSAMO A., BRUNELLI F., PRIOLO A., PRIOLO G., SCAMMACCA B., 2013. *Grotte vulcaniche di Sicilia, notizie catastali: quinto contributo (da Si CT 101 a Si CT 125)*. Atti Gruppo Grotte Catania, ottant'anni sopra e sotto il Vulcano. In fase di pubblicazione.
- CHINERY M., 2004. *Guida degli insetti d'Europa*. Franco Muzzio Editore, Roma.
- HOLZINGER W.E., EMELJANOV A.F., KAMMERLANDER I., 2002. *The family Cixiidae Spinola, 1839 (Hemiptera: Fulgoromorpha), a review*. In: HOLZINGER W.E. (ed.), *Zikaden: Leafhoppers, Planthoppers and Cicadas (Insecta: Hemiptera: Auchenorrhyncha)*. Vol. 4 of Denisia, 113-118.
- LANZA B., 2012. *Fauna d'Italia. Mammalia V. Chiroptera*. Calderini Edizioni, Milano.
- MAGRINI P., BAVIERA C., PETRIOLI A., 2007. *Un nuovo Duvalius della Sicilia (Coleoptera, Carabidae)*. *Fragmenta entomologica*, **39** (2), 187-198.
- MONZINI V., PESARINI C., 2010. *Insetti della Fauna Italiana. Coleotteri Carabidi I*. Società Italiana di Scienze Naturali. Milano, 65-67.
- MONZINI V., PESARINI C., 2010. *Insetti della Fauna Italiana. Coleotteri Carabidi II*. Società Italiana di Scienze Naturali. Milano, 11-14.
- OSELLA G., SILVANO B., DI MARCO C., MANGANO L., ZUPPA A.M., 2005. *Insecta Coleoptera Curculionidae*. In: RUFFO S., STOCH F., *Checklist e Distribuzione della Fauna Italiana*. Memoria del Museo Civico di Storia Naturale di Verona serie 2, Sezione di scienze della vita, **16**, 232-234.
- POLI E., MAUGERI G., RONSISVALLE G., 1981. *Note illustrative della carta della vegetazione dell'Etna*. Roma.
- TRINGALI G., 2012. *Oronimi Etnei - Il nome dei crateri dell'Etna*. Accademia Gioenia, 542.
- VANDELL M., HOCH H., 2009. *Cixius (Ceratocixius) pallipes Fieber, 1876 (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Fulgoromorpha: Cixiidae): first record for Spain*. *Bolletín de la Societat d'Historia Natural de les Balears*, **55**, 123-128.

CHIROTTERI TROGLOFILI DELLE GROTTI DEL PARCO NAZIONALE DELL'APPENNINO LUCANO VAL D'AGRI LAGONEGRESE

REMO BARTOLOMEI^{1,2}, ANTONIO LUCA CONTE³

¹Gruppo Speleologico Castel di Lepre, Viale Regina Margherita, Marsico Nuovo (PZ);
remobartolomei@yahoo.it

²WWF Val d'Agri, Via Provinciale n. 163, Villa d'Agri; remobartolomei@yahoo.it

³Centro Studi Naturalistici "Nyctalus", Largo Marconi snc, San Martino d'Agri (PZ);
conte.antonio79@gmail.com

Riassunto

In questo lavoro si riportano i risultati di un censimento dei pipistrelli nel Parco Nazionale dell'Appennino Lucano Val d'Agri Lagonegrese (Sud Italia), realizzato tra aprile 2013 ed ottobre 2014. Si è svolta una indagine sistematica nelle grotte dove le informazioni sulla presenza dei pipistrelli erano note, andando inoltre alla ricerca di nuove grotte abitate da pipistrelli. Dalle indagini, cinque specie di pipistrelli e quattro colonie riproduttive sono state identificate e monitorate in otto differenti grotte. Le 5 specie individuate sono incluse negli allegati II e IV della direttiva Habitat (92/43 / CEE) e, con riferimento alle categorie di rischio secondo la Lista Rossa IUCN dei Vertebrati Italiani, quattro di esse (*Rhinolophus euryale*, *Rhinolophus ferrumequinum*, *Miniopterus schreibersii* e *Myotis capaccinii*) sono considerate come "Vulnerabili" (VU), mentre una (*Rhinolophus hipposideros*) è stata indicata come "Minacciata" (EN).

Le grotte studiate possono essere classificate, secondo la direttiva habitat (92/43/CEE), come habitat 8310 "Grotte non ancora sfruttate a livello turistico". La tutela di questi habitat, in particolare delle grotte identificate come siti di riproduzione, è uno strumento essenziale per garantire la conservazione dei pipistrelli presenti nel Parco. La ricerca è stata realizzata con il contributo del "Parco Nazionale dell'Appennino Lucano Val d'Agri e Lagonegrese" ed è stata effettuata dal Centro Studi Naturalistici Nyctalus di San Martino d'Agri, dal WWF Val d'Agri di Marsicovetere, e dal Gruppo Speleologico Castel di Lepre di Marsico Nuovo.

Parole chiave: Chiroteri, Grotte, Parco Nazionale Appennino Lucano Val d'Agri Lagonegrese, Basilicata.

Abstract

TROGLOPHILE BATS IN THE CAVES OF THE NATIONAL PARK "APPENNINO LUCANO VAL D'AGRI LAGONEGRESE" - In this work we report the results of a bat survey in the Appennino Lucano Val d'Agri Lagonegrese National Park (Southern Italy) which was carried out from April 2013 to October 2014. We performed a systematic survey in caves where information on the bats occurrence were available. Furthermore we searched for new caves inhabited by bats. Five species of bats and four reproductive colonies were identified and monitored in eight different caves. Those five species are included in the Annexes II and IV of the Habitats Directive (92/43/EEC), and four of them (*Rhinolophus euryale*, *Rhinolophus ferrumequinum*, *Miniopterus schreibersii* e *Myotis capaccinii*) are considered as "Vulnerable" (VU), whilst one (*Rhinolophus hipposideros*) is listed as "Endangered" (EN), according to the IUCN Red List assessment at national level.

The caves we studied can be classified according to the Habitats Directive (92/43 / EEC) as habitat 8310 "Caves not open to the public". The protection of these habitats, in particular caves identified as breeding sites, are essential locations for ensuring the conservation of bats present in the Park. The research was supported by a grant from "Parco Nazionale dell'Appennino Lucano, Val d'Agri e Lagonegrese" and was carried out by the Centro Studi Naturalistici Nyctalus of San Martino d'Agri, WWF Val d'Agri of Marsicovetere, Gruppo Speleologico Castel di Lepre of Marsico Nuovo.

Key words: chiropters, caves, Appennino Lucano Val d'Agri Lagonegrese National Park, Basilicata.

Introduzione

I Chiroterteri sono Mammiferi capaci di volo attivo e gran parte di essi sono predatori altamente specializzati. Essi hanno un ruolo importante nella storia naturale dei vertebrati terrestri perché sono distribuiti in tutto il mondo, hanno un elevato numero di specie (oltre 1200) e la più elevata diversità ecologica tra i Mammiferi.

I pipistrelli sono utilizzati come indicatori di qualità ambientale o di biodiversità negli ecosistemi temperati e tropicali (CATTO et al., 2003) e sono importanti nel mantenimento degli equilibri ecologici. Le popolazioni di Chiroterteri a livello mondiale sono in fase di declino e quasi il 25% delle specie rischia l'estinzione globale.

In Italia sono presenti 34 specie di Chiroterteri e 19 di esse sono incluse nelle Red List (IUCN) delle specie minacciate; 10 di queste hanno popolazioni in declino. Le conoscenze sulla chiroterrofauna in Italia meridionale risultano frammentarie, in particolare per quanto concerne alcune informazioni di base quali la distribuzione delle specie sui territori, il loro status e la localizzazione delle colonie riproduttive e di svernamento. L'acquisizione di tali informazioni è importante ai fini della pianificazione delle strategie di conservazione e per consentire l'attuazione, soprattutto nelle aree protette, di una corretta gestione della chiroterrofauna.

L'obiettivo della ricerca è stato il censimento delle specie di chiroterteri troglodili presenti nelle grotte e cavità del Parco Nazionale dell'Appennino Lucano Val d'Agri Lagonegrese, per fornire strumenti utili alla individuazione degli interventi di tutela da mettere in atto ai fini della conservazione di questi innocui animali.

Inquadramento geografico e geologico.

Il Parco Nazionale dell'Appennino Lucano, Val d'Agri e Lagonegrese (PNAL), istituito con DPR dell'8 dicembre 2007, è il Parco Nazionale più giovane d'Italia. Occupa una superficie di 68.996 ha, ripartita tra 29 comuni, tutti ricadenti nella provincia di Potenza. La sua posizione geografica ne fa un perfetto corridoio ecologico tra le due grandi riserve naturali del Parco Nazionale del Pollino e del Parco Nazionale del Cilento Vallo di Diano e Alburni.

Il territorio del Parco presenta una geologia ed una geomorfologia variegata con conche tettono-carsiche, laghi temporanei, doline, grotte, sorgenti, zone fossilifere ed evidenti strutture geologiche che testimoniano i momenti salienti dell'evoluzione dell'Appennino Lucano.

Diversi sono gli affioramenti di calcari, appartenenti alla Piattaforma Appenninica, che si presentano interessati da processi di carsificazione messi in evidenza da forme epigee e ipogee. Tra le morfologie epigee si possono osservare numerose microforme come karren, vaschette di corrosione, fori carsici, solchi e docce, ecc. Vi sono poi le mesoforme, presenti su gran parte dei massicci calcarei, che sono principalmente rappresentate da doline e uvale, mentre più rare sono le macroforme come polje, valli carsiche, ecc.

Forme carsiche ipogee si possono osservare in diverse zone del Parco come ad esempio nei pressi di Pergola di Marsico Nuovo (Grotta di Castel di Lepre) e nel territorio di San Chirico Raparo (Grotta dell'Angelo). In altre aree sono state osservate piccole aperture che rivelano la presenza di grotte carsiche di limitata estensione e con scarsa presenza di concrezioni al proprio interno.

Nelle grotte carsiche ispezionate sono state osservate numerose forme di concrezioni tra cui stalattiti, stalagmiti, colonne, cortine e colate.

Metodi

L'approccio metodologico adottato ha considerato le linee guida per il monitoraggio dei chiroterteri redatte per l'Italia da AGNELLI et al. (2004) e per l'Europa da JONES & MCLEISH (2004), dal Bat Conservation Trust 2007 e da EUROBATS 2010.

La grande varietà di comportamenti presentata da questo ordine di Mammiferi ha imposto l'adozione di metodologie di indagine diversificate e articolate così da poter rilevare tutte le specie presumibilmente presenti nei complessi ipogei oggetto della presente ricerca. Si è quindi proceduto a visitare, durante il giorno, tutte le grotte e cavità ipogee, mentre durante la notte sono state effettuate riprese foto (con fotocamera DSLR Reflex-Fx) e video con videocamera IR (modello Sony HDR-SR12 Nightshot), che hanno permesso di determinare le diverse specie, anche utilizzando immagini del volo riprese all'uscita dei rifugi.

Il censimento nello specifico ha seguito le seguenti metodologie:

- 1) Analisi preliminare della letteratura disponibile, verifica delle principali collezioni museali e consultazione di banche dati;

2) Ricerca e ispezione delle grotte e cavità presenti nel territorio del Parco Nazionale dell’Appennino Lucano. Le grotte e cavità a sviluppo orizzontale e verticale sono state ispezionate utilizzando luci fredde (LED), per minimizzare l’impatto termico nel sito. Sono stati effettuati sopralluoghi all’interno di potenziali *roost* durante il periodo estivo, dopo la fase perinatale (15 luglio – 30 settembre), ed a dicembre-gennaio nei potenziali siti di ibernazione.

Si è effettuata inoltre una valutazione quantitativa dei chiroterri rilevati nei rifugi, mediante conteggio diretto da fotografie scattate all’interno del *roost* all’emergenza serale, per mezzo di videocamera IR. Anche le immagini scattate in volo all’uscita dei rifugi hanno fornito informazioni importanti per la determinazione di alcune specie in particolar modo utilizzando il tipo di volo e il profilo delle ali.

Per questo lavoro di ricerca non è stato catturato né manipolato nessun animale.

Risultati

Nel corso della ricerca sono state esplorate 12 grotte e cavità ricadenti nel Parco dell’Appennino Lucano, di queste 8 sono risultate essere utilizzate da 5 specie di chiroterri, tre appartenenti alla famiglia *Rhinolophidae*, una appartenente alla famiglia *Miniopteridae* ed una alla famiglia dei *Vespertilionidae*, in particolare le specie individuate sono: *Rhinolophus euryale* (Fig.1), *Rhinolophus ferrumequinum*, *Rhinolophus hipposideros*, *Miniopterus schreibersii* e *Myotis capaccinii*.

Le 5 specie individuate sono incluse negli allegati II e IV della Direttiva Habitat (92/43/CEE) e, facendo riferimento alle categorie di rischio IUCN secondo la Red List dei Vertebrati Italiani (RONDININI et al, 2013), 4 specie sono considerate come “Vulnerabili” (VU) ed una, *Rhinolophus hipposideros*, è considerata come “Minacciata” (EN). Le cavità ipogee indagate possono essere classificate secondo la direttiva habitat (92/43/CEE) come habitat 8310 “Grotte non ancora sfruttate a livello turistico”.

Nella tabella 1 sono riportate le grotte censite, le specie rinvenute in tali grotte, il ruolo biologico e l’abbondanza.

Grotta	ID Catasto Regionale	Comune	Specie Presenti	Ruolo biologico	Abbondanza
Grotta di Sant’Angelo al Raparo	B 21	San Chirico Raparo	<i>Rhinolophus euryale</i>	Riproduzione, svernamento	2000
			<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Riproduzione, svernamento	200
			<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Rifugio utilizzato per il riposo (diurno e/o notturno) o altra funzione non accertata	n. v.
			<i>Miniopterus schreibersii</i>	Rifugio utilizzato per il riposo (diurno e/o notturno) o altra funzione non accertata	n. v.
Grotta S. Angelo al Raparo 2*	Non Presente	San Chirico Raparo	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Rifugio utilizzato per il riposo (diurno e/o notturno) o altra funzione non accertata	<10
Grotta Castel di Lepre	B 038	Marsico Nuovo	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Riproduzione, svernamento	<100
Inghiottoio Castel di Lepre	B 039	Marsico Nuovo	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Riproduzione, svernamento	<10
Murgia S. Angelo	Non Presente	Moliterno	<i>Rhinolophus euryale</i>	Riproduzione Rifugio utilizzato per il	800

			<i>Miniopterus schreibersii</i>	riposo (diurno e/o notturno) o altra funzione non accertata	n. v.
			<i>Myotis capaccinii</i> ***	Rifugio utilizzato per il riposo (diurno e/o notturno) o altra funzione non accertata	1
Grotta Scasciata	Non Presente	Castelsaraceno	-	-	-
Grotta Raparello*	Non Presente	San Martino D'Agri	-	-	-
Grotta dell'Aquila	B 37	Tramutola	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Riproduzione, svernamento	<200
Grotta Nido** dell'Aquila	Non Presente	Tramutola	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Riproduzione, svernamento	<10
Grotta della Transumanza*	Non Presente	San Chirico Raparo	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Rifugio utilizzato per il riposo (diurno e/o notturno) o altra funzione non accertata	<5
Grotta dei Preti	Non Presente	Castelsaraceno	-	-	-
Grotta Antro Vallone	B 139	Tramutola	-	-	-

* Nomenclatura non ufficiale, toponimo utilizzato dai soci dell'associazione Sentieri di Roccia

** Nomenclatura non ufficiale, toponimo utilizzato dai soci del Gruppo Speleologico Castel di Lepre

***Dato Bibliografico - FULCO & DI SALVO (2012)

Tabella 1. Grotte, specie presenti, ruolo biologico ed abbondanza.

Table 1. Caves, species, biological role and abundance.

Delle 12 grotte ispezionate, 5 sono presenti nel catasto regionale delle grotte, 5 non sono presenti a catasto ma comunque conosciute dal locale gruppo speleo “Castel di Lepre” e dall’Associazione “Sentieri di Rocce”, e altre due sono nuove grotte sconosciute in ambito speleo e naturalistico.

Delle 8 grotte in cui si è rilevata la presenza dei chiroterri, 6 sono utilizzate come sito di riproduzione e svernamento mentre altre 2 sono siti utilizzati per il riposo o altra funzione ancora non accertata. In 4 grotte non è stato rinvenuto nessun pipistrello né la presenza di guano.

Discussione e Conclusioni

La presente ricerca ha permesso di compilare un elenco dei chiroterri troglodili presenti nelle grotte e cavità del Parco Nazionale Appennino Lucano Val d’Agri Lagonegrese e di effettuare una prima stima dell’abbondanza dei chiroterri presenti, nonché del loro ruolo biologico (Tabella 1).

La conoscenza delle differenti specie di Chiroterri presenti in un’area è utile ai fini della pianificazione di strategie di conservazione efficaci e durature che, vista la variabilità biologica e comportamentale di questo gruppo di Mammiferi, devono essere orientate sulla base di informazioni acquisite sul territorio. Con questo lavoro si è pertanto in grado di fornire una serie di suggerimenti utili per interventi di tutela su grotte e cavità ipogee ai fini della conservazione di questi innocui ed utili animali.

Le informazioni acquisite con questa ricerca sono di carattere preliminare, solo indagini pluriannuali possono infatti delineare i trend di utilizzo e frequentazione dei rifugi, le variazioni della ricchezza in specie di chiroterri, ed acquisire informazioni sull’eventuale disturbo dei rifugi con il conseguente abbandono degli stessi da parte

dei chiroterri presenti.

L'aver individuato diverse grotte utilizzate come siti riproduttivi da diverse specie di chiroterri, rare ed a rischio estinzione, impone una particolare attenzione nei riguardi di tali siti, e la loro protezione diventa fondamentale per la conservazione delle popolazioni di chiroterri presenti.

Il lavoro di ricerca ha permesso di individuare 4 siti che sono utilizzati da cospicue colonie di chiroterri; tra questi, degni di nota sono la grotta di Sant'Angelo al Raparo (San Chirico Raparo), la Grotta Murgia Sant'Angelo (Moliterno), Castel di Lepre (Marsico Nuovo), e la Grotta dell'Aquila (Tramutola).

I primi due siti sono fondamentali per la tutela di specie di interesse conservazionistico ed in particolare la grotta di Sant'Angelo al Raparo costituisce un sito prioritario per la conservazione dei chiroterri a livello nazionale, dato l'elevato numero di individui presenti nel sito (oltre 2200 individui appartenenti a 4 differenti specie; Fig. 2).



Figura 1. Individuo di *Rhinolophus euryale*.

Figure 1. *Rhinolophus euryale*.

Purtroppo la grotta risulta facilmente accessibile ed è utilizzata per visite a scopo didattico, turistico e speleologico. L'utilizzo della grotta crea una situazione di stress che potrebbe determinare nel tempo un graduale abbandono del sito da parte dei chiroterri; sulla base di tali considerazioni si suggerisce l'applicazione di particolari misure di conservazione, quali ad esempio il divieto di qualsiasi forma di fruizione della cavità per fini turistici o una eventuale rigida regolamentazione delle visite in grotta.

Diversa la situazione per la grotta di Castel di Lepre (Marsico Nuovo) e la Grotta dell'Aquila (Tramutola), che sono frequentate soprattutto da speleologi che, grazie ad anni di sensibilizzazione e conoscenza del mondo sotterraneo, evitano la frequentazione delle grotte con presenza di chiroterri nei mesi di ibernazione.

Risulta fondamentale per le 4 grotte indicate, l'installazione di un cancello da apporre all'ingresso della cavità, con grate o cancellate costituite da barre disposte orizzontalmente e alla distanza le une dalle altre di 200-250 mm.

Ringraziamenti

Si ringraziano i soci del Gruppo Speleologico Castel di Lepre di Marsico Nuovo ed in particolare Merilisa Guerriero, Raffaele Corio e Mario Di Grazia per il supporto durante i sopralluoghi in grotta. Si ringrazia l'Associazione "Sentieri di Rocca per aver messo a disposizione i dati sui chiroteri e sulle grotte acquisiti durante uno studio di ricognizione sulle Grotte del Parco. Si ringrazia l'ATP Natura (CSN Nyctalus, Conte A.L., De Pasquale P.) per aver messo a disposizione i dati sui chiroteri acquisiti durante il censimento della chiroterofauna del Parco.



Figura 2. Colonia di *Rhinolophus euryale* presso la grotta di Sant'Angelo al Raparo (San Chirico Raparo PZ).

Figure 2. Colony of *Rhinolophus Euryale* in the cave of Sant'Angelo al Raparo.

Bibliografia

- AGNELLI P., MARTINOLI A., PATRIARCA E., RUSSO D., SCARAVELLI D., GENOVESI P., 2004. *Linee guida per il monitoraggio dei chiroteri: indicazioni metodologiche per lo studio e la conservazione dei pipistrelli in Italia*. Quaderni di conservazione della natura. Ministero dell' Ambiente e Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica "A. Ghigi", 216 pp.
- BAT CONSERVATION TRUST, 2007. *Bat surveys - Good Practice Guidelines*. Bat Conservation Trust, London.
- BATTERSBY, J. (ed.) (2010). *Guidelines for Surveillance and Monitoring of European Bats*. EUROBATS Publication Series No. 5. UNEP/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany, 95 pp.
- CATTO, C. COYTE, A., AGATE, J. AND LANGTON, S., 2003. *Bats as Indicators of Environmental Quality*. R & D Technical Report E1-129/TR. The Environment Agency, Bristol.
- FULCO A. & DI SALVO I., 2012. *Prima segnalazione per la Basilicata di Ferro di Cavallo Mediterraneo, Rhinolophus euryale (Blasius, 1853) (Chiroptera rhinolophidae)*. Il Naturalista Siciliano, **36** (3), 547-550.
- MITCHELL-JONES, A.J., & MCLEISH, A.P. ED., (2004). *3rd Edition Bat Workers' Manual*. 178 pages b/w photos, softback, ISBN 1861075588
- RONDININI C., BATTISTONI A., PERONACE V., TEOFILI C., (compilatori) 2013. *Lista Rossa IUCN dei Vertebrati Italiani*. Comitato Italiano IUCN e Ministero dell' Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma.

CONTRIBUTION OF THE PRUSIK SPELEOLOGICAL ASSOCIATION TIMIȘOARA TO THE BATS PROTECTION AND CONSERVATION IN THE CAVE PEȘTERA MARE (ȘĂLITRARI, CERNEI MOUNTAIN, ROMANIA)

ADRIAN ALBUICĂ¹, RADU PUȘCAȘ², GEZA GABOR³, ALICE GHÎTESCU⁴, CHACHULA OANA MIRELA⁵

¹ *Asociatia Speologica Prusik; Timisoara; albuicaadrian@yahoo.com*

² *Asociatia Speologica Prusik; Timisoara; radupuscas_tm@yahoo.com*

³ *Asociatia Speologica Prusik; Timisoara; geza_gabor@yahoo.com*

⁴ *--, Timisoara; alice_batt@yahoo.com*

⁵ *Clubul Sporturilor Montane; Hunedoara; oana_chachula@yahoo.com*

Abstract

The Cave Peștera Mare from Șălitrari is located in the middle reach of the Cernei River catchment (Southern Carpathians - Godeanu Mountains Group). It is included in the Domogled National Park – Cernei Valley. The total surface of the park is 63,580 hectares, being the third largest national park in Romania.

The cave was explored starting from 1960 by the researchers from the Speleological Institute Emil Racoviță, and then in 1978 by the Caving Club Focul Viu Bucharest. Other caving clubs were also active in exploring and mapping the cave, including the Speleological Club Speotimiș – Timișoara and Prusik Speleological Association, with the latter that finished to map the cave in 2008.

The cave Peștera Mare has two entrances that join together after 15 m, and a big portal entrance about 10 m high and 6 m wide. It presents three galleries: Access Gallery, Speotimiș Gallery and Final Gallery. The Access Gallery is the largest, both for length and height (about 30 m). It presents remains of old activities of salpeter exploitation (Austro-Hungarian Empire), that is a nitrate compound from nitric acid of bat guano, used as agriculture fertilizer and to obtain gunpowder. The others two galleries begin from the end of this gallery, respectively, the Speotimiș Gallery on the left side, while the Final Gallery goes on after the Access Gallery. The Speotimiș Gallery presents numerous hibernating fossil bear' shelters and a few well preserved skulls. The Final Gallery, more difficult to access, is highly rich in speleothems.

Beside the mineralogical and palaeontological importance, and its haesthetic value, the cave has huge biological relevance. We collected data on the dynamic of bats and specific composition of bat fauna during the last ten years. The cave has two distinctive bat hibernating colonies: one is located in the Access Gallery, formed by *Pipistrellus pipistrellus* and *Miniopterus schreibersii* species (14 000 individuals), while the second one is hosted in the Final Gallery, formed by only one bat species - *Rhinolophus ferrumequinum* (2100 individuals), being the largest bat colony of this species in Romania. During the summer, a nursery colony of *Miniopterus schreibersii* species is also present in the Access Gallery. It is an important site for swarming activities for *Myotis capaccinii*, *Myotis dasycneme*, *Myotis daubentonii* and *Rhinolophus hipposideros* bat species. This shelter was recently recorded in the scientific literature by OANA CHACHULA, RADU PUȘCAȘ and ANDREEA FARCAȘ (2009) being one of the most important bats shelter in south-western Romania and East Europe.

The cave's protection started in 1997, when Prusik Speleological Association installed a gate at the entrance of Speotimiș Gallery. After three years, another gate was installed in the Final Gallery, blocking with cement another small entrance in this gallery, keeping open just the appropriate space for bats' activities. In very short time, this gate was vandalised, so RADU PUȘCAȘ, the former president of association at that time, installed a second gate, still working nowadays.

Many activities and organised marked tracks for cavers' access have been done in both the galleries, to preserve the underground landscape and the palaeontological sites. In 2013, we replaced the flags from Speotimiș Gallery with two darkness plastic (red and white), having now a unique and well signed track. The gates are verified frequently and the speleo-visits are strictly limited during hibernation and nursery time for bats.

Keywords: bats, colony, conservation, hibernation, Șălitrari

Riassunto

CONTRIBUTO DELL'ASSOCIAZIONE SPELEOLOGICA PRUSIK TIMOSOARA ALLA SALVAGUARDIA DEI CHIROTTERI NELLA GROTTA DI PESTERA MARE (ȘĂLITRARI, MASSICCIO DEL CERNEI, ROMANIA) - La Grotta Peștera Mare di Șălitrari è ubicata nella porzione media del bacino del Fiume Cernei (Carpazi Meridionali – Gruppo Montuoso del Godeanu). Essa è sita all'interno del Parco Nazionale Domogled – Cernei Valley. L'area totale del parco è di 63,580 ettari, il terzo più vasto parco nazionale in Romania.

La grotta è stata esplorata a partire dal 1960 da ricercatori dell'Istituto Speleologico Emil Racoviță, e poi nel 1978 dal gruppo speleologico Focul Viu Bucharest. Anche altri gruppi sono stati attivi nell'esplorazione e cartografia della grotta: tra questi, lo Speleological Club Speotimiș – Timișoara e l'Associazione Speleologica Prusik, la quale ha terminato di cartografare la grotta nel 2008.

La grotta Peștera Mare ha due ingressi, che si congiungono dopo 15 m, e un ampio portale di accesso, alto circa 10 m e largo 6 m. Essa presenta tre gallerie: la Galleria di Accesso, la Galleria Speotimiș e la Galleria Finale. La Galleria di Accesso è la più ampia, sia in relazione a lunghezza che ad altezza (circa 30 m). Presenta resti di passate attività di estrazione del salnitro (Impero Austro-Ungarico), utilizzato come fertilizzante in agricoltura e per ottenere polvere da sparo. Le altre due gallerie iniziano dal termine della prima, con la Galleria Speotimiș in sinistra, mentre la Galleria Finale è la prosecuzione di quella di Accesso. La Galleria Speotimiș presenta numerosi ripari di ibernazione di orsi ed alcuni crani ben conservati. La Galleria Finale, di più difficile accesso, è riccamente concrezionata.

In aggiunta all'importanza mineralogica e paleontologica, e al suo valore estetico, la grotta ha anche enorme rilevanza biologica. Sono stati raccolti al suo interno dati sulla dinamica dei chiroterri e sulla specifica composizione della fauna nel corso degli ultimi dieci anni. La grotta ha due distinte colonie di chiroterri: una si trova nella Galleria di Accesso, ed è formata dalle specie *Pipistrellus pipistrellus* e *Miniopterus schreibersii* (14 000 individui), mentre la seconda è nella Galleria Finale, formata da una sola specie di chiroterri - *Rhinolophus ferrumequinum* (2100 individui), e costituisce la più grossa colonia di tale specie in Romania. Nel periodo estivo, una nursery di *Miniopterus schreibersii* è anche presente nella Galleria di Accesso. La grotta è anche un importante sito di attività per le specie *Myotis capaccinii*, *Myotis dasycneme*, *Myotis daubentonii* e *Rhinolophus hipposideros*. Questo sito è stato di recente segnalato nella letteratura scientifica da OANA CHACHULA, RADU PUȘCAȘ e ANDREEA FARCAȘ (2009) come uno dei più importanti ripari per chiroterri in Romania sud-occidentale e nell'Europa dell'Est.

La protezione della grotta è iniziata nel 1997, allorquando l'Associazione Speleologica Prusik installò un cancello all'ingresso della Galleria Speotimiș. Dopo tre anni, un altro cancello fu posizionato nella Galleria Finale, chiudendo inoltre un'altra piccola entrata alla galleria ma lasciando spazio sufficiente per le attività dei chiroterri. In poco tempo, questo cancello venne distrutto, per cui RADU PUȘCAȘ, presidente della associazione a quel tempo, installò un secondo cancello tuttora funzionante.

Molte attività e percorsi tracciati per l'accesso di speleologi sono stati realizzati nelle gallerie, al fine di preservare il paesaggio sotterraneo ed i siti di interesse paleontologico. Nel 2013, sono state sostituite le bandierine nella Galleria Speotimiș con indicatori rossi e bianchi in plastica, per avere un unico e ben segnalato percorso. I cancelli sono controllati di frequente e le visite di speleologi fortemente limitate nei periodi di letargo e nursery dei chiroterri.

Parole chiave: chiroterri, colonia, conservazione, ibernazione, Șălitrari

IL FIATO DI EOLO: MISURE DELLA CIRCOLAZIONE DELL'ARIA NEL MONTE CORCHIA

GIOVANNI BADINO¹, ROBERTO CHIGNOLA², LUCA PALAZZOLO³

¹Dipartimento di Fisica, Via Giuria 1, 10125 Torino; giovanni.badino@unito.it

²Dipartimento di Biotecnologie, Ca' Vigna 1, 37134 Verona; roberto.chignola@univr.it

³Dipartimento Fisica, Via Celoria 16, 20133 Milano; luca.pala89@gmail.com

Riassunto

In differenti ingressi del complesso sotterraneo del Monte Corchia (Toscana, Italia) sono state realizzate alcune campagne di misura della velocità del flusso d'aria con due anemometri sonici. La tecnologia utilizzata ha permesso l'acquisizione di dati ad alta frequenza su più giorni, anche in coincidenza fra più ingressi, e ha consentito di approfondire la fenomenologia dei flussi e delle oscillazioni delle masse d'aria in moto nella montagna.

Parole chiave: Monte Corchia, circolazione convettiva, infrasuoni, armoniche principali di una grotta, anemometri sonici in grotta

Abstract

THE WIND OF EOLO: MEASURES OF AIR CIRCULATION IN MONTE CORCHIA - We have carried out measurement campaigns of the airflow speed in several entrances to the underground complex of Monte Corchia (Tuscany, Italy) with two sonic anemometers. The technology used has allowed the acquisition of high-frequency data over several days, even in coincidence between different entrances, allowing to investigate the phenomenology of flows and oscillations of air particles moving through the mountain.

Key words: Mt Corchia, convective circulation, infrasounds, cave fundamental harmonics, sonic anemometers in caves

Introduzione

Le circolazioni d'aria nelle montagne sono dovute principalmente a due cause: la prima è il movimento convettivo dell'aria interna, più o meno densa di quella esterna a seconda delle stagioni (circolazione convettiva), la seconda è il fatto che la massa d'aria intrappolata varia di volume a causa delle variazioni della pressione atmosferica esterna e quindi dagli ingressi escono o entrano le parti eccedenti (circolazione barometrica). Accanto a questi processi principali ce ne sono numerosi altri che li influenzano.

Citiamo ad esempio l'innescò di oscillazioni dell'intera massa d'aria (infrasuoni), le variazioni del gradiente termico esterno (inversioni e simili), le variazioni del contenuto di vapor d'acqua nell'aria esterna.

Il complesso sotterraneo del Monte Corchia (Toscana) è particolarmente adatto a questo tipo di ricerche, sia per la relativa accessibilità degli ingressi, sia per la potenza del suo rilievo e sia infine perché da anni la sua micrometeorologia è monitorata dalla Federazione Speleologica Toscana (FST).

Misure

Dopo diverse campagne di misure su singoli ingressi, finalizzate prevalentemente alla rivelazioni di componenti infrasoniche nella circolazione dell'aria e alla messa a punto di strumenti e tecniche, è stata realizzata una campagna di misura continua di una settimana del flusso dell'aria con anemometri sonici (frequenza di misura 0.2 Hz), in coincidenza fra l'ingresso Eolo e l'ingresso Serpente, con la misura simultanea anche delle variazioni della pressione atmosferica e della temperatura. Grazie alla gentilezza dei colleghi della FST abbiamo potuto anche avere i dati interni e soprattutto quelli delle due stazioni esterne, essenziali per analizzare come la fenomenologia dell'interno fosse influenzata dagli eventi meteorologici esterni.

Alla fine delle misure abbiamo realizzato un esperimento di innesco di oscillazione delle masse d'aria interna ("abbiamo suonato il monte Corchia") con la tecnica del colpo d'ariete.

La figura 1 mostra la serie temporale delle misure ai due ingressi.

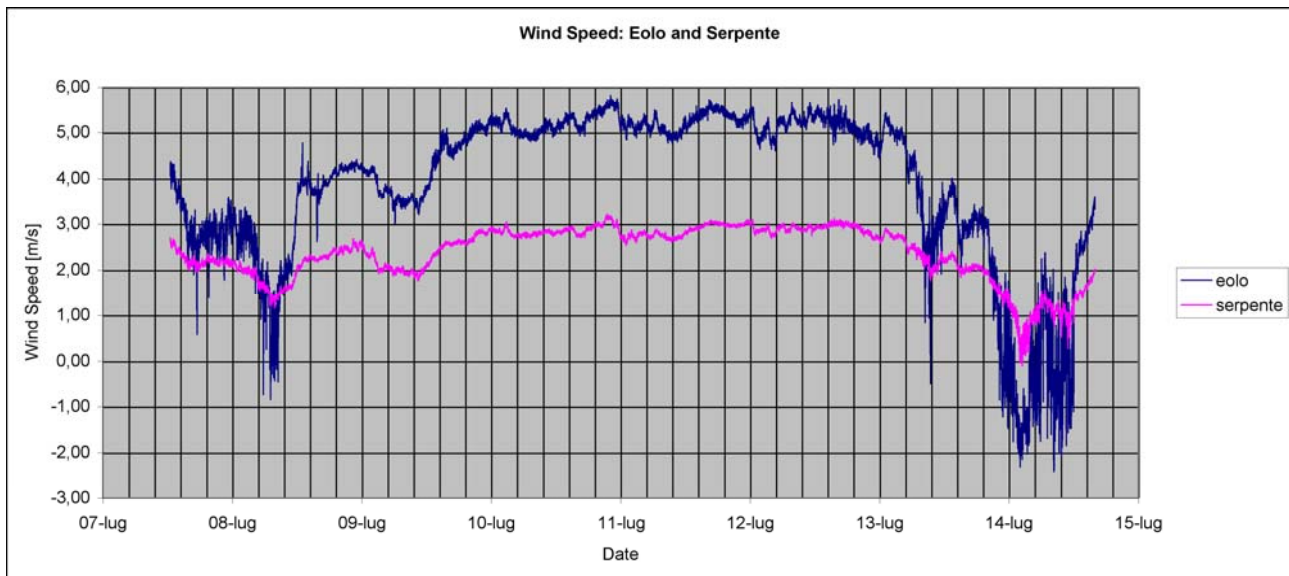


Figura 1. Velocità dell'aria ai due ingressi.

Figure 1. Wind speed through the two entrances.

La figura 2 illustra invece l'andamento temporale delle pressioni motrici, sia per i movimenti convettivi che sono legati alle differenze di temperatura interno-esterno, che per quelli barometrici, dovuti alle fluttuazioni della pressione atmosferica.

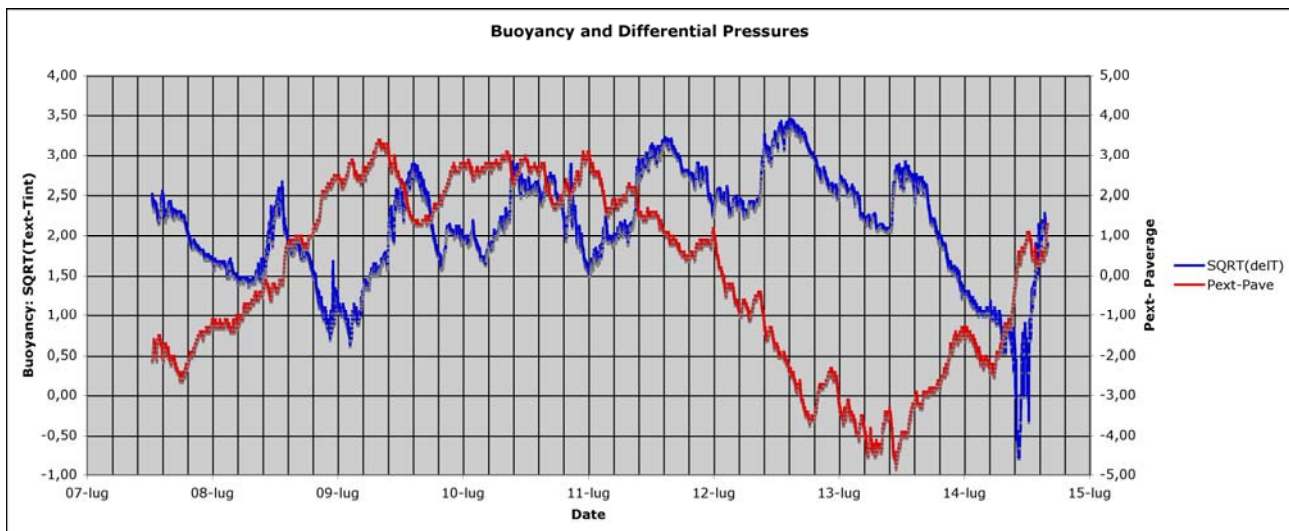


Figura 2. Andamenti delle pressioni motrici, convettive e barometriche.

Figure 2. Convective and barometric driving pressures vs time.

Analisi

Lo scopo delle analisi che saranno presentate al congresso è la verifica della fenomenologia della circolazione convettiva, che le misure degli ultimi anni mostrano più complessa dell'atteso, la ricerca di una metodologia per separarla dalla circolazione barometrica e la messa in evidenza del peso dei processi secondari che modulano i flussi d'aria nelle montagne. Lo scopo finale è ottenere una metodologia di analisi dei dati di flusso da una grotta per estrarne le informazioni relative alla sua struttura.

LA GROTTA METEOROLOGICA DI MURISENGO (ALESSANDRIA, PIEMONTE): UNA RIVISITAZIONE

ARRIGO A. CIGNA ¹

¹ Società. Speleologica Italiana, Strada Angelo Bottino 2, Cocconato (AT); arrigocigna@tiscali.it

Riassunto

Nel 1795 è stato stampato in Casale Monferrato un libretto di una cinquantina di pagine dal titolo "Descrizione della Grotta Meteorologica di Murisengo" del Padre Agostiniano GIAN-AGOSTINO DE-LEVIS. Si tratta di un dotto lavoro su una cavità artificiale nell'arenaria eocenica, scavata nella metà del '700 con lo scopo di provvedere un deposito di vino. Purtroppo non corrispose agli intenti e divenne un ricettacolo di acque stagnanti. Verso la fine del XVII secolo questa cavità artificiale sembrò mostrare una correlazione con la situazione meteorologica esterna, da cui il nome. Infatti le sono state attribuite caratteristiche tali da permettere previsioni sull'evoluzione del tempo atmosferico. Ricerche attuali hanno permesso di rintracciare la cavità, attualmente adoperata, come era stato previsto all'inizio, come deposito di vino.

Parole chiave: cavità artificiale, arenaria, storia, meteorologia

Abstract

THE METEOROLOGICAL CAVE OF MURISENGO: A NEW DESCRIPTION - In 1795 a booklet of about fifty pages was printed in Casale Monferrato (Alessandria, Italy) with the title "Description of the meteorological cave of Murisengo" by the Augustinian Father GIAN AGOSTINO DE LEVIS. It is a learned paper on an artificial cave in sandstone, excavated in the middle of '700 in order to have a wine cellar. Unfortunately the results were different and the cave became a repository of stagnant water. At the end of the XVII century this artificial cave appeared to have some correlation with the outside meteorological situation, hence the name. Then the cave was considered to provide forecast of the weather evolution. Now this cave was surveyed and described following modern criteria.

Key words: artificial cave, sandstone, history, meteorology

Introduzione

Sul finire del XVII secolo un padre agostiniano, GIAN-AGOSTINO DE LEVIS, si è interessato all'ambiente intorno al paese di Murisengo (Alessandria) descrivendo diverse particolarità del territorio. Questo religioso era nato a Crescentino (Torino) il 2 Luglio 1737. In questa zona vi sono diverse sorgenti solforose, in relazioni ai giacimenti gessosi che si estendono fino in Emilia-Romagna, che erano state oggetto di due sue pubblicazioni (DE LEVIS, 1793; DE LEVIS & SCOZIA, 1794). Queste ricerche gli avevano dato una certa dimestichezza anche con le analisi chimiche delle acque e dei gas.

Era passato così a studiare una cavità artificiale scavata nell'arenaria eocenica del Bric S. Candido nei pressi di Murisengo. Si trattava di una cavità risalente al 1747 e destinata a diventare un deposito per il vino. Purtroppo si rivelò "ricettacolo di acqua verdeggiante" e non poté essere utilizzata per lo scopo previsto. Il nostro studioso la visitò e ne dedusse che poteva servire a fornire previsioni meteorologiche. Infatti, secondo le sue osservazioni, quando era asciutta durante l'inverno, sui monti si trovava la neve; quando il livello dell'acqua aumenta allora "il cielo seguirà ad essere di bronzo", quando il livello rimane costante, il tempo esterno rimarrà incerto tra il sereno ed il piovoso: quando comincia a diminuire "la pioggia prestamente sta per cadere"; se "principia ad abbassarsi, egli è indizio, che la ridente serenità presto ci viene a rallegrare".

Con queste considerazioni la grotta si comportava come un "naturale igrometro" al punto che "se venisse il pensiero a qualcuno di segnare nel fondo della grotta una scala divisa in pollici ed in linee" sarebbe stato possibile utilizzarla come un vero e proprio igrometro funzionante, però, all'inverso. A supportare questa ipotesi attribuisce il comportamento, tra l'altro, al *Calorico* che, trasmettendosi all'interno della grotta in condizioni di bel tempo esterno, provoca una dilatazione dell'acqua e, quindi, un aumento del livello.

Descrizione della grotta

Partendo dalla descrizione del DE LEVIS si sono potuti escludere altre grotticelle (qui chiamate "crutin", diminutivo di "crota" = cantina) quasi completamente franate che si aprivano nei dintorni. Grazie a Google è stato possibile localizzarla con sicurezza confermando l'identificazione con quella attualmente rilevata in quanto corrisponde abbastanza con i dati originali forniti del DE LEVIS. La quota, definita come "dieci trabucchi al di sotto dell'alta cima di San Candido, a sud-ovest" col trabucco pari a circa 3 m porta la sua stima a $394 - 30 = 364$ non lungi dalla quota vera di 340 m se si tien conto che la stima del DE LEVIS non poteva essere che molto approssimata.

Le dimensioni riportate per la grotta sono riassunte nella Tabella 1:

Posizione	Misure originali	Equivalente metrico	Misure metriche attuali
Altezza all'ingresso	Piedi 3 Oncie 3	1,57	1,60
Altezza in fondo	Piedi 4, Oncie 6	2,18	2,16
Larghezza in fondo	Piedi 3, Oncie 1	1,49	2,15
Lunghezza	Trabucchi 2. Piedi 2, Oncie 3	6,92	11,81

Tabella 1. Confronto tra le misure del DE LEVIS e quelle attuali.

Table 1. Comparison between DE LEVIS' and present measurements

Bisogna tener presente che l'equivalente metrico delle misure originali è approssimato in quanto le misure originali variavano a seconda del paese. Inoltre dalla fine del '700 quando la grotta è stata visitata ad oggi sono intervenuti sicuramente diversi cambiamenti. In particolare essa è stata tutta rivestita di un muro di pietra e con una volta in mattoni (Fig. 1). Quest'ultima è stata rifatta poi in tempi relativamente recenti nella parte iniziale con mattoni moderni per una lunghezza di m 3,2. La parte terminale si estende, oltre il muro di rivestimento e la volta, per circa un metro nella roccia viva. Si può quindi ritenere che le discrepanze rilevate tra le misure originali e quelle trovate oggi siano dovute ad interventi sulla grotta originale nel corso in più di due secoli. Rimane in particolare evidenza la data 1747, oggi scarsamente leggibile, riportata sotto la piccola nicchia nella parete di sinistra: evidentemente nel corso del tempo è stata posta una particolare cura per preservarla.

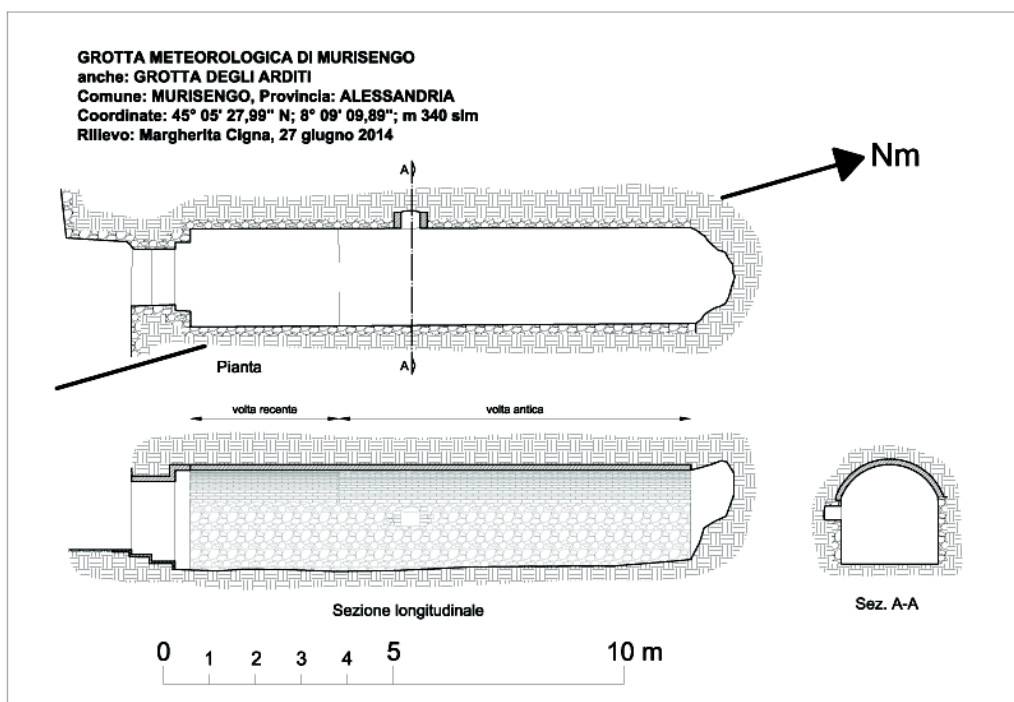


Figura 1. La grotta come appare attualmente. Si noti la volta rifatta per i primi tre metri in tempi relativamente recenti.

Figure 1. The cave as surveyed presently. The brick vault in the first three metres was made more recently.

La parte terminale della grotta, oltre il rivestimento in pietra, e in mattoni sulla volta, mostra evidenti segni di crollo, quindi è altamente probabile che cedimenti e crolli abbiano richiesto interventi di protezione e rinforzo che hanno modificato, sia pure lievemente, la struttura originale. Inoltre il nostro autore descrive la “*grotta meravigliosa, in cui si entra per mezzo di uno stretto, freddo, oscuro, ed umido corridore*”. Quindi si può ben ritenere che questa struttura sia stata successivamente modificata allargando il corridoio iniziale.

Le osservazioni del DE LEVIS

Il monte nel quale si apre la grotta è alto 40 canne geometriche. Sfortunatamente questa unità di misura non compare tra quelle in uso in Piemonte. Da una ricerca sulle antiche unità di misura (MINISTERO AGRICOLTURA E COMMERCIO, 1849) sono state trovate quelle riportate nella Tabella 2.

Località	Equivalenza in metri	Quota San Candido (m) rispetto al fondovalle di m 221
Genovesato (12 palmi)	2,977	119+221=340
Vezzano, Arcola, ecc.	4,964	199+221=420
Sarzana, S.Stefano M.	4,985	199+221=420
Albenga	4,500	180+221=401

Tabella 2. Altitudine del Bricco San Candido.

Table 2. Altitude of Bricco San Candido

La quota stimata dal DE LEVIS risulta prossima a quella reale di m 394 s.l.m. anche se la differenza si può considerare accettabile in considerazione delle approssimazioni dell’epoca e nell’incertezza dell’unità di misura adottata (Figg. 2 e 3).



Figura 2. L’ingresso della Grotta Meteorologica o degli Arditi.

Figure 2. The entrance of the Meteorological Cave or Arditi’s Cave.

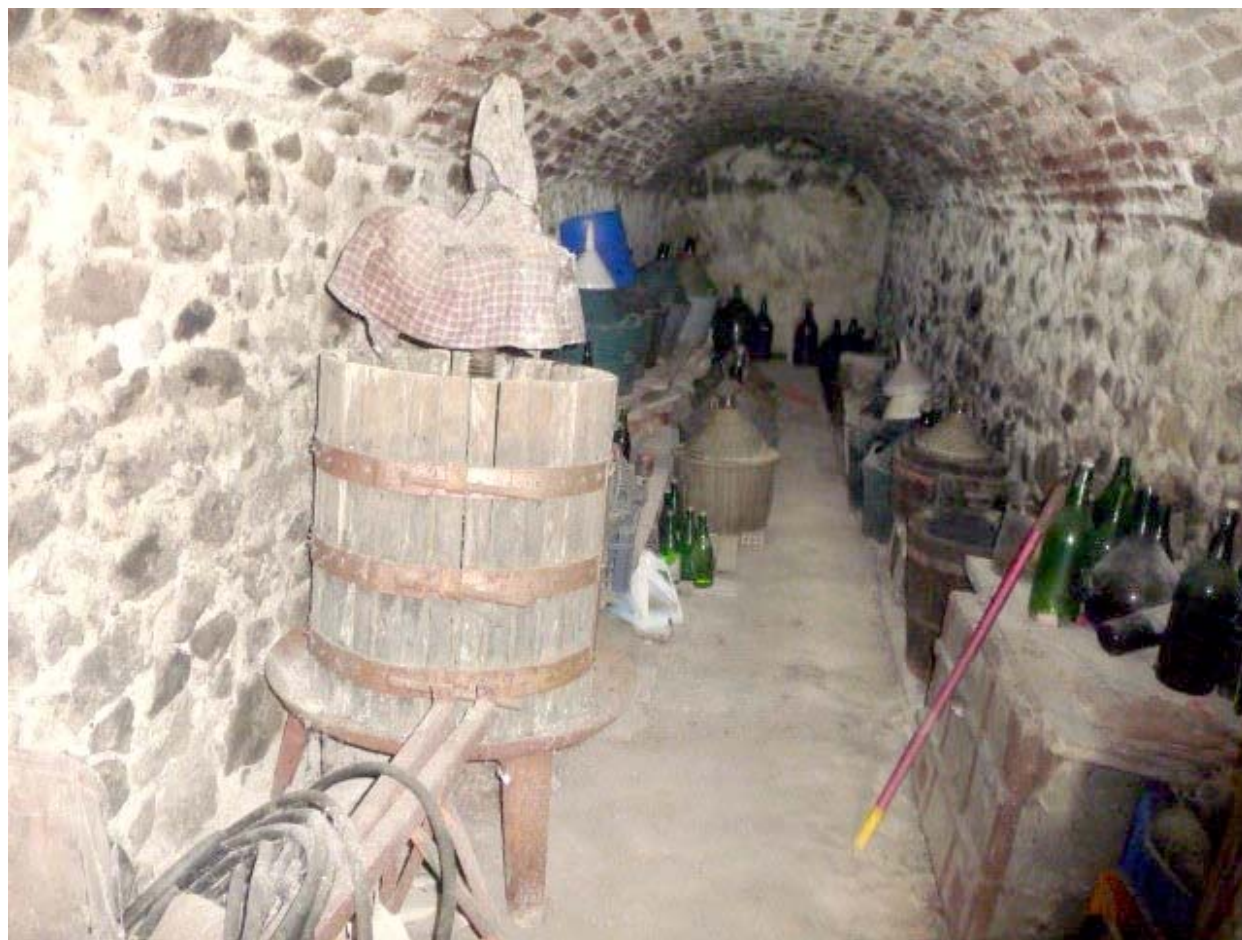


Figura 3. Interno della grotta come appare oggi.

Figure 3. Today view of the interior.

Questa grotta si apriva presso il “*villaresco abituro della operosa famiglia degli ARDITI*” da cui il nome col quale veniva anche chiamata la grotta in questione. A questo proposito è interessante notare come ancor oggi esista la famiglia ARDITO, discendente dagli antichi proprietari (MANINO, 2014).

Per quanto riguarda la temperatura veniva scritto che “*al tempo delle osservazioni il termometro di Reauure indicava il grado 22 e l’acqua della grotta si trovava all’altezza di 5 palmi*”. Questa misura di temperatura, quasi certamente dell’acqua, corrisponde a 27,5°C che sono assolutamente eccessivi se si considera che lo stesso autore descrive l’ingresso come “*uno stretto, freddo, oscuro, ed umido corridore*”. Una misura effettuata nel Giugno 2014 ha fornito una temperatura in aria di 16,5°C con una dell’aria esterna di 24,8°C ipotizzando un errore di stampa per cui si dovesse leggere nell’originale 12°R allora la temperatura corrisponderebbe a 15°C in ottimo accordo con la misura attuale, poiché la temperatura dell’acqua in grotta è in generale lievemente inferiore a quella dell’aria.

L’altezza di 5 palmi corrisponde a circa m 1,25 cioè la grotta doveva essere completamente allagata. Si comprende, allora, che dopo la visita del nostro, i proprietari possano aver provveduto a rimediare all’inconveniente abbassando la soglia e, magari, provvedendo al rivestimento in pietra conservando la scritta 1747 sotto la nicchia nel lato sinistro. Sempre nell’acqua che, a quel tempo, occupava la grotta, l’Abate DE LEVIS rinvenne “*guizzanti insetti, tinti di verde chiaro, ed aventi una grossa testa nera*” visibili al microscopio. Probabilmente si trattava di parameci che sono piuttosto comuni nelle acque stagnanti.

Ricordando che in certe grotte, come quella famosa del Cane, si trovano “*i funesti e micidiali Gas acido carbonico, e l’azzotto (sic)....sono da quella pressoché sbanditi*”, così osserva come in questo caso non vi sia questo pericolo. In realtà ritiene che i gas più abbondanti siano l’ossigeno e l’idrogeno. Quest’ultimo è stato verosimilmente suggerito dalla presenza di idrogeno solforato in diverse sorgenti della zona (chiamate “pirente”) dove l’acqua ha il caratteristico odore di idrogeno solforato, in quanto nella realtà l’atmosfera della

grotta in questione potrà avere soltanto tracce di idrogeno. Comunque ci tiene a ricordare come non vi siano assolutamente pericoli sotto questo punto di vista, ignaro del fatto che l'origine dell'anidride carbonica della Grotta del Cane è vulcanica e, quindi, in un contesto completamente diverso da questo.

Tutte le considerazioni sopra riportate e riguardanti questa cavità artificiale sono accompagnate da molte citazioni dotte che mostrano come l'autore disponesse di una documentazione molto vasta su tanti fenomeni ambientali nelle diverse parti del mondo. Quindi non ci si deve lasciar ingannare dal titolo limitativo in quanto questa pubblicazione è anche una fonte di citazioni di svariati fenomeni che danno uno spaccato del pensiero e della cultura naturalistica nel secolo dei lumi.

Conclusioni

Il mirabile libercolo del 1795 ci appare oggi alquanto curioso dal momento che cita improbabili cause del comportamento di questa grotta come una specie di igrometro. Oltre a motivare le variazioni del livello dell'acqua "*che vi scaturisce dal fondo della grotta*" per effetto del "*calorico*" che, come fa salire o scendere il mercurio nel termometro, e, quindi, fa salire o scendere l'acqua in grotta, scrive anche che "*dee dunque l'Idrogene essere il principale Gas della grotta degli ARDITI*" e questo gas si compone e si decompone variando volume e massa contribuendo alle variazioni di livello dell'acqua. Infine invoca anche l'elettricità in quanto "*qualora per tanto vi è maggiore copia di elettrico fluido, dovrà crescere l'onda nella grotta: Qualora il fluido elettrico si diminuisce l'acqua ancora dovrà diminuirsi nella grotta*".

Vengono citati poi altri esempi di fonti variabili nel Bergamasco, nel Comasco ed, infine la fonte Pliniana. Tuttavia conclude affermando che "*il fenomeno della grotta meteorologica di Murisengo*" è "*susettibile di chiara e soddisfacente spiegazione*". Più di due secoli dopo, possiamo concludere sulla base delle nostre conoscenze che questa grotta è stata semplicemente l'occasione per una dotta disquisizione nel secolo dei lumi e che, dopo una stabilizzazione dell'equilibrio idrostatico nella formazione rocciosa, la grotta ha potuto finalmente assolvere il suo ambito compito di deposito per l'ottimo vino locale. Infatti, sia per l'avvenuta ricopertura delle pareti con un muro di pietra, sia per un cambiamento della percolazione dell'acqua nella formazione rocciosa, l'allagamento della cavità è venuto attenuandosi e, se all'inizio del secolo scorso si verificava sia pure con livelli estremamente ridotti, oggi è del tutto scomparso.

Ringraziamenti

Sono particolarmente grato all'attuale proprietario della cascina, nei cui dintorni si apre la grotta, sig. ANGELO MANINO che, con squisita cortesia ha consentito l'accesso facilitando in ogni modo il rilievo e le misure, fornendo, peraltro, interessanti notizie.

Bibliografia

DE LEVIS G.A., 1793. *La Pirenta di Murisengo*. Carmagnola, Barbié, pp. 51.

DE LEVIS G.A., 1795. *Descrizione della grotta meteorologica di Murisengo*. Casale, Maffei, pp. 52.

DE LEVIS G.A., SCOZIA F.M., 1794. *Sulla pirenta Murisenghina: nuove osservazioni, ed esperienze*. Torino, Mairesse, pp. 156.

MANINO A. 2014. *Comunicazione privata*.

MIN. AGRICOLTURA E COMMERCIO, 1849. *Tavole di ragguaglio degli antichi pesi e misure*. Torino, Stamperia Reale, pp.181

L'UNDERGROUND KATE AEROMETER: **UN NUOVO STRUMENTO PER LE MISURE AEROMETRICHE IN GROTTA**

GIOVANNI BADINO¹

¹*Dipartimento di Fisica, Via Giuria 1, 10125 Torino; giovanni.badino@unito.it*

Riassunto

Abbiamo sviluppato un nuovo strumento per le misure dei flussi d'aria in sotterraneo denominato "UKA", per *Underground Kate Aerometer*. E' formato da una struttura di base, a costo contenuto, con velocità minima misurabile intorno a 5-10 cm/s, misura del verso della corrente e visualizzazione del dato, caratteristiche che lo rendono di particolare interesse per la rivelazione di emissioni di infrasuoni dalle grotte. Un'altra sua caratteristica importante è quella di permettere la mappatura dettagliata (matrice 2-d) delle linee di flusso dell'intera sezione di gallerie sino a circa 10 m di raggio, se utilizzato con appositi posizionatori. Questo fatto è di straordinario interesse per la rivelazione di flussi d'aria localizzati e inaccessibili. Il consumo di energia è minore di 1 μ W. Può essere accoppiato a sistemi di registrazione indipendenti che lo trasformano in un datalogger per studi di anemometria e infrasonica sotterranea.

Parole chiave: circolazione d'aria in grotta, infrasuoni, meteorologia sotterranea, anemometro

Abstract

UNDERGROUND KATE AEROMETER: A NEW INSTRUMENT FOR UNDERGROUND AEROMETRIC MEASURES - *We have developed a new instrument for underground aerometric measures named "UKA", for Underground Kate Aerometer. It consists of a low cost basic structure, with minimal detectable speed around 5-10 cm/s, flow direction detectability and data displaying, features that make it particularly interesting for caves infrasounds detection. Another important characteristic, if used with appropriate positioners, is to allow airflow lines mapping (2-d matrix) of the entire transverse section of conduits up to about 10 m in radius. This fact is of great interest for the detection of localized and inaccessible flows. Power consumption is below 1 μ W. It can be linked to independent recording systems to be used as data logger for underground anemometric and infrasound studies.*

Key words: air circulation in caves, infrasounds, underground meteorology, anemometer

Introduzione

Lo studio delle circolazioni d'aria all'interno delle montagne è diventato negli anni lo strumento principe utilizzato dagli speleologi per caratterizzare l'interesse esplorativo delle grotte, valutarne le dimensioni con misure localizzate e localizzare ignote prosecuzioni.

Gli usuali strumenti di rivelazione delle correnti d'aria sono però poco adatti. Le valutazioni individuali sono troppo soggettive, non quantitative, hanno una soglia minima di rivelazione piuttosto alta, non visualizzano la circolazione e spesso perdono addirittura di vista il verso della corrente. Al livello successivo ci sono quelle che fanno uso di traccianti (tipicamente il fumo di una sigaretta o di un incensino) che permettono migliori valutazioni e visualizzano la circolazione, anche se a stento, ma sono ancora poco quantitative. L'utilizzo di strumenti mirati (anemometri) è limitato a studi specifici, quali infrasuoni, coincidenze di portate fra ingressi o simili misure, dato il loro costo elevato, spesso accompagnato da una logistica complessa e risultati che, sul singolo punto, sono di basso livello: risoluzioni scarse, non indicazione del verso, mancata visualizzazione della circolazione e simili.

Anche l'uso di bolle di sapone, pur con notevoli vantaggi (visualizzazione, sensibilità, costi) non è adeguato. Esse tendono comunque a cadere e quindi sono poco sensibili a correnti d'aria minime e inadatte a misurare flussi con forti componenti verticali.

Va inoltre assumendo sempre più importanza un fatto, già teorizzato in passato (BADINO, 2010), ma che ha dato

notevoli esempi in tempi recenti. All'interno di una galleria irregolare, il flusso d'aria procede lungo una linea di flusso principale che attorno a sé ha aria quasi immobile o vortici che addirittura possono avere verso di flusso opposto a quello principale.

L'analisi del flusso d'aria in una galleria è quindi un'operazione d'insieme, non una misura su un punto. Va costruita ogni volta una sorta di matrice della circolazione sulle sezioni trasverse e per far questo nessuno degli strumenti o dei metodi esistenti è adeguato.

L'UKA

L'idea alla base dello strumento detto *Underground Kate Aerometer* è quella di misurare l'angolo θ che è formato con la verticale da un filo di massa e sezione trascurabile, collegato in alto ad un riferimento O e in basso a una struttura di alta resistenza aerodinamica R_A ("kate"), piccola massa m e alta visibilità. E' facile dimostrare che se la corrente d'aria fluisce con un angolo φ rispetto all'orizzontale – positivo in alto –, l'angolo è dato dalla relazione:

$$\theta = \arctan \left[\cos \varphi \left(\frac{mg}{R_A} - \sin \varphi \right)^{-1} \right]$$

che per $\varphi=0$ si riduce a:

$$\tan \theta = \frac{R_A}{mg}$$

La resistenza aerodinamica dipende dalla velocità dell'aria da una relazione del tipo:

$$R_A \approx K v^2$$

Si può dimostrare che per piccoli angoli di deviazione l'angolo θ , e quindi lo scostamento in centimetri del *kate* dalla verticale è proporzionale al quadrato della velocità dell'aria.

Vengono presentati diversi modelli di UKA e differenti soluzioni per l'acquisizione dei dati.

Bibliografia

BADINO G., 2010. *Underground Meteorology, What's the weather underground?* Acta Carsologica, **39** (3), 427-228.

TEST CON TRACCIANTI AEREI AI PIANI DEL TIVANO (CO)

GIAN DOMENICO CELLA¹, DANIELE GIGANTE¹, MAURIZIO MIRAGOLI²

¹ Gruppo Grotte CAI Novara, Vicolo S. Spirito, 4 28100 Novara; info@gruppogrottenovara.it

² Gruppo Grotte CAI Milano

Riassunto

Dopo una breve presentazione della metodologia di tracciamento utilizzata (rilascio di terpeni naturali), vengono presentati i risultati di test effettuati all'abisso Bül e alla grotta Shanghai (Piani di Nesso), nonché all'abisso Calati, alla Buca del Nocciolo, alla Betulla, a Fornitori (Piani del Tivano). I risultati vengono discussi e messi in relazione con misure classiche di meteorologia ipogea.

Parole chiave: tracciamento aria, terpeni, meteorologia ipogea, Piani Tivano, Piani di Nesso.

Abstract

TEST WITH AIR FLOW TRACER AT PIANI DEL TIVANO (LOMBARDY) - After a brief summary of tracing methodology (terpenes launch), we present and discuss test results in the following caves: Bül shaft (M. Palanzone), Shanghai cave (Nesso plain), Calati shaft, Betulla shaft, Nocciolo cave and Fornitori cave (Tivano plain, Lombardy). Results are discussed and related to classical cave meteorology studies.

Key words: hypogean meteorology, tracing air flows, Piani Tivano, Piani di Nesso, terpenes.

Premessa

Complici le pressioni esercitate dagli speleo del progetto “In Grigna”, stuzzicati dai problemi ancora aperti nel sistema della Valle del Nosè (provincia di Como, Lombardia), abbiamo applicato la modalità di tracciamento delle correnti di aria a questo sistema (CELLA et al., 2015).

In sintesi, la metodologia consiste nel rilasciare in continuo piccole quantità di terpeni, non tossici, poco costosi, dall'odore gradevole; il fissaggio del tracciante avviene mediante captori a carbone attivo posizionati ove se ne sospetti il passaggio. Il riconoscimento è stato successivamente determinato qualitativamente per via olfattiva (pochi casi) e semi-quantitativamente in laboratorio mediante gas cromatografia associata a spettrometria di massa (GC-MS).

Inquadramento

Il complesso della Valle del Nosè presenta attualmente una estensione di circa 60 km, con otto ingressi noti e una quindicina di grotte che gravano negli immediati dintorni, potenziali candidate alla giunzione: le ricerche si sono concentrate nel settore meridionale. In tabella 1 e in figura 5 è stato riportato il loro posizionamento.

Grotta	N° catasto	Posizione UTM – WGS 84, quota (m s.l.m.)
Guglielmo	2221	32T515437, 5079254 -1320
Bül	2557	32T515896, 5079236 -1364
Shanghai	nc (Shng)	32T515659, 5079904 - 1124
Calati	2754	32T516278, 5080753 - 1318
Betulla	2769	32T516541, 5081156 - 1202
Criopolis	2798	32T517245, 5081219 - 1018
Nocciolo	nc (nccl)	32T516496, 5081616 - 1150
Capodanno	nc (capodann)	32T516465, 5181708 - 1125
Fornitori	nc (fornitori)	32T516703, 5081884 - 1062

Niccolina	2204	32T516796, 5082382 - 942
Stoppani	2021	32T517451, 5081687 - 1062
Cippei	2503	32T517836, 5081565 - 1204

Nota - nc: non a catasto (tra parentesi la sigla usata nella carta di Fig. 5)

Tabella 1. Localizzazione delle grotte oggetto di indagine.

Table 1. Position of investigated caves.

I tracciamenti

Alcune precisazioni di natura generale prima di passare ai dettagli:

- per comodità, le concentrazioni dei traccianti vengono date in area del gas-cromatogramma $\cdot 10^6$. Per risalire al valore assoluto (μg tracciante/g di carbone), esse vanno moltiplicate per un fattore di ~ 0.04 ;
- la scritta Assente denota un valore inferiore alla soglia di rilevabilità, stimabile in un valore di circa 0.01 unità di area;
- molti dei captori collocati in rami con correnti ascendenti si presentavano al momento del recupero intrisi di acqua. Non ci è chiaro al momento quanto questo fattore possa influire sulla capacità di assorbimento del carbone, tenendo conto che molti dei traccianti usati sono insolubili in acqua;
- per una visione generale dell'area si può fare riferimento alla mappa riportata nelle conclusioni (Fig. 5).

Abisso Calati verso Nocciolo, Compleanno, Ingresso Fornitori, Area 58

Il tracciamento, svolto in regime estivo, aveva quale scopo di verificare il possibile collegamento Calati-Nocciolo e la loro relazione con il sottostante sistema dei Piani del Tivano. I captori sono stati collocati nei pressi degli ingressi e ritirati dopo 1 settimana.

Data tracciamento: 14 settembre 2013.

Tracciante: 200 cc di D-limonene.

Condizione di lancio: grotta aspirante ($0,009 \text{ m}^3/\text{s}$; $18,4 \text{ }^\circ\text{C}$).

I risultati sono riportati in figura 1.

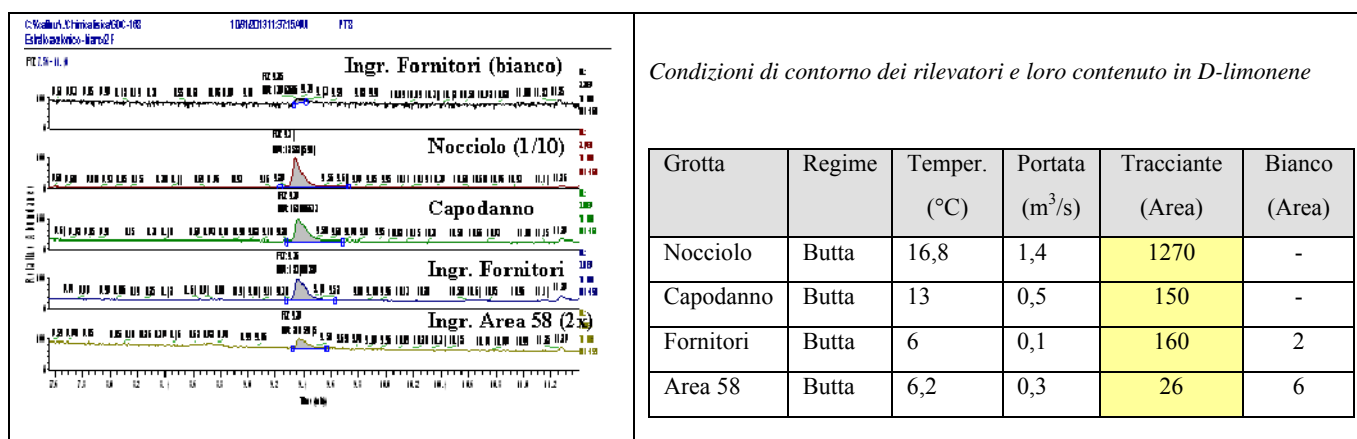


Figura 1. Gascromatogrammi (GC-MS) forniti dai rilevatori (sinistra) e quantità di D-limonene riscontrato (destra)

Figure 1. Gas chromatograms (from GC-MS) of tracer extracts (left) and quantity of D-limonene found (right)

Buona parte del tracciane rilevato è uscito dal Buco del Nocciolo, mentre una parte minore è stata riscontrata a Capodanno e Fornitori (Fig. 5). Una piccola parte ha, dubitativamente, raggiunto pure il lontano ingresso di Area 58. Un test di pre-tracciamento condotto a luglio aveva già dato esito debolmente positivo circa il collegamento tra Calati e Ingresso Fornitori.

Grotta Shanghai e Ingresso Fornitori verso Guglielmo, Bül e Calati

Il tracciamento, svolto in regime invernale, aveva quale scopo confermare il collegamento Fornitori-Calati e verificare il possibile collegamento tra grotte dei Piani di Nesso e del Tivano verso degli abissi Bül e Guglielmo. I captori sono stati collocati nei pressi degli ingressi e ritirati dopo 1 settimana.

Data tracciamento: 8 marzo 2014.

Ingresso Fornitori, 15 m dall'ingresso (forte aspirazione). Tracciante: 200 cc di D-limonene.

Ingresso Shanghai (forte aspirazione). Tracciante: 200 cc di 4 metil-2-pentanone.

Risultati:

- Limonene non riscontrato in alcuna delle grotte in studio. Un captore posto in un'ansa morta all'ingresso di Fornitori ha dato, ovviamente, esito positivo.

- 4-metil-2-pentanone: vedi tabella 2.

Pare quindi che una piccola parte del tracciane rilasciato a Shanghai sia uscito dall'Abisso di Monte Bül (Fig. 5). Come si vede, questo tracciante, che è leggermente solubile in acqua, ha il vantaggio di non richiedere un bianco, in quanto presente in natura in concentrazione infima.

Posizione	Regime	Tracciante	Bianco
Fornitori	Aspira	Assente	-
Calati	Butta	Assente	-
Bül	Butta	44	Assente
Guglielmo	Butta	Assente	Assente

Tabella 2. Presenza di 4- metil-2-pentanone nei rilevatori posizionati.

Table 2. Quantification of 4-metil-2-pentanone inside activated charcoal receptors.

Calati, Guglielmo, Bül verso Piani di Nesso e del Tivano

Il tracciamento, svolto in regime estivo con 4 traccianti, aveva quale scopo seguire il percorso dell'aria all'interno di due rami dell'Abisso Calati e confermare il collegamento Calati-Fornitori e Shanghai- Bül.

I captori sono stati collocati all'interno dei due rami discendenti di Calati, nel primo tratto di Fornitori e agli ingressi delle altre grotte; sono stati ritirati dopo 1 settimana.

Data tracciamento: 15 giugno 2014.

Ingresso Guglielmo (aspira). Tracciante: 100 cc di 2-fluorotoluene.

Ingresso Bül (aspira). Tracciante: 200 cc di D-limonene.

Ramo Sud-Est Calati (aspira). Tracciante: 200 cc di β -pinene.

Ramo Nord-Ovest Calati (aspira). Tracciante: 200 cc di 4-metil-2-pentanone.

Risultati:

· 2 fluoro toluene non riscontrati in alcuna grotta. Da segnalare che poco dopo il lancio un violento nubifragio ha provocato l'inversione dei flussi alla Guglielmo.

· D-limonene: riscontrato in vari captori in minime tracce, ma a livello dei bianchi.

· β -pinene e 4-metil-2-pentanone (4MP): vedi tabella 3.

Loco	Regime	β -pinene	4MP
Calati galleria sopra salone ¹	Aspira	1.5	7980
Calati inizio frana ¹	Aspira	5765	assente
Calati fondo ¹	Aspira	1175	1480
Betulla	Butta	0.01 ²	1.1 ²

Note 1: vedi figura 2 2 Bianchi: β -pinene = 11; 4 MP: assente

Tabella 3. Presenza di β -pinene e 4-metil-2- pentanone nei rilevatori posizionati.

Table 3. Quantification of β -pinene and 4-metil-2-pentanone inside activated charcoal receptors.

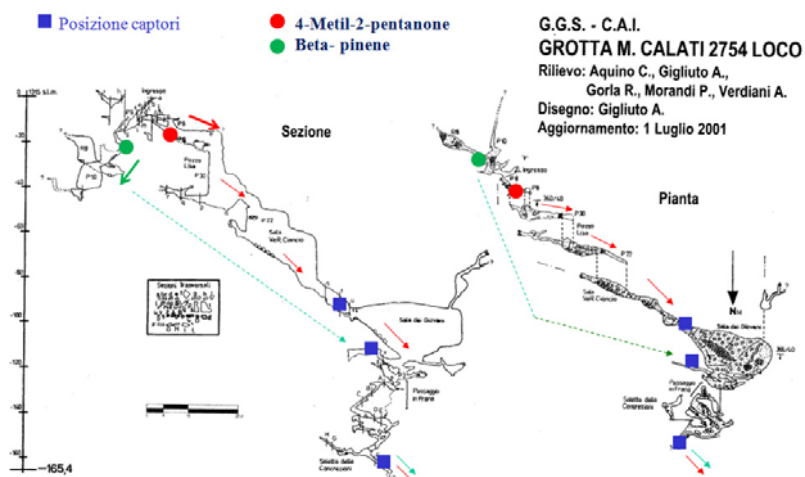


Figura 2. Percorso dei traccianti all'interno dell'abisso Calati.

Figure 2. Tracers path inside Calati Cave.

In conclusione, è risultato possibile verificare che l'aria che percorre i due rami di Calati (Fig. 2) converge nei pressi della sala finale e che una piccolissima parte di quella che percorre il ramo di Nord-Ovest pare defluire dalla Betulla. Nessuna positività invece in Ingresso Fornitori e Shanghai.

L'indagine meteorologica

In parallelo alle attività di tracciamento si è portata avanti una ricerca molto puntuale sulle correnti d'aria sia all'interno che all'esterno dei complessi analizzati.

Nelle prospezioni esterne si sono rilevati, per quanto possibile in parallelo, tutti gli

ingressi del complesso presi a gruppi omogenei. Per Bül-Guglielmo-Shanghai, in prima attribuzione associati ai Piani di Nesso, l'analisi delle misure (Tabella 4) ha consentito le prime osservazioni circa l'andamento regolare delle temperature rilevate con le quote (Fig. 3).

N° catasto-Grotta	Quota (m slm)	Data	Ora	Temper. (°C)	Direzione aria	Portata (m ³ /s)
Shanghai	1124	08-feb-13	11.40	-2,7	aspira	0,18
Shanghai	1124	07-apr-13	12.00	2,2	aspira	0,08
2557 - Bül	1375	08-feb-13	12.00	2,85	soffia	1,50
2557 - Bül	1375	07-apr-13	10.40	5,5	soffia	0,27
2557 - Bül	1375	08-apr-13	13.18	6,9	soffia	0,45
2221 - Guglielmo	1320	08-feb-13	12.20	1,2	soffia	0,09
2221 - Guglielmo	1320	07-apr-13	11.15	4,1	soffia	0,70
2221 - Guglielmo	1320	08-apr-13	15.00	5,4	soffia	0,86

Tabella 4. Temperatura e portata dell'aria nelle grotte associate ai Piani di Nesso.

Table 4. Temperature and air flow on Piani di Nesso cave entrances.

L'anomala portata di Bül in febbraio è stata più volte verificata e non ha facile riscontro con alcuna delle grotte sospettate di essere il suo collegamento basso. Se fosse certo il collegamento suggerito dai tracciamenti, si dovrebbe obbligatoriamente pensare che molte bocche basse contribuiscano alla sua significativa portata, che quasi non ha eguali in tutto il piano.

Un'analoga attività svolta per l'altra area dei Piani del Tivano ha fornito risultati (Tabella 5), dove sono nati i primi sospetti di trovarci di fronte ad un complesso unico. Si è in effetti più volte notato che la somma delle portate dirette ed inverse nelle varie stagioni di Area58+Betulla+Fornitori uguagliava la portata di Calati. Questo ci ha spinto ad indagare nelle profondità delle grotte per inseguire i torrenti d'aria nei percorsi sotterranei. Utilizzando i vari strumenti perfezionati nelle esperienze di rilevamento meteo passati, siamo riusciti ad individuare in ogni grotta, ad eccezione di Calati, il flusso di aria principale ed a seguirlo. Si è sempre trattato di flussi chiari e decisi che ci hanno fatto fare ipotesi poi confermate dai tracciamenti. Esperimenti più sofisticati invece non hanno dato risultati chiari.

Uno di questi è stato un interessante progetto che ricalcava l'esperienza citata da TROMBE nel 1952, dove si è provato a occludere e ad aprire a intervalli precisi l'ingresso dell'Abisso Calati e vederne i risultati su Ingresso Fornitori.

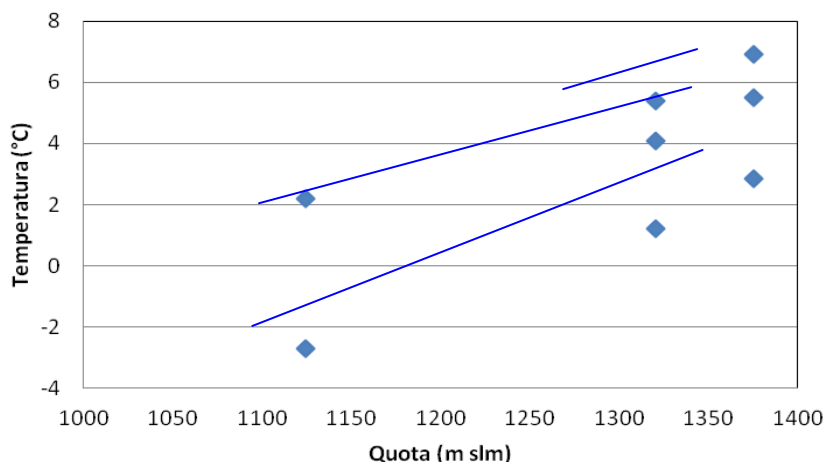


Figura 3. Temperatura dell'aria nelle grotte Shanghai, Bül e Guglielmo in funzione della quota.

Figure 3. Air temperature of caves Shanghai, Bül and Guglielmo related to altitude of entrances.

Grotta	Quota (m slm)	Data	Ora	Temper. (°C)	Direz. aria	Portata (m ³ /s)	Pressione (Pa)
Area 58 ext	1023	13-gen-13	11:16	-1	aspira	0,51	980
Betulla ext	1206	13-gen-13	12:15	-1	aspira	0,24	959
Calati ext	1315	13-gen-13	13:02	-1,9	soffia	0,97	945
Cippeï ext	1200	13-gen-13	16:00	-1	soffia	1	958
Ingresso Fornitori (basso)	1050	13-gen-13	10:50	-1,6	aspira	0,60	978
Niccolina ext	964	13-gen-13	15:22	-1	aspira	2	972
Stoppani ext	1072	13-gen-13	15:13	-1	aspira	0,03	973
Tacchi ext	760	13-gen-13	10:06	-0,7	aspira	0,1	1011
Zelbio ext	947	13-gen-13	09:55	-0,7	soffia	0,44	1010
Capodanno	1125	15-set-13	11:08	14	soffia	0,04	-
8°ingresso	1120	15-set-13	12:10	14	soffia	0,17	-
Nocciolo	1150	15-set-13	12:38	14	aspira	0,17	-
Betulla	1206	15-set-13	13:13	14	aspira	0,22	-

Tabella 5. Temperatura e portata dell'aria in grotte associate ai Piani del Tivano.

Table 5. Temperature and air flow on Piani del Tivano cave entrances.

Di seguito i risultati delle misure, dove si osserva la variazione di temperatura e della velocità dell'aria, dalla situazione grotta Calati chiusa a quella di grotta Calati aperta (Fig. 4, sinistra). Sembra quindi che l'apertura comporti un aumento della temperatura in uscita e una diminuzione della velocità dell'aria in Ingresso Fornitori. L'esperimento è stato ripetuto una seconda volta, per un periodo più lungo e con aperture ripetute (Fig. 4, destra), riscontrando una situazione analoga.

Conclusioni

Test con traccianti hanno mostrato collegamenti tra Abisso Calati e grotta del Nocciolo (risposta molto forte), Grotta di Capodanno e Ingresso Fornitori (risposta media) e Abisso della Betulla (risposta debole).

Misure meteorologiche condotte sigillando l'ingresso della grotta Calati confermano interazioni con Fornitori. Anticipiamo anche che misure di oscillazione delle correnti di aria in entrata e in uscita da queste grotte evidenziano frequenze comuni; si tratta in ogni caso di misure preliminari, da confermare, tuttora in fase di acquisizione e di analisi.

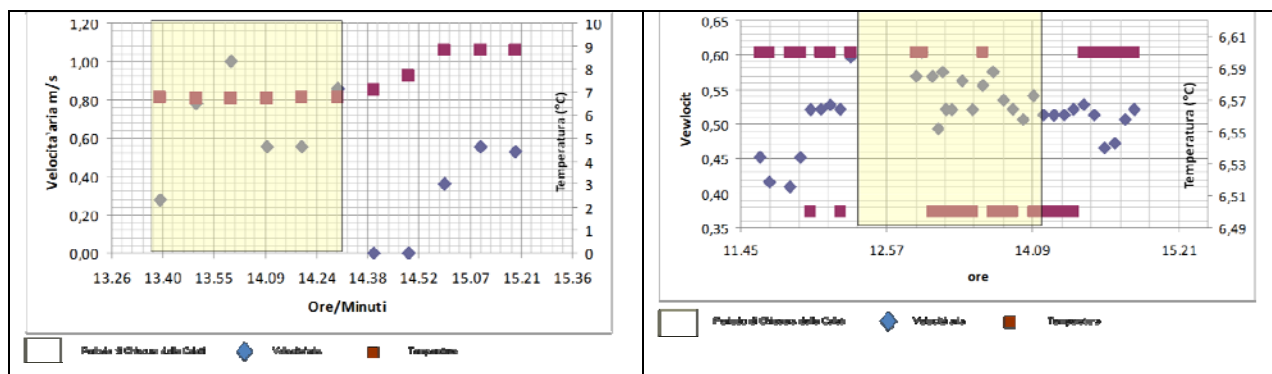


Figura 4. Velocità e temperatura dell'aria di Ingresso Fornitori alla apertura e chiusura di Calati (a sinistra, test in continuo-16.9.2013; a destra, test discontinuo - 21.9.2013).

Figure 4. Air temperature and airspeed at entrance of Ingresso Fornitori cave at opening and closure of Calati cave entrance (left: continuous test, 16.9.2013; right: discontinuous test, 21.9.2013).

Il tracciamento aereo ha evidenziato anche un collegamento tra la Grotta Shanghai e Abisso di Monte Bül (risposta debole). Anche qui, misure di temperatura e di portata dell'aria condotte a Shanghai, Guglielmo e Bül sono coerenti con un loro possibile collegamento. Questo quadro, apparentemente chiaro, in realtà nasconde anche incongruenze; ripetibilità parziali, tracciamenti condotti invertendo la direzione di lancio non confermati e altro. I nostri dubbi sono che la metodologia di tracciamento non sia ancora ottimizzata in termini di sensibilità, e che la durata del rilevamento (1 settimana) sia stata forse troppo breve. Indubbiamente il sistema è complesso, con grotte che si inabissano per centinaia di metri (anche quelle basse), con flussi e temperature dell'aria frequentemente incomprensibili; i nostri sforzi sono ora indirizzati all'incremento di sensibilità del tracciamento e all'acquisizione di ulteriori misure.

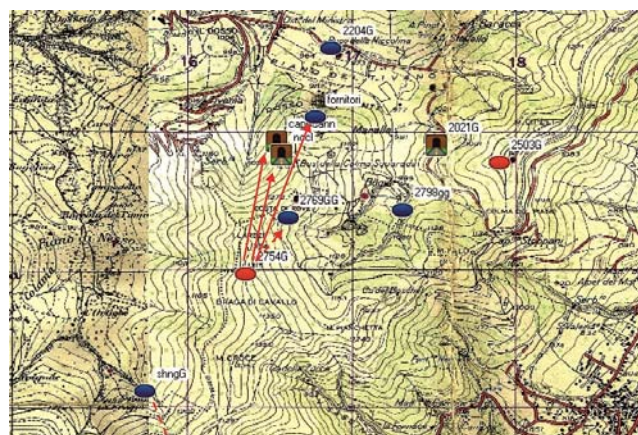


Figura 5. Esito dei tracciamenti aerei.

Figure 5. Results of air tracements.

Circa l'interpretazione delle misure meteorologiche, abbiamo tentato a più riprese di immaginare degli scenari possibili ma alla fine ha prevalso l'opinione che l'estremo intrico di gallerie e di reti sotterranee ed il numero di ingressi presenti nel complesso creano delle variabili troppo difficili da modellare se non nelle sue linee macroscopiche. In sostanza l'approccio usato sembra essere ancora troppo prematuro, e privo di riscontri oggettivi anche su aree modello facili da schematizzare e quindi da studiare e testare. Per affrontare questo complesso problema abbiamo deciso di muoverci su linee parallele:

- Studio delle reti ipogee assimilandole a circuiti elettrici;
- Modellazione in laboratorio;
- Applicazione su casi reali attentamente selezionati per semplicità ed univocità di comportamento;
- Progetto di appositi rilevatori per la cattura di dati in parallelo su tutti gli ingressi.

Ringraziamenti

ADRIANO VANIN, che non vuole figurare tra gli autori, ci ha costantemente fornito la sua preziosa collaborazione, con supporto teorico, tecnico e spirituale. ANDREA FERRARIO e speleo del progetto "In Grigna" ci hanno costantemente sostenuto.

Novamont, azienda leader nelle plastiche biodegradabili, ha reso disponibile l'uso della GC-MS. La ricerca, tuttora in corso, è condotta con il patrocinio della FEDERAZIONE SPELEOLOGICA LOMBARDA.

Bibliografia essenziale

CELLA G.D., GIGANTE D., MIRAGOLI M, 2015. *Tracciamenti di Flussi di aria con Terpeni naturali*. Questo volume.

TROMBE F., 1952. *Traité de spéléologie*. Payot, Paris

AGRICOLA, KIRCHER E LOMONOSOV: LE PRIME DESCRIZIONI E INTERPRETAZIONI DELLE CIRCOLAZIONI D'ARIA IN SOTTERRANEO

GIOVANNI BADINO¹

¹*Dipartimento di Fisica, Via Giuria 1, 10125 Torino; giovanni.badino@unito.it*

Riassunto

Descrizione di un affascinante viaggio attraverso le idee pre-naturalistiche sulla circolazione dell'aria sottoterra, iniziato vicino a Terni, con il *De Cataractis*, proseguito a Roma col *Mundus Subterraneus* e terminato a San Pietroburgo, dove nel XVIII secolo è vissuto il primo autentico studioso delle circolazioni d'aria nelle grotte d'Italia.

Parole chiave: circolazione d'aria in grotta, meteorologia sotterranea, ATHANASIUS KIRCHER, GEORGIUS AGRICOLA, MICHAEL V. LOMONOSOV

Abstract

AGRICOLA, KIRCHER AND LEMONOSOV: THE FIRST DESCRIPTIONS AND INTERPRETATIONS OF UNDERGROUND AIR CIRCULATION - *Description of a fascinating journey through pre-naturalistic ideas of the XVI-XVIII centuries on the air circulation underground, started near Terni, with De Cataractis, then in Rome with Mundus Subterraneus and ended in St. Petersburg, where in XVIII century has lived the first scholar of circulation of air in the caves of Italy.*

Key words: air circulation in caves, underground meteorology, ATHANASIUS KIRCHER, GEORGIUS AGRICOLA, MICHAEL V. LOMONOSOV

Introduzione

Non sappiamo chi sia stato il primo a notare che sottoterra, a volte, soffia un gran vento. Chissà, probabilmente sarà toccato ad un antico artista di pittura parietale a cui la corrente d'aria faceva fastidiosamente ballare la fiamma della fiaccola, innervosendolo.

Ma è certo che già gli antichi minatori erano diventati di necessità ben esperti nei flussi d'aria, visto che una delle tecniche di estrazione dei minerali era basata sull'accensione di fuochi contro la roccia: una fiamma in sottoterraneo, e soprattutto nei minuscoli sotterranei delle antiche miniere, uccide in brevissimo tempo chiunque le si trovi sottovento...

E' possibile però che quelle che andiamo ad analizzare in questo lavoro siano le prime discussioni che riguardano questo problema. Si tratta di quattro testi scritti fra il 1550 e il 1750 che ne parlano diffusamente, osservazioni che abbiamo trovato grazie ad una bizzarra serie di coincidenze.

Jan Herbinus, 1678

Nella sua dissertazione sulle cateratte, questo erudito slesiano seicentesco ci diverte con asserzioni di questo genere:

A quale funzione è destinata questa circolazione dei venti nelle caverne della Terra? Risposta: a tenere in equilibrio la Terra, il cui corpo, essendo pesante è schiacciato dal proprio peso; allo stesso modo l'aria e i venti, permeando le vene e i carceri, contrastano da quella parte questa forza, in modo che qualsiasi parte fosse meno solida, alla fine la infrangono con gran scuotimento, ed escono fuori non senza gran turbine, come avviene abitualmente in ogni terremoto. (...)

Un altro uso è che i venti che entrano negli ergastoli sotterranei, con sé portano là i molti pestiferi fetori corporei di cui è infetta l'aria, e quindi là vagando, in Idrocarceri e Pirocarceri, li dissipano deponendoli; finché finalmente espurgati e più salubri irrompono all'esterno, portandoci un'aria pura e temperata.

Ha però il merito di trascrivere un testo "speleologico" davvero interessante di KIRCHER che, a quanto pare, era sinora sfuggito a tutti. Vediamolo.

Athanasius Kircher, 1665

Nel suo *Mundus Subterraneus* dedica diverse pagine alle circolazioni d'aria sottoterra, cercando di spiegare quelle del monte Eolio, presso Terni, notandone in particolare la stagionalità:

Il sito di questo monte è fra Castello San Gemini e Interamnia, volgarmente Terni, proteso in una catena montuosa per otto miglia da est a ovest, come si vede nell'allegata figura. (...)

Sul monte vi è un villaggio di nome Cesi (...). E così questo monte a buon diritto si chiama Monte Eolio, o dei Venti, che in certi momenti son così intensi che sarebbero da chiamare "tempeste".

Infatti durante l'estate da tutte le fessure e spaccature soffia un vento impetuoso, tanto che nell'abitato adiacente sono ricordati abitanti che, con una sorprendente attività, non diversamente da come si fa nelle città per i canali dell'acquedotto, fra cripte e cantine disponevano (da queste fessure) canali da vento, impregnando di una gratissima freschezza sia vino e acqua, sia ogni genere di frutta.

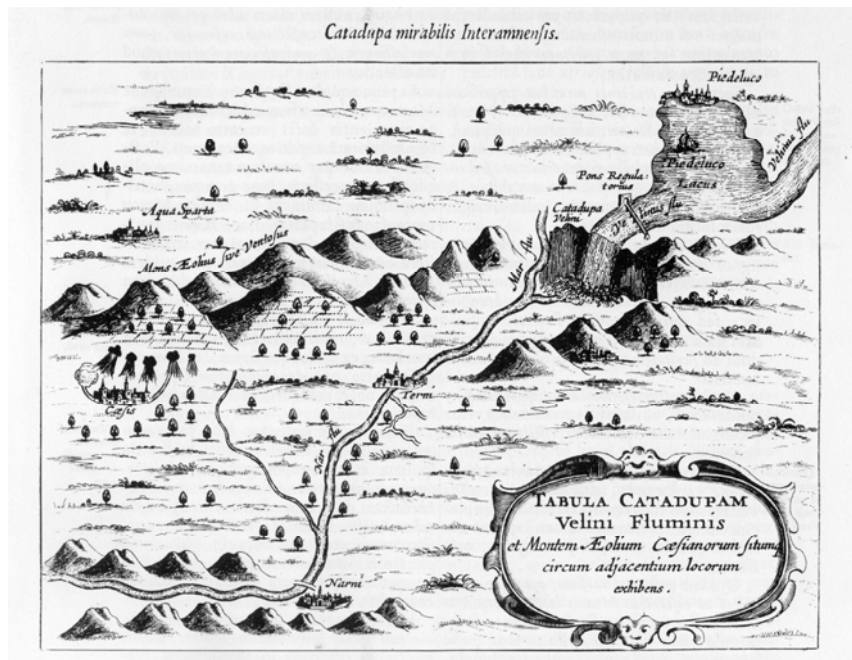


Figura 1. La zona del Monte Eolio in *Mundus Subterraneus*.

Figure 1. The Mons Aeolium region in *Mundus Subterraneus*.

Cerca di trovare spiegazioni di questi flussi d'aria:

Senza dubbio assumo per prima cosa che tutto questo monte sia cavo, cosa che hanno per certo gli indigeni, istruiti da una lunga esperienza e che io ho scoperto con un'esperienza indubitabile.

Dopo che infatti ti sarai inoltrato per qualche occulto meandro, nel primo luogo ove orridi precipizi appaiono sospesi nell'abisso del monte, se vi getti una pietra si risveglierà dopo parecchio tempo un suono come in pozzi o cisterne echeggianti, cosa che senza dubbio non può dare maggiore indizio di una grande cavità nel monte. (...)

Tutta la superficie sassosa del monte è segnalata piena di buchi, spaccature e fenditure (...). Poggiato su queste premesse dico: presto quest'aria esterna fra i sassi del monte, dilatata dalle molteplici riflessioni del sole in una tenuissima sostanza rarefatta, in cerca di un maggior spazio, si insinua con sommo impeto nelle viscere interne fra fessure e spaccature. Ma, dato che non può coesistere con quella che è all'interno del monte, l'aria

interna come un pellegrino spinto ed obbligato da quella entrante, (anch'essa) spinta e obbligata, ancora una volta preparandosi un rifugio nei maggiori meati del monte, dopo lunga lotta finalmente è espulsa con violenza (all'esterno). (...)

E in questo modo nasce quel vento, di cui abbiamo parlato, nel tempo estivo e alle ore stabilite: e infatti al cessare della calura esterna di conseguenza deve cessare anche il vento.

Ma in realtà KIRCHER non riesce a fare nessuna ipotesi sensata sui motivi reali della circolazione dell'aria in sotterraneo.

Georgius Agricola, 1556

Circa cento anni prima di KIRCHER, l'AGRICOLA nel suo *De Re Metallica* parla di correnti d'aria sotterranee, relativamente al grande problema della ventilazione delle coltivazioni minerarie. Questo grande tecnico ne nota verso e stagionalità:

D'altra parte l'aria si riversa spontaneamente nella caverne della terra, proprio tutte le volte che può penetrare in essa, e nuovamente ne sfugge via: ma questo avviene in diversi modi. E veramente nei giorni di primavera e d'estate entra nel pozzo più alto, scorre attraverso cunicoli e gallerie nascoste, e dalla bocca più bassa fuoriesce. (...)

Ma durante l'autunno e l'inverno al contrario, entra nel cunicolo o nel pozzo inferiore, ed esce da quello superiore.

Nota pure il fatto che nelle stagioni intermedie il flusso diventa instabile:

Ma in entrambi i periodi, prima di prendere con costanza il suo flusso consueto, l'aria ha frequenti inversioni, di solito per un periodo di quattordici giorni, ora entrando nel cunicolo o nel pozzo a quota più alta, ora in quello a quota più bassa.

Ma non si preoccupa affatto di spiegare il fenomeno, si limita a constatarlo.

Michail Lomonosov, 1750

A metà del '700 questo straordinario scienziato russo legge l'AGRICOLA e finalmente spiega il motivo delle circolazioni d'aria sotterranee: differenti densità fra le colonne d'aria interne ed esterne.

Scriva un articolo, "*De Motu Aeris in Fodinis Observato*", che probabilmente è il primo testo "moderno" di meteorologia sotterranea.

L'aria nelle miniere ha lo stesso grado di calore qualunque sia la stagione dell'anno, giacché i sotterranei non sentono ingiurie né di freddo né di calura. Al contrario l'aria esterna è dominata d'inverno dal freddo, d'estate dal caldo. (...)

Quindi d'estate l'aria delle miniere è più fredda di quella esterna, e d'inverno la stessa è più calda, e ne deriva che d'estate la sua gravezza specifica è maggiore di quella esterna, d'inverno ne è minore. (...)

Se entrambi i pozzi e la galleria profonda sono riempiti di un fluido che supera la gravezza specifica dell'aria esterna, il fluido nel pozzo alto supererà in peso il fluido nel pozzo basso.

Spiega così anche i periodi di inversione della circolazione dell'aria:

In primavera e in autunno, quando lottano il caldo e il freddo, l'aria esterna ogni tanto diventa più calda, ogni tanto più fredda di quella interna che occupa la miniera, e avviene così che l'esterno ogni tanto diventa più di minor gravezza specifica, ogni tanto di maggiore. Non è quindi straordinario che in quelle stagioni il moto dell'aria che permea le miniere, si alterni in opposti versi (...).

E conclude il lavoro con un'affermazione che lo consacra essere il Primo Studioso delle Circolazioni d'Aria in Grotta:

Non d'altro che da questo lavoro ci si può aspettare la spiegazione di altri fenomeni naturali. ATHANASIVS KIRCHER nel Mundus Subterraneus riferisce che esistono in Italia delle grotte che in certi anni soffiano aria di tempesta e producono vento nei terreni vicini, e riteniamo che la teoria che abbiamo esposto possa essere di aiuto per spiegare questo fenomeno.

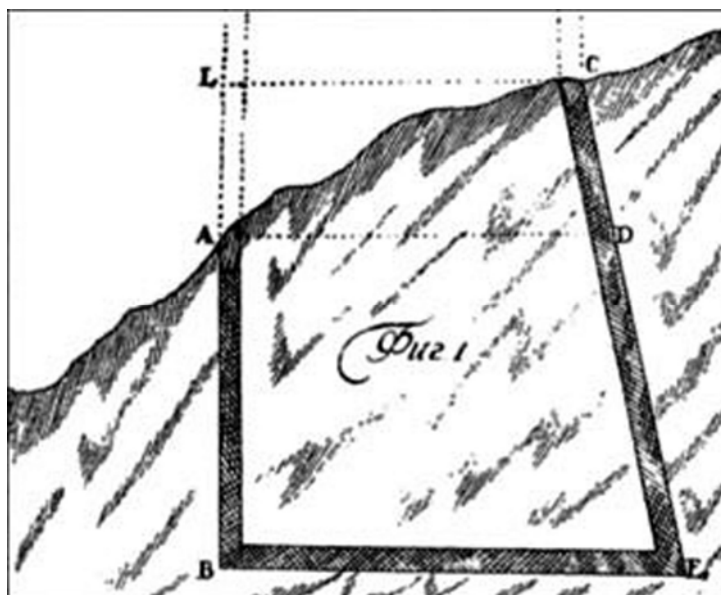


Figura 2. Schema di miniera nel De Motu.

Figure 2. Mine sketch in *De Motu*.

Bibliografia

AGRICOLA G., 1550. *De Re Metallica*. CLUEB, 2008.

HERBINIUS J., 1678. *Dissertationes de Admirandis Mundi Cataractis Supra et Subterraneis*.

KIRCHER A., 1665. *Mundus Subterraneus*. Ristampa Forni Ed., 2004.

LOMONOSOV M., 1732. *De Motu Aeris in Fodinis Observato*, Novi Commentar. Acad. Petropolitanae, vol. I, 267.

IL SUBTERRANEAN SUCKING EVAPORIMETER: UN NUOVO STRUMENTO PER LE MISURE DI UMIDITÀ IN GROTTA

GIOVANNI BADINO¹

¹*Dipartimento di Fisica, Via Giuria 1, 10125 Torino; giovanni.badino@unito.it*

Riassunto

Stiamo sviluppando un nuovo strumento per le misure di sovra- e sottosaturazione del vapore d'acqua in grotta denominato "SSE", per Subterranean Sucking Evaporimeter. Si basa sulla misura di precisione delle variazioni del livello di acqua in un recipiente di riferimento. La misura è ottenuta senza un diretto contatto con l'acqua, e questo rende possibile l'utilizzo di sensori per gas che sono più semplici, accurati e di costo più contenuto di quelli per liquidi. Le variazioni di livello misurabili sono dell'ordine di 50 µm su periodi di giorni o settimane e questo permetterà di misurare scostamenti di 0.01% dall'umidità di equilibrio, due ordini di grandezza più piccoli di quanto si possa fare attualmente coi migliori psicrometri.

Parole chiave: umidità, nuvole sotterranee, meteorologia sotterranea, psicrometria, evaporimetro

Abstract

THE SUBTERRANEAN SUCKING EVAPORIMETER: A NEW INSTRUMENT TO MEASURE HUMIDITY IN CAVES - *We are developing a new instrument to measure super-and sub-saturation of water vapour in caves, named "SSE" for Subterranean Sucking Evaporimeter. It is based on accurate water level measurements in a container reference. This measure is obtained without any direct contact with water, which permits using gas pressure gauges, a kind of sensors that is more simple, accurate and cheap than the liquid pressure gauge. Accuracy of water level measures is better than 50 µm along periods of some days or weeks, which allows us to measure deviations of 0.01% from the equilibrium relative humidity, two orders of magnitude smaller than the most sensitive existing psychrometers.*

Keywords: humidity, clouds, groundwater, meteorology underground, psychrometry, evaporimeter

Introduzione

E' ben noto che, di norma, le micro-atmosfere sotterranee sono estremamente umide. La ragione è evidente: si tratta di ambienti semi-chiusi in contatto con vastissime superfici di acqua libera, e quindi è inevitabile che l'umidità relativa sia sostanzialmente ai valori di equilibrio definiti dall'equazione di Clapeyron (FLETCHER, 1969).

Sostanzialmente, ma non esattamente: vale la pena di sottolineare che i processi di evaporazione indotta da correnti d'aria che vengono invocati per molti processi di deposizione -eccentriche e simili- non avverrebbero affatto, vento o non vento, se l'umidità relativa fosse davvero del 100%.

I livelli di sopra- o sotto-saturazione del vapore acqueo in grotta sono piccolissimi (frazioni dell'1%) e prossimi al livello di equilibrio, quindi non sono misurabili con psicrometri. D'altra parte il vapor d'acqua nelle micro-atmosfere sotterranee ha un ruolo essenziale nella speleogenesi (BADINO, 2005), (LISMONDE, 2002) ed è quindi un parametro molto importante da misurare.

L'idea è quindi quella di sviluppare un evaporimetro che si basi sulla misura del livello dell'acqua in un recipiente esposto all'ambiente sotterraneo, con grande precisione e su tempi lunghi per stimare se l'aria sia o no soprassatura di vapor d'acqua.

Il guaio è che gli usuali misuratori di livello dell'acqua in genere sono costosi e non sufficientemente precisi.

Lo strumento qui presentato, denominato Subterranean Sucking Evaporimeter (SSE) utilizza dei sensori differenziali di pressione per gas per misurare un livello d'acqua. Questi sensori raggiungono la risoluzione di

0.5 Pa, corrispondenti a 50 micron in acqua, e sono molto meno costosi e più affidabili dei corrispondenti da immersione.

In pratica, lo strumento si propone di misurare la pressione del gas all'interno di un tubo chiuso in contatto con la superficie dell'acqua. La sua struttura di base, che andiamo a modellizzare nel seguito, è la seguente:

- 1) recipiente A con forma di parallelepipedo o di cilindro, abbastanza ampio da limitare gli effetti di bordo sulle correnti d'aria, abbastanza profondo da dare autonomia di misura ma senza esserlo troppo per il motivo precedente. Le dimensioni, comunque, le decideremo sulla base dell'esperienza, probabilmente volta per volta;
- 2) un tubo-serbatoio S di sezione S chiudibile alla sommità e aperto alla base che possa essere fissato in modo affidabile alla parete del recipiente A;
- 3) un sensore di ΔP che misuri la differenza fra la pressione esterna e quella nel tubo S.

Passiamo ora ad analizzarne la fisica.

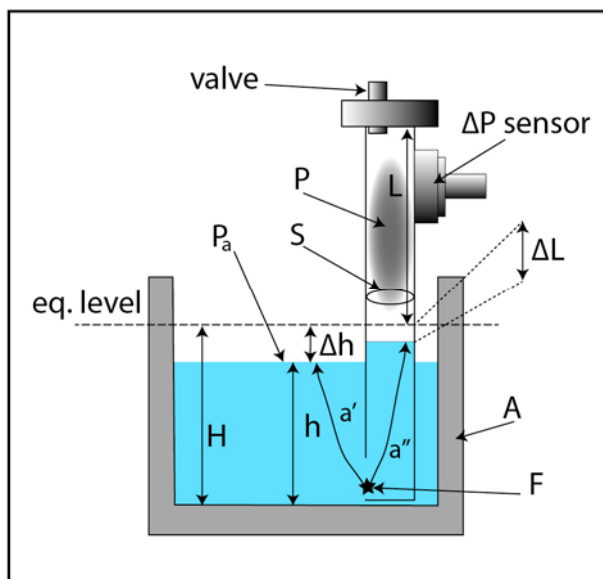


Figura 1. Schema del dispositivo, si veda il testo per il significato dei simboli.

Figure 1. Evaporimeter sketch, see text for symbols explanation.

Funzionamento

La pressione interna al tubo S sia P. La lunghezza L è la distanza fra il livello dell'acqua all'equilibrio e la sommità del tubo S. All'inizio ci impostiamo su un livello di equilibrio immergendo il sensore aperto, lasciandolo equilibrare e poi chiudendo la "valvola". La pressione interna a S è quindi P_a , come quella esterna. Il livello all'equilibrio nel recipiente sia H. Supponiamo intanto che vari il livello (Δh) in A a causa di evaporazione o condensazione, e vediamo di quanto varia il livello (ΔL) dentro il tubo. Sul fondo (Punto F) la pressione è calcolabile dal ramo a' e dal ramo a'', e ovviamente i due devono essere uguali, quindi:

$$P_a + \rho g(H - \Delta h) = P + \rho g(H - \Delta L)$$

Dal che deduciamo che la pressione P nel tubo S dell'evaporimetro è

$$P = P_a + \rho g \Delta L - \rho g \Delta h \quad (1)$$

Ma il volume di S è SL, quindi possiamo legare la variazione di pressione interna alla variazione di volume e,

con l'equazione di stato dei gas perfetti abbiamo

$$P = P_a \left(1 - \frac{\Delta L}{L} \right) \quad (2)$$

Uguagliando le equazioni (1) e (2) otteniamo

$$-P_a \frac{\Delta L}{L} = \rho g \Delta L - \rho g \Delta h$$

Ora al posto di P_a mettiamo la profondità equivalente in acqua dell'atmosfera H_a , come è noto uguale a circa 10.5 m di acqua

$$P_a = \rho g H_a \approx \rho g \times 10.5$$

$$-H_a \frac{\Delta L}{L} = \Delta L - \Delta h$$

$$\Delta L = \frac{L \Delta h}{L + H_a} \approx L \frac{\Delta h}{H_a}$$

Abbiamo quindi che fra le variazioni di livello esterna Δh e interna ΔL al tubo c'è un fattore di riduzione dato da L/H_a . Il calo di pressione dentro il tubo S è, approssimando con (2)

$$\Delta P = P - P_a = -P_a \frac{\Delta h}{H_a} \approx -\rho g \Delta h$$

vale a dire che la pressione nel tubo S contiene l'informazione della variazione del livello esterno dell'acqua. Misurare la pressione sul fondo del serbatoio o dentro l'evaporimetro è in prima approssimazione uguale, ed è questo il punto chiave che ci permette di misurare un livello di liquido con un sensore di gas.

Risposta alle variazioni esterne

Se la pressione atmosferica varia, farà variare il livello dell'acqua perché una parte del fluido è libera di andare a riempire il tubo S. Quindi se il sistema era inizialmente all'equilibrio, questo equilibrio verrà mantenuto e il sensore differenziale fra il tubo S e l'esterno misura sempre zero anche se la pressione atmosferica P_a varia.

Più complessa è la dipendenza da T, visto che la temperatura fa sicuramente variare sia il volume che la pressione nel serbatoio S.

Analizzando brevemente la situazione per piccoli ΔT , e trascurando diversi dettagli delle trasformazioni, si può mostrare che, a livelli fissati, una variazione di temperatura ΔT provoca all'interno di S una variazione di livello data da

$$\Delta L \approx L \frac{\Delta T}{T}$$

Questo causa una variazione di pressione dentro S, che quindi simula una variazione del livello dell'acqua in A, data da

$$\frac{\Delta P}{P_a} = \frac{\Delta T}{T} \left(\frac{L}{H_a} \right)$$

E quindi una variazione di temperatura ΔT simula una variazione di livello in A.

Primo test

E' stato realizzato un primo test di fattibilità al fine di determinare sia l'accuratezza raggiungibile, sia la sensibilità alle variazioni ambientali, in una configurazione da laboratorio, visibile in foto.



Figura 2. Configurazione di test del SSE.

Figure 2. Testing a prototype.

Nella superficie d'acqua sono stati inseriti e tolti dei piccolissimi volumi per ottenere micrometriche (100-200 μm) variazioni di livello, al fine di verificarne la sensibilità. I risultati, mostrati in figura 3, sono stati incoraggianti. Con misuratori differenziali di pressione abbastanza comuni è possibile vedere variazioni di livello di qualche decina di micron.

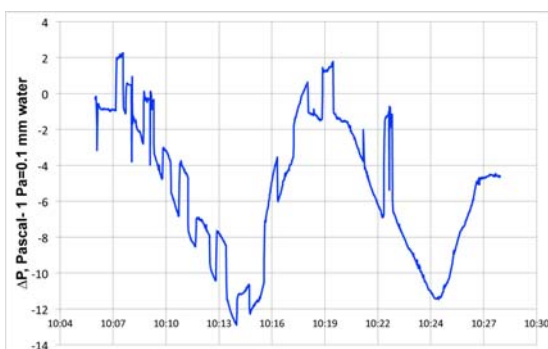


Figura 3. Esempio di risoluzione dello strumento per variazioni di livello ottenuti con inserimento ed estrazione di un tubicino in acqua.

Figure 3. An example of SSE resolution. Level variations are obtained by sinking and pulling out a small tube into the water.

Rimane il fatto, visibile in figura come onda sinusoidale, che c'è una componente legata alle variazioni ambientali di temperatura.

Per ovviare a questi inconvenienti è stata messa a punto, con primi test in grotta, una nuova configurazione che è stata sottoposta a test i cui risultati saranno presentati al convegno.

Conclusioni

Questo strumento, con precisione intrinseca elevata, costo contenuto e una probabile buona affidabilità su lunghi periodi di tempo, promette di diventare un ausilio fondamentale per la stima dei processi di condensazione ed evaporazione nelle grotte, chiarendone finalmente le variazioni locali, la stagionalità, l'importanza per deposizione di speleotemi e l'effetto sulla morfologia delle grotte.

Bibliografia

- FLETCHER N., 1969, *The Physics of Rainclouds*, Cambridge Univ. Press, 389 pp.
- BADINO G., 2005, *Clouds in Caves*, Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers 2 (2),
www.speleogenesis.info
- LISMONDE B., 2002, *Aérologie des Systèmes Karstiques*, CDS Isère, 362 pp.

TRACCIAMENTO DELLE CORRENTI AEREE CON TERPENI NATURALI

GIAN DOMENICO CELLA¹, DANIELE GIGANTE¹, MAURIZIO MIRAGOLI²

¹ Gruppo Grotte CAI Novara, Vicolo Santo Spirito 4, Novara; segreteria@gruppogrottenovara.it

² Gruppo Grotte CAI Milano

Riassunto

Dopo una breve descrizione di quanto noto in letteratura circa il tracciamento delle correnti aeree, viene proposta una metodologia originale in grado di tracciare flussi d'aria sotterranei mediante rilascio di terpeni naturali, quali limonene e pinene. Per distanze brevi, il passaggio del tracciante può venire rilevato olfattivamente; risultati più performanti sono stati ottenuti collocando lungo le ipotetiche vie di deflusso rilevatori a carbone attivo. La presenza del tracciante viene accertata mediante analisi gascromatografica. L'estrazione degli analiti può venire condotta con due metodi: estrazione con solventi oppure estrazione termica con la tecnica dello spazio di testa. Il riconoscimento degli analiti può venire effettuato con due diversi rivelatori a seguito della separazione cromatografica: rivelatore a ionizzazione di fiamma (GC-FID) oppure con rivelatore di massa (GC-MS). Un controllo su un sistema carsico noto (Grotta Zelbio, CO) ha validato la correttezza del metodo; test su sistemi di ampio sviluppo (Complesso del Nosè, CO, e sistema Sebino, BS) hanno fornito risultati congruenti. Un'analisi critica della metodologia usata e dei risultati ottenuti ha permesso di avanzare una serie di proposte migliorative, alcune delle quali oggetto di studio, altre in attuazione.

Parole chiave: tracciamento aria, terpeni, meteorologia ipogea, gas cromatografia, spettrometria di massa

Abstract

TRACING AIR FLOWS WITH NATURAL TERPENS - *This work starts with a short description on the present knowledge on aerial tracer tests, then we propose a new methodology able to mark the subterranean air flow by the gradually release of natural terpenes (e.g. limonene, pinene). The fixing of the markers was carried out by absorption onto some activated charcoal detectors placed along the supposed air pathways. The terpenes adsorbed onto these detectors were analysed by gaschromatographic methods. Particularly two extraction methods of analytes were tested: liquid extraction by solvents or thermal extraction by Head Space technique (HS-GC). The identification of analytes after gaschromatographic separation was carried out by two detectors: flame ionization detector (GC-FID) or mass detector (GC-MS). This marking method by natural terpenes was tested in a well-known cave system to verify its behavior; some tests on larger systems (e.g. Nosè Valley cave system on Tivano plain (Italy, CO) and Sebino cave system (Italy, BG)) provided interesting results. Currently we are carrying out several attempts to improve the methodology.*

Key words: hypogean meteorology, tracing air flows, terpenes, gas chromatography–mass spectrometry

Stato dell'arte

Immancabilmente, la presenza di violente correnti di aria all'uscita o all'interno di una grotta suscita nello speleologo (e non solo...) l'innato interrogativo: "da dove proviene?". Da tempo immemore ci si è quindi ingegnati per immettere nell'aria le più incredibili sostanze traccianti, odorose e non, possibilmente rilevabili dai sensi umani (vista, olfatto). Per quanto di nostra conoscenza e da quanto reperito nella bibliografia speleologica, in verità poco nutrita sull'argomento, anche perché alcune sostanze e rispettive modalità di impiego sono al limite della sicurezza e della legalità, citiamo a caso (comunicazioni personali, BANTI, 1984, LISMONDE, 2002, RIVOLTA et al., 2013):

- *Fumo*: tracciante maggiormente utilizzato, con risultati generalmente modesti.
- *Combustione di pneumatici*: ricerca giunzione al Gouffre Berger (F). Odore debolmente percepito, ma alcun risultato pratico.
- *Combustione incenso*: riuscita giunzione Berger Hole-Cosa nostra (A). Distanza breve.

- *Combustione di zolfo*: rilevamento del pungente gas che si libera (anidride solforosa). Sperimentato con successo negli anni '60 nel carso triestino.
- *Rilascio esafluoruro di zolfo*: sperimentazione positive in Francia nel 2001.
- *Rilascio anidride carbonica*: associato a determinazione quantitativa tramite una sonda di rilevamento specifica, permette di determinare anche il volume della grotta. Sperimentato più volte con successo in Francia da LISMONDE in sistemi semplici.
- *Rilascio mercaptani (etil-mercaptano, tiofene, ecc.)*: rilevamento olfattivo, favorito dalla bassissima soglia di percezione (ca 1 ppb). Per quanto ne sappiamo, buoni risultati in aree varesine e in Toscana. Elevato rischio di provocare allarmi (queste sostanze vengono comunemente addizionate al metano e al GPL domestico per evidenziarne le fughe) e male odorare le falde acquifere.
- *Essenze alimentari e cosmetiche*: sempre Lismonde ci segnala esperimenti in Francia nel 2002 da parte di ERIC SANSON.

Parallelamente, in campo civile, la necessità di conoscere l'esatto percorso dei flussi aerei sotterranei, unitamente al miglioramento e all'abbattimento dei costi di tecniche analitiche avanzate, hanno portato allo sviluppo di tecniche di indagine che utilizzano minime concentrazioni di traccianti innocui, definendo anche normative (ISO 16000-8) che ne codificano l'uso.

Con alcune tecniche, per particolari tipi di traccianti il rilevamento ha ora raggiunto sensibilità inferiori a 1 ppt (parti per trilardo).

I campi di impiego indagati sono molto vasti:

- Circolazione dell'aria in masse rocciose al fine di evidenziarne le fratture;
- Circolazione di aria in frane al fine di trarre indicazioni sulla loro stabilità;
- Movimentazione e ricambio dell'aria in ambienti chiusi;
- Individuazione di perdite nei condotti aerei;
- Circolazione e ricambio dell'aria in metropolitane e in miniere.

Alcuni lavori (STANDISH, 1988; OSHA, 1994; SASAKI, 2000; BJÖRLING, 2008) ci forniscono un quadro abbastanza completo di quanto finora noto in questo ambito. In Tabella 1 tentiamo di sintetizzare lo stato dell'arte per quanto di nostra conoscenza.

Tracciante	Rilevamento	Note
Fumo	Visivo, Telecamera	Bassa portata
Aria calda	Termocamera	Bassa portata
An. Carbonica	Sonda I.R.	Misura quantitativa continua, Bassa sensibilità, Gas asfissiante, Costo medio
An. Solforosa	Olfattivo	Sostanza aggressiva per l'ambiente, tossica
Tetraidrotiofene	Olfattivo	Alta sensibilità, Rischio allarmi, Conferisce odore nauseante all'aria e all'acqua
Etil mercaptano	Olfattivo	Simile a tetraidrotiofene
Acetilene	Sonda	Misura quantitativa continua, Bassa sensibilità, Pericolo esplosioni
Idrocarburi fluorurati	Carbone attivo	Altissima sensibilità, Misura quantitativa solo puntuale, Costo elevato

Tabella 1. Sistemi noti di tracciamento dell'aria

Table 1. Common used aerial flow marking systems.

Tracciamento con terpeni naturali.

Complici le pressioni esercitate dagli speleologi del progetto "In Grigna!", abbiamo lavorato ad un approccio di tracciamento che osservasse i seguenti dettami:

- Tracciante non tossico, in modo da poter essere seguito per brevi distanze dagli stessi speleologi;
- Rilevamento dello stesso con metodologie semplici e possibilità di ricercarlo a posteriori;
- Possibilità di usare gli stessi rilevatori per analisi più raffinate.

Sulla base dei dati bibliografici e dopo vari tentativi, abbiamo partorito un metodologia sicuramente migliorabile, ma che al momento riteniamo abbastanza soddisfacente.

In sintesi, come traccianti abbiamo scelto degli idrocarburi naturali abbastanza volatili quali limonene e pinene che emanano aroma gradevole e non sono tossici (al D-limonene vengono addirittura riconosciute proprietà medicinali e antitumorali). In Tab.2 sono riportate alcune caratteristiche chimico-fisiche di tali composti. Il rilascio viene effettuato in modo continuo nel tempo per semplice evaporazione, in modo da portare il sistema all'equilibrio (Fig.1).

Proprietà	D-limonene	β -Pinene	Proprietà	D-limonene	β -Pinene
Odore	Agrumi	Pino	Infiammabilità (°C)	54	36
Temp. Fusione (°C)	-74	-61	Esplosività (%)	0.7-6.1	0.8-
Temp. Ebollizione (°C)	162	166	Soglia odore (mg/m ³)	0.2	0.01-20
Densità (g/cc)	0.84	0.86	Allergibilità (%)	0.3-3	Minima
Tensione vapore (Pa)	160	300	LD50 (mg/kg)	6000	
Solubilità in acqua (%)	0.002	No	Soglia esposiz. TLV (mg/m ³)	550	

Tabella 2. Principali caratteristiche chimico-fisiche dei terpeni utilizzati.

Table 2. Main physico-chemical properties of used terpenes

Il fissaggio del tracciante avviene su carbone attivo (Fig. 2), dove può venire determinato successivamente qualitativamente per via olfattiva e anche quantitativamente in laboratorio con diverse metodologie, tra cui la gas cromatografia (GC), eventualmente associata a spettrometria di massa (GC-MS).



Figura 1 (sinistra). Modalità di rilascio del tracciante

Figure 1 (left). Marker release system



Figura 2 (destra). Rilevatore posizionato in grotta

Figure 2 (right). Activated charcoal detector in the cave

Risultati

Come già riportato in letteratura (SEARLE, 1989; OSHA, 1994), in laboratorio abbiamo preventivamente verificato l'efficacia dei captori a carbone attivo, che è risultata superiore a una possibile metodologia alternativa che prevedeva l'assorbimento dei terpeni su idrocarburi alifatici supportati su tessuto inerte.

In Fig. 3 sono riportati i risultati ottenuti nel test. In alto si possono osservare i cromatogrammi relativi agli estratti del "bianco" (cettore in ambiente privo di D-limonene) e del "cettore" (cettore in ambiente contenente D-limonene). In basso si osserva lo spettro di massa registrato dallo strumento che permette l'attribuzione del picco. A titolo di esempio, l'esposizione per 60 minuti in ambiente statico contenente 10

ppm (50 mg/m^3) di D-limonene comporta un assorbimento dell'ordine di 0.07 mg/g di carbone, ben riconoscibile con tecnica GC-MS.

La verifica sul campo è stata condotta nel sottosistema Zelbio-Bianchen, che attualmente costituisce la regione più bassa del sistema della valle del Nosè (CO), poiché già abbastanza conosciuta dal punto di vista meteorologico. Una rappresentazione schematica è riportata nella successiva figura 5.

Sono stati rilasciati all'ingresso della grotta Zelbio 100 cc di D-Limonene, addizionati di 100 cc di citrale, in modo da potenziarne l'odore di limone. Al momento del lancio (20 luglio 2013), la grotta richiamava una violenta corrente d'aria esterna, ove la temperatura era prossima ai $30 \text{ }^\circ\text{C}$; un rilevatore a carbone attivo è stato posto alla grotta Bianchen, ingresso basso del sottosistema, che buttava $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$ di aria alla temperatura di $9,0 \text{ }^\circ\text{C}$.

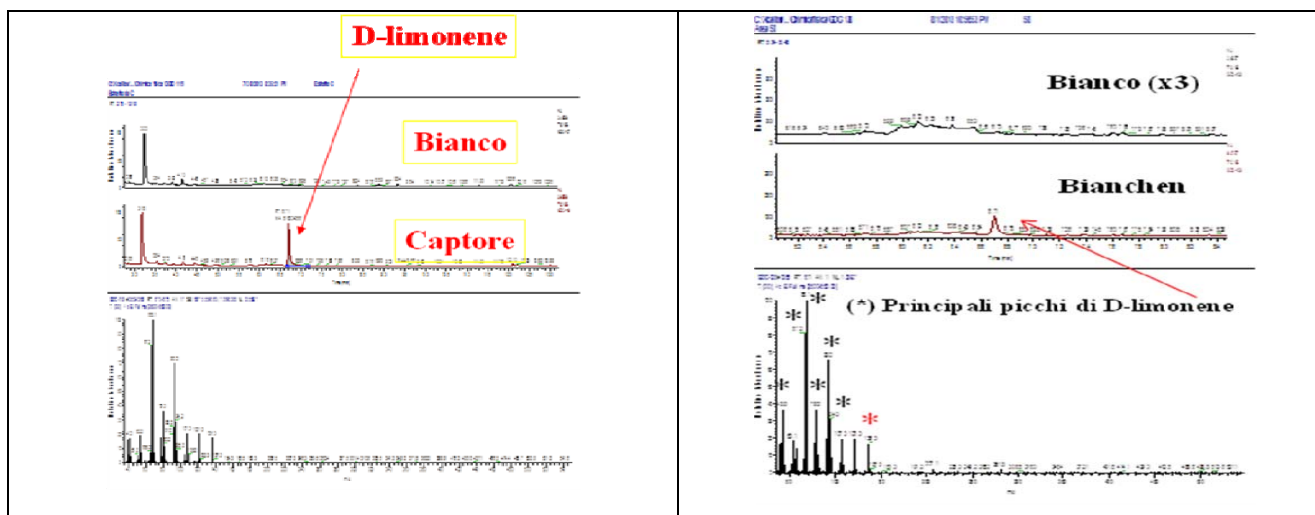


Figura 3 (sinistra). Rilevamento di D-limonene in laboratorio Figura 4 (destra). Risultato tracciamento in Zelbio

Figure 3 (left). D-limonene detection in static conditions Figure 4 (right). Marking results on Zelbio cave's aerial flow

Un controllo olfattivo ha permesso di seguire l'odore del tracciante per oltre un centinaio di metri dentro la grotta, ma non ha dato riscontro all'uscita del sottosistema (verifica dopo 8, 24 e 160 h). L'analisi GC-MS effettuata sul captore lasciato per una settimana al Bianchen ha invece evidenziato il passaggio inequivocabile di D-limonene, in concentrazione di circa 0.2 mg/g . In Fig. 4 sono riportati in alto i gascromatogrammi relativi agli estratti del "bianco" e del "Boecc del Bianchen", in basso lo spettro GC-MS, le cui masse caratteristiche ed il loro rapporto relativo fanno riconoscere D-Limonene nel picco dell'estratto. Non è stata rilevata alcuna traccia di citrale, non volatile a sufficienza per potere essere utilizzato nelle nostre grotte; ad una settimana dal tracciamento stazionava ancora nelle prime sale.

Successivi test, alcuni presentati a questo congresso, hanno fornito risultati positivi in varie aree carsiche piemontesi e lombarde (Piani del Tivano, CO; Bueno Fonteno, BS; Borello, CN).

Confronto con misure meteorologiche

Parallelamente al tracciamento, abbiamo portato avanti alcune proposte emerse da studi meteorologici di un certo rilievo (Badino, 2010; Lismonde, 2002), nell'ottica di ottenere risultati probanti eludendo metodologie complesse.

Abbiamo quindi collezionato vari parametri rilevanti della meteorologia ipogea, sia agli ingressi che all'uscita del sistema dei Piani del Tivano, per individuare quali potessero essere le misure atte a dare informazioni sul sistema. Quelli che ci sono parsi avere maggiore significanza sono stati la temperatura dell'aria in uscita, la sua velocità e la sua portata; gli altri, sebbene costantemente rilevati, non hanno fornito significative correlazioni. Pressione, temperatura e ventosità esterne, presenza o meno di sole sui versanti sono condizioni al contorno che devono comunque venire monitorate durante tutto il periodo delle misurazioni. Per l'acquisizione dei dati, dalla durata da qualche minuto a svariate ore, ci si è avvalsi di un PC portatile. Vista la complessità del sistema, dall'estensione di oltre 60 Km e 8 ingressi noti, abbiamo

inizialmente focalizzato la raccolta dati su una sezione ridotta del complesso, l'area Zelbio/Bianchen(Aurora).

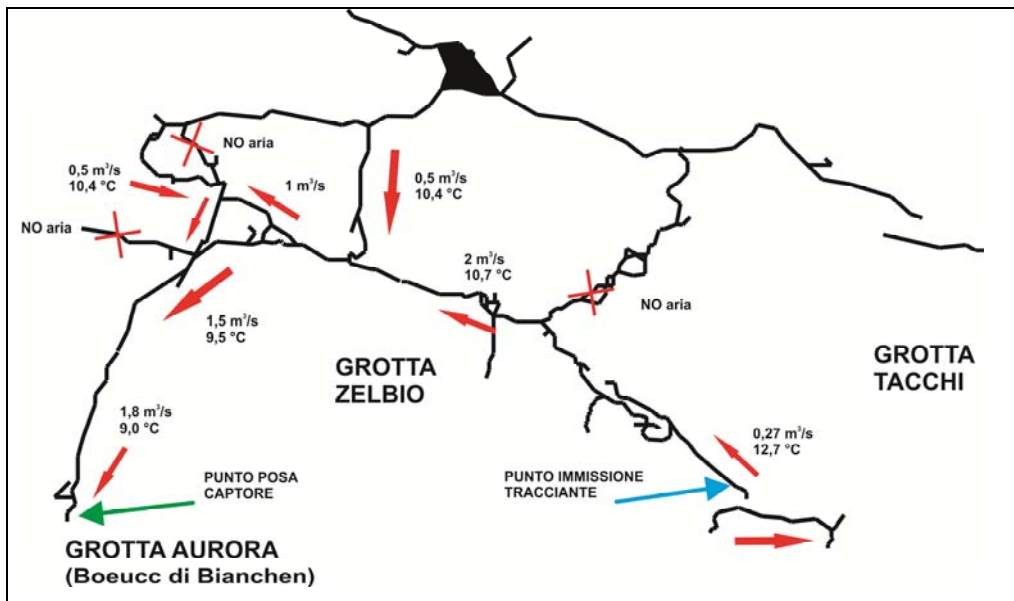


Figura 5. Sistema di grotte di Zelbio; situazione meteo ipogea nel periodo del tracciamento.

Figure 5. Zelbio's caves system: hypogean meteorological situation during the tracing experiment.

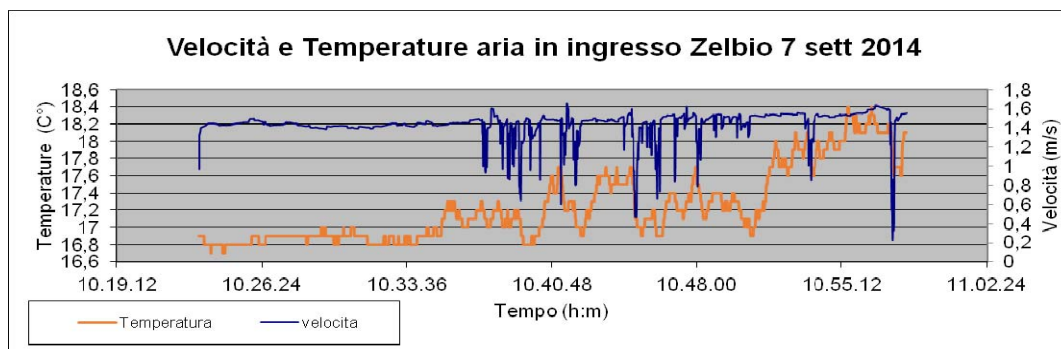


Figura 6. La velocità media varia con la temperatura esterna, accompagnata da improvvise e imprevedibili variazioni.

Figure 6. Air flow depends on external temperature. But very abrupt changes are present.

Ad oggi, con il limite della contemporaneità della raccolta dati, possiamo dire con un certo grado di ottimismo che:

1. Il movimento di aria all'ingresso e all'uscita di condotte certamente collegate, dà origine a oscillazioni di velocità le cui frequenze dipendono dalle dimensioni e dalla lunghezza delle stesse.
2. Le stesse misure permettono di calcolare a grandi linee i tempi di percorrenza dell'aria nelle condotte, facilitando così i calcoli per il rilascio dei traccianti.
3. La correlazione delle frequenze infrasoniche, accompagnata da quelle della temperatura, permettono di stimare con un buon grado di certezza se due ingressi sono parte di uno stesso sistema; nel nostro caso, la correlazione Zelbio – Bianchen è molto buona, pari a 81%, confermando quindi i risultati del tracciamento chimico.

In un lavoro successivo procederemo a descrivere i dettagli di lavoro.

Conclusioni e raccomandazioni

Quanto sopra esposto ci ha permesso di trarre alcune conclusioni:

- i traccianti scelti non sono tossici, non creano allarmismo, si gestiscono facilmente e presentano un costo abbordabile;

- le operazioni sul terreno (lancio, posa e cambio dei captori) sono alla portata di qualsiasi speleologo munito di buona volontà;
- il rilevamento olfattivo non richiede di operare in laboratorio, ma presenta lo svantaggio di una bassa sensibilità;
- i rilevatori recuperati si prestano ad essere analizzati con diverse tecniche gas-cromatografiche (GC-FID e GC-MS), con grande incremento della sensibilità e possibilità di determinazioni semi-quantitative. Va sottolineato che utilizzando queste tecniche è consigliabile fare precedere i test da prove in bianco.
- è possibile utilizzare contemporaneamente vari traccianti, anche di diversa natura o inodori, purché siano fissati dal carbone attivo.

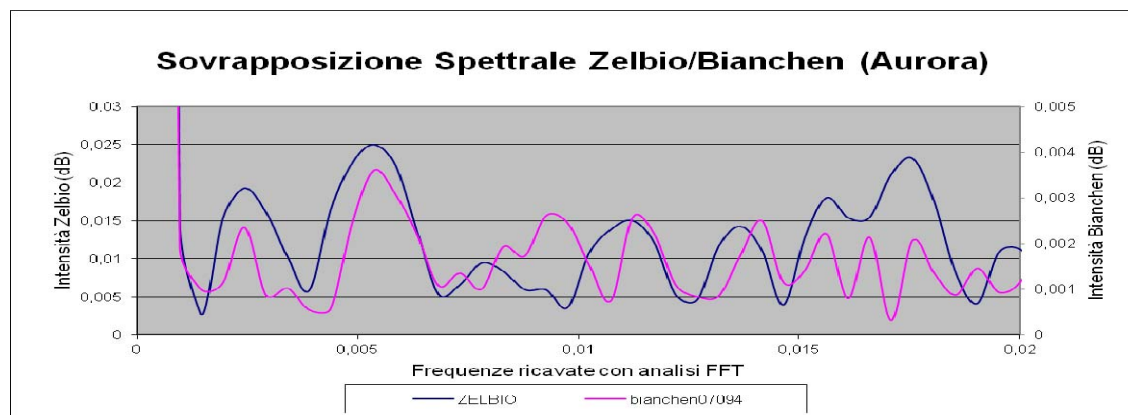


Figura 7. Sovrapposizione spettrale

Figure 7. Spectral overlap

La tecnica è agli albori e quindi sicuramente migliorabile. I passi futuri potrebbero essere:

- agire sulla scelta del carbone attivo, sulla sua morfologia e sulla disposizione nel captore al fine di ottimizzare la capacità di assorbimento del tracciante.
- migliorare l'efficienza del rilevatore; in particolare, l'uso di dosatori per analisi ambientali permetterebbe di analizzare un maggiore flusso di aria.
- mettere a punto una metodologia analitica semplice di rilevamento (TLC?), alla portata dello speleologo volenteroso.
- mettere a punto una sonda per il rilevamento in continuo, tecnicamente già fattibile.
- Incrociare i dati con misure anemometriche in continuo, al fine di avere misure quantitative e tentare di risalire ai volumi delle grotte.

Parafrasando LISMONDE (2002), siamo fermamente convinti che il paziente studio delle correnti d'aria, con le loro trame invisibili, sia la guida per eccellenza per svelare gli arcani dei vuoti sotterranei.

Ringraziamenti

LIA BOTTA ci ha lungamente e splendidamente supportato sul terreno; ADRIANO VANIN ci ha fornito molti spunti e qualche buon riferimento bibliografico. Gli speleologi del progetto "In Grigna!" ci hanno appoggiato incondizionatamente.

NOVAMONT, azienda leader nella produzione di materie plastiche biodegradabili, ha reso disponibile l'uso della tecnica GC-MS. La ricerca, tuttora in corso, è condotta con il patrocinio della FEDERAZIONE SPELEOLOGICA LOMBARDA.

Bibliografia

- BADINO G., 2010: *Underground meteorology: What the weather underground?* Acta Carsologica 39/3, 427–448, Postoina.
- BANTI R., 1984. *Tetraidrotiofene usato come tracciante idrologico: anatomia di un insolito caso di inquinamento.* Atti XI Convegno di Speleologia Lombarda, Bergamo, 65-68.

- BJÖRLING M., 2008. *Air Exchange and Ventilation in an Underground Train Station*. University of Gävle.
- ISO/DIS 16000-8, 2005. *Indoor Air – Part 8: Determination of local mean ages of air in buildings for characterizing ventilation condition*.
- LISMONDE B., 2002. *Climatologie de Monde Souterraine*. Tome 1, Grenoble.
- OSHA, 1994. *Limonene, analysis method PV2036*.
- RIVOLTA G.P., RONAGHI G., RASCHELLÀ E., 2013. *Le grotte e le sorgenti carsiche dei monti Monarco, Tho, Minisfreddo e Useria*, Atti del Centro Ricerche e Studi sull'Ambiente, Carnago (VA).
- SEARLE E., 1989. *Determination of Airborne Limonene Vapour by Charcoal Tube Sampling and Gas-Liquid Chromatographic in Analysis*. *Analyst*, **114** (1), 113-114.
- SASAKI Y., OHTANI T., WAKIZAKA Y., 2000. *AIR tracer test: a new method for investigating crack persistence and loosening*. Geology Division of Public Works Research Institute, Japan.
- STANDISH P.N., 1988. *Dispersion mechanics in underground mine ventilation*. Tesi di laurea, Università di Wollongong.

Modalità operative

Lancio del tracciante

Il tracciante (usualmente 200 cc) viene posto all'interno di un recipiente trasparente graduato (tipicamente un beker da 500 cc), in modo da poterne valutare in qualunque momento il contenuto. Un'armatura metallica di circa 15 cm d'altezza ne consente l'ancoraggio e sorregge una larga striscia di tessuto che pesca nel liquido (Fig.1). Il contenitore viene posto ove il flusso dell'aria è massimo. Per capillarità il tracciante risale lungo il tessuto ed evapora velocemente: nelle grotte dell'area lombardo-piemontese (4-12 °C) il rilascio è di circa 100-200 cc al giorno.

Costruzione e posa dei captori

I rilevatori vengono preparati disponendo un mono strato di carbone attivo tubolare (2-3 g) tra due reticelle di politene a maglia molto larga; si porrà la massima cura nell'evitare accumuli di carbone, ad esempio graffettando la struttura in più punti. I captori vengono posti nella galleria oggetto di indagine, avendo cura di collocarli ove la velocità dell'aria è massima (Fig.2).

Rilevamento del tracciante

- A. Rilevamento diretto

Per brevi tratti (500 m e oltre) il tracciante può venire individuato olfattivamente. I problemi derivanti da questo tipo di indagine sono noti: soggettività, diversa sensibilità individuale, assuefazione.

- B. Rilevamento olfattivo sui captori

1-2 g di carbone vengono ripresi in una provetta con 1-2 cc di etere etilico o di esano. Si lascia a sé per circa 10 minuti, agitando di tanto in tanto, quindi si travasa il liquido in un bicchierino da 25 cc.

Si lascia evaporare a temperatura ambiente fino a quando il solvente è quasi del tutto scomparso.

Se il carbone ha fissato una quantità significativa di tracciante, se ne avverte nettamente la presenza.

I problemi che possono influenzare fortemente il risultato con questa tecnica sono i medesimi del rilevamento diretto precedentemente descritto.

- C. Rilevamento con cromatografia su strato sottile (TLC)

Questa metodologia consiste nel porre una goccia dell'estratto ottenuto come descritto in B su una striscia di carta da filtro o su una lastrina ricoperta da sostanze porose e di farla migrare tramite un adeguato solvente. Il metodo è in fase di sperimentazione: qualora fosse coronato da successo, permetterebbe a uno speleologo volenteroso di effettuare analisi abbastanza accurate, svincolandosi dalla necessità di doversi appoggiare ad un laboratorio attrezzato.

- D. Rilevamento mediante gascromatografia (GC)

La presenza e la separazione dei traccianti presenti nel carbone viene accertata mediante gascromatografia. L'estrazione può avvenire mediante solventi oppure per azione diretta della temperatura, con prelievo della

fase vapore rilasciata ("Spazio di Testa" o "Head Space", HS); quest'ultima metodologia comporta una maggiore sensibilità.

La rilevazione e la quantificazione avviene usualmente tramite un rivelatore a ionizzazione di fiamma (GC-FID), oppure uno spettrometro di massa (GC-MS). Le condizioni operative sono precisate nel paragrafo seguente.

- E. Rilevamento mediante gascromatografia associata a spettrometria di massa (GC-MS)

Questa tecnica, estremamente sensibile, permette di ricostruire con certezza pressoché assoluta la composizione chimica delle sostanze separate dal gascromatografo.

L'estrazione avviene ponendo 1 g di carbone in una provetta e aggiungendo 2 cc di acetone contenente 0,1 mg di tetradecano (standard interno). Si lascia a sé per una decina di minuti, agitando di tanto in tanto, quindi si travasa il liquido, eventualmente filtrandolo, in un vial per la successiva iniezione in GC-MS.

Le condizioni di lavoro GC-MS, ottimizzate per l'impiego in contemporanea con altri traccianti, sono state:

Colonna:	Capillare ZB5-MSi (30m x 0,25mm x 0,25µm)
Temperatura forno:	6 min a 35 °C; da 35 a 300 °C a 10°C/min; 2 min a 300 °C
Temperatura iniettore:	300°C (splitless mode)
Volume iniettato:	1µl
Carrier gas:	He, 1.2 ml/min
Temp. transfer line:	300 °C
Settaggio MS:	35-550 u.m.a.

Tempi di ritenzione

4 metil-2-pentanone:	5.35 min (r.r.t.: 0.28)
2 Fluorotoluene:	6.78 min (r.r.t.: 0.36)
β-Pinene:	12.06 min (r.r.t.: 0.64)
D-Limonene:	13.11 min (r.r.t.: 0.69)
Tetradecano (St. int.):	18.84 min (r.r.t.: 1.00)

Operando con metodologia SIM (Single Ion Mass) è possibile incrementare ulteriormente la sensibilità.

SISTEMA CARSICO BUENO FONTENO – NUEVA VIDA: STUDIO E TRACCIAMENTO DEI FLUSSI D'ARIA

FABIO GATTI¹, MASSIMO POZZO¹, GIAN DOMENICO CELLA².

¹ Ass. speleologica Progetto Sebino, loc. Gere 1 24060, Solto Collina (BG); info@progettosebino-com

² Gruppo Grotte CAI Novara, vicolo S. Spirito 4, 28100 Novara.

Riassunto

Il complesso carsico Bueno Fonteno (Fonteno – BG), scoperto nel 2006, ha vissuto una intensa storia di esplorazione e ricerca scientifica. L'attività speleologica ha contemplato, oltre alla classica attività esplorativa, l'attuazione di progetti scientifici. Le dinamiche idrologiche sono indagate nel 2011, quando il finanziamento di un progetto pilota da parte della Federazione Speleologica Lombarda ha consentito di pianificare ed effettuare il primo tracciamento delle acque del complesso. Il progetto ha portato alla stima dell'estensione del bacino idrogeologico (delimitato e stimato in ca. 100 km²) e all'individuazione di una delle sorgenti recapitanti le acque del complesso. Più recentemente la ricerca si è rivolta alle metodologie operative della meteorologia ipogea e allo studio dei flussi d'aria. L'approccio "aerologico", ha consentito di scoprire, in dicembre 2012, un nuovo sistema (Nueva Vida) e ha portato alla giunzione con Bueno Fonteno (Settembre 2013). Si presentano i risultati dell'esperimento di tracciamento delle masse d'aria grazie al quale si è confermata la potenzialità del sistema carsico, che si estende entro i limiti del bacino idrogeologico stimato in precedenza. La metodologia applicata si fonda sulle medesime basi concettuali dei tracciamenti idrologici: il rilascio graduale di una quantità nota di una sostanza odorosa e la misurazione della sua concentrazione agli ingressi di monte, permettono di confermarne l'effettiva connessione. L'approccio sperimentale innovativo ha riguardato le modalità di rilascio e misura dei traccianti e ha consentito di quantificare la risposta del sistema attraverso la concentrazione effettiva del tracciante all'uscita. Gli esperimenti hanno permesso di individuare quali, tra i vari ingressi alti scoperti sul crinale, sono effettivamente collegati al sistema e potranno consentire la prosecuzione delle esplorazioni.

Parole chiave: tracciamenti odorosi, flussi d'aria, meteorologia ipogea

Abstract

KARST SYSTEM BUENO FONTENO-NUEVA VIDA: STUDY AND AIR FLOW TRACING *The karst system Bueno Fonteno (Fonteno – Bergamo – N Italy), was discovered in 2006. It has been intensively explored and studied from a scientific point of view. The speleological activity focused both on the classical exploring activity and on scientific projects. Hydrogeological dynamics were firstly studied in 2011 in a pilot project founded by Lombardia Speleological Federation. The aim was to plan and execute the first hydrologic tracer test in the system. The results allowed the estimation of the area of the drainage basin (about 100 km²) and to identify one of the springs connected to the cave. More recently the research activity has focused on hypogean meteorology and on air flows. This new approach led to discovering of a new cave (Nueva Vida - December 2012) and allowed to join Bueno Fonteno and Nueva Vida (September 2013). Results of a tracer test of the air masses, performed in december 2013 are here presented. The test confirmed the potential of the karst system that actually extends within the borders estimated in 2011. The experimental approach is founded on the same basis of hydrological tracer test: a known quantity of a tracer is released and its concentration measured at the higher entrances in order to confirm the connection to the cave. The experiments confirmed which entrances are actually connected to the cave and are worth exploring in the future.*

Key words: hypogean meteorology, air flows, tracer test.

Introduzione

La storia esplorativa del complesso carsico Bueno Fonteno – Nueva Vida è stata connotata sin dalle sue prime fasi da uno spiccato approccio scientifico. L'aspetto esplorativo ha puntato al rilevamento topografico e ha consentito di ricostruire con precisione la topografia del sistema, di interpretare le macrostrutture e inquadrarle nel contesto geologico, infine ha permesso di pianificare le attività di indagine idrologica con maggiore efficacia. I tracciamenti hanno rivelato la connessione del sistema con una sorgente a circa 5 km in linea d'aria e

prossima al lago d'Iseo (sorgente Milesi, vedi fig. 3). Altre sorgenti in Valle cavallina non sono state del tutto escluse.

Il sistema carsico Bueno Fonteno – Nueva Vida si sviluppa per circa 28,5 km, con un dislivello interno di 651 m e due ingressi, rispettivamente a quota 776 m.s.l.m. e 913 m.s.l.m. Entrambe gli ingressi si comportano da ingressi meteo bassi o bocche fredde (sensu GORI, 1988), con regime di flusso "aspirante" in inverno e "soffiante" in estate.

Inquadramento geografico e geologico

Il sistema carsico Bueno Fonteno – Nueva Vida si sviluppa all'interno dei rilievi che costituiscono il versante idrografico destro del lago di Iseo (BG) su una superficie complessiva di circa 100 km². Il lago d'Iseo, o Sebino lo delimita ad est e il lago di Endine lo delimita ad ovest. I rilievi montuosi più elevati sono il Monte Bronzone (1.334 m), il Monte Torrezzo (1.378 m), il Monte Pendola (1.126m), il Monte Boario (1.239 m), il Monte Sicolo (1.320 m) e il Monte Ballerino (1.275 m).



Figura 1. Inquadramento geografico: al centro il sistema carsico, a dx il lago di Iseo (Sebino) a sin. il lago di Endine.

Figure 1. General view: in the centre the karst system, on the right the Iseo Lake (Sebino) on the left the Endine lake.

L'area in esame comprende una sequenza di calcari estremamente carsificabili, spesso riscontrabile anche in altre importanti aree carsiche regionali.

La serie litostratigrafica comprende, dalla formazione più antica alla più giovane: **Argilliti di Riva di Solto** (Norico superiore): formazione è poco carsificabile e rappresenta il livello basale impermeabile della struttura; **Calcere di Zu** (Norico superiore): poco carsificabile; **Dolomia a Conchodon** (ora Formazione dell'Albenza) (Giurassico inferiore: Hettangiano inferiore): molto carsificata; **Calcere di Sadrina** (Giurassico inferiore: Hettangiano): localmente molto carsificabile; **Calcere di Moltrasio** (Giurassico inferiore: Hettangiano - Sinemuriano): molto carsificabile (una delle formazioni più carsificabili della Lombardia), **Calcere di Domaro**: (Giurassico inferiore: Carixiano – Toarciano basale): ben carsificabile (POZZO & GATTI, 2012).

Il bacino idrogeologico dell'area è delimitato a S dal sovrascorrimento del M. Bronzone, che appartiene ad una serie di pieghe anticlinali, sovente rovesciate, e pieghe – faglie, che costituiscono il limite inferiore dell'idrostruttura del Sebino Occidentale; a Nord, dall'affioramento delle Argilliti di Riva di Solto, che costituiscono il livello basale impermeabile dell'idrostruttura. Tra questi due limiti l'area è caratterizzata dalla potente sequenza di calcari estremamente carsificabili (Calcere di Domaro, Calcere di Moltrasio, Calcere di Sadrina, Dolomia a Conchodon), che si estende dal Lago d'Iseo a quello di Endine.

Le linee di drenaggio principale, e i relativi complessi carsici, sono tre, collocati in corrispondenza delle sinclinali più evidenti (Fig. 2): 1) Settore M.Torrezzo-M.Ballerino-M.di Grone verso sorgente Acquasparza; 2) Settore Fonteno-M.Boario-M.Credò verso sinclinale di Tavernola; 3) Settore M. Bronzone-Colle Camblino verso Rino di Predore o Bianica e Punta del Corno. Non è escluso che sistemi carsici dei tre settori possano avere collegamenti interni a livello di reticolo carsico, ma non necessariamente dal punto di vista idrologico. Una

connessione potrebbe in effetti essere dimostrata attraverso i flussi d'aria. Secondo l'approccio analitico dell'aerologia (LISMONDE 2002), concentrandosi sui flussi di aria si è analizzato lo schema circolatorio dominante, annotando le direzioni dei flussi d'aria sotterranei, relativamente alla circolazione estiva e invernale, ponendo maggiore interesse verso le anomalie rispetto agli ingressi conosciuti (vedi figura 3).

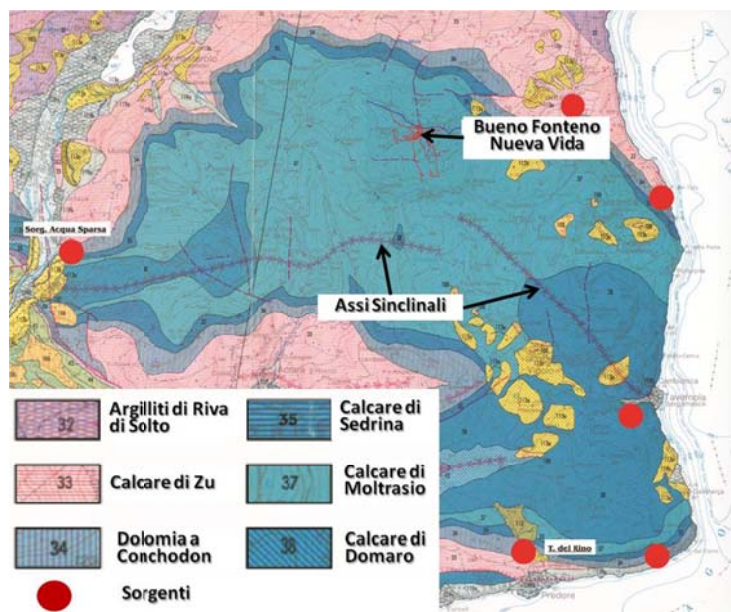


Figura 2. Assetto geologico generale.

Figure 2. Main geological setting.

L'analisi dei flussi d'aria interni è stata complicata dall'azione di disturbo dei fattori dinamici (CIGNA, 1967), operata dai numerosi corsi d'acqua che generano turbolenze e interferiscono con essi. L'assenza di ingressi meteo alti risultava sospetta e ha sollecitato la loro ricerca nei settori di monte, portando in breve alla scoperta dell'abisso Nueva Vida (7 km di sviluppo e 502 m di dislivello), con ingresso posto a quota 913 m, il

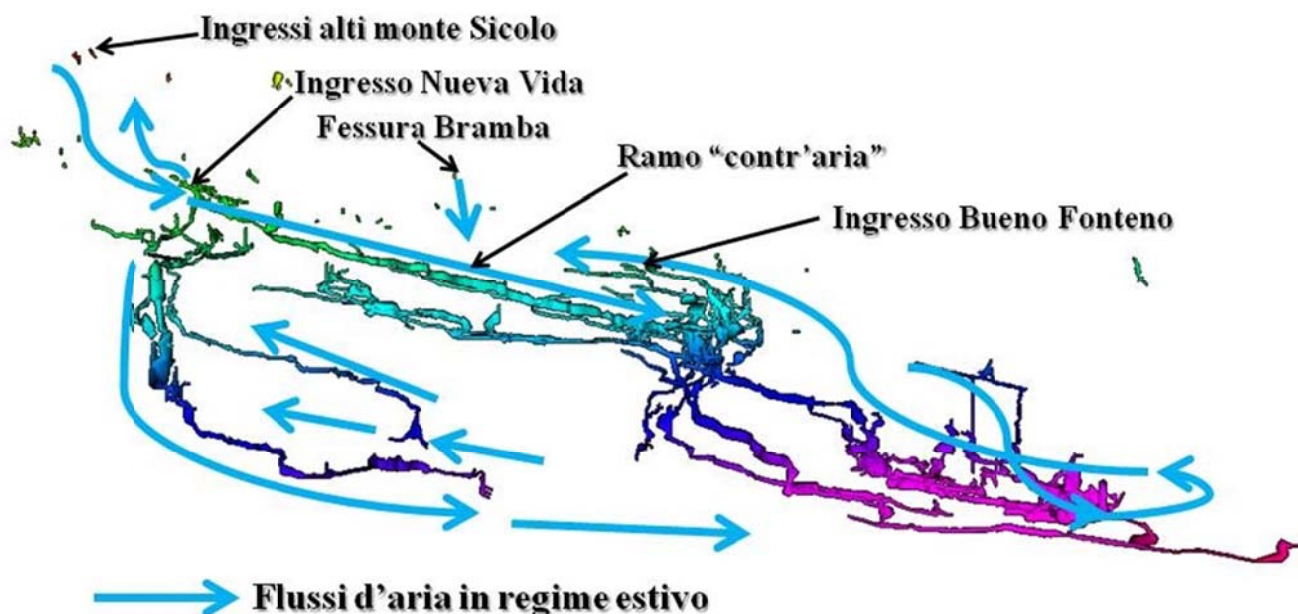


Figura 3. Schema dei flussi d'aria principali riscontrati nel complesso Buono Fonteno Nueva Vida.

Figure 3. Main summer air flow system of the Buono Fonteno Nueva Vida Karstic Complex.

quale però mostra la stessa circolazione d'aria del sottostante Buono Fonteno. Anche il nuovo abisso, presenta diverse anomalie interne, con porzioni di flusso letteralmente catturate da diramazioni ancora sconosciute. La

mappatura interna ha permesso di individuare la via (Contr'Aria) che da Nueva Vida unisce i due abissi.

Dal momento che gli unici due accessi al sistema sono rappresentati da ingressi meteo bassi, si è continuata la ricerca ingressi con regime meteo alto in modo da ottenere un quadro dei flussi d'aria più completo e poter avviare in futuro misurazioni quantitative dei flussi, in modo da poter elaborare una stima delle masse d'aria in movimento e delle dimensioni del sistema.

La ricerca è stata quindi rivolta alle porzioni di versante a monte (crinale del Monte Siculo e del Monte Boario) rispetto allo sviluppo del sistema con particolare attenzione ai crinali vallivi, nell'intento di rimanere all'interno dei confini del settore di drenaggio 2. La recente scoperta di ingressi meteo alti ubicati indicativamente sul crinale occidentale della valle di Fonteno, ha posto il problema di stabilire le dinamiche dei flussi d'aria sotterranei.

Metodi

Al fine di verificare le potenzialità degli ingressi alti individuati sui crinali si è deciso di avviare un esperimento di tracciamento odoroso delle masse d'aria. Il principio alla base della metodologia applicata consiste nel rilasciare nel deflusso aereo una sostanza in quantità nota ed estranea al sistema e di monitorarne la presenza presso i recapiti per i quali si ipotizza la connessione con il sistema. Il tracciante scelto è stato il D-Limonene, non tossico, poco costoso e dall'odore gradevole. La sostanza è stata ritenuta adatta sia perché ha consentito di operare in totale sicurezza, sia perché l'assetto vegetazionale dell'area indagata ha una probabilità molto bassa di avere sorgenti naturali e di interferire con la concentrazione nei captori.

Presso gli ingressi "alti" sono stati posizionati dei captori contenenti carbone attivo in flaconi contenenti circa 2 g di carbone. In via preliminare, presso gli ingressi alti sottoposti a indagine, sono stati misurati i livelli di controllo (cosiddetto bianco ambientale) da porre in confronto con i successivi valori del tracciante.

L'esperimento è stato avviato il 7 dicembre 2013 quando circa 200 ml di tracciante sono stati rilasciati poco oltre l'ingresso di Bueno Fonteno grazie ad uno speciale dispositivo ideato per garantire il rilascio in continuo per un intervallo di tempo il più prolungato possibile. Il dispositivo si compone di due contenitori metallici della capacità di 100 ml in ciascuno dei quali viene versato il tracciante. I contenitori vengono adagiati su un supporto rigido fissato al centro del flusso d'aria principale e in ciascuno viene parzialmente immerso un panno di cotone. Il tracciante "risale" il panno per capillarità e riesce ad evaporare con continuità fino al suo completo esaurimento.



Figura 4. Dispositivo per il rilascio del tracciante (realizzato da LIA BOTTA)

Figure 4. Releasing tracer tool (made by LIA BOTTA)

I captori di controllo sono stati ritirati prima dell'immissione del tracciante. Per le operazioni di posa e recupero dei captori sono stati impiegati operatori che non hanno avuto alcun contatto con i traccianti. Il riconoscimento è stato successivamente determinato semi-quantitativamente in laboratorio mediante gas cromatografia associata a spettrometria di massa (GC-MS). Il metodo consente di misurare la concentrazione di tracciante assorbito dal carbone attivo fino a livelli estremamente bassi (parti per milione) e riesce a dare informazioni utili anche nel caso in cui il tracciante sia presente in tracce.

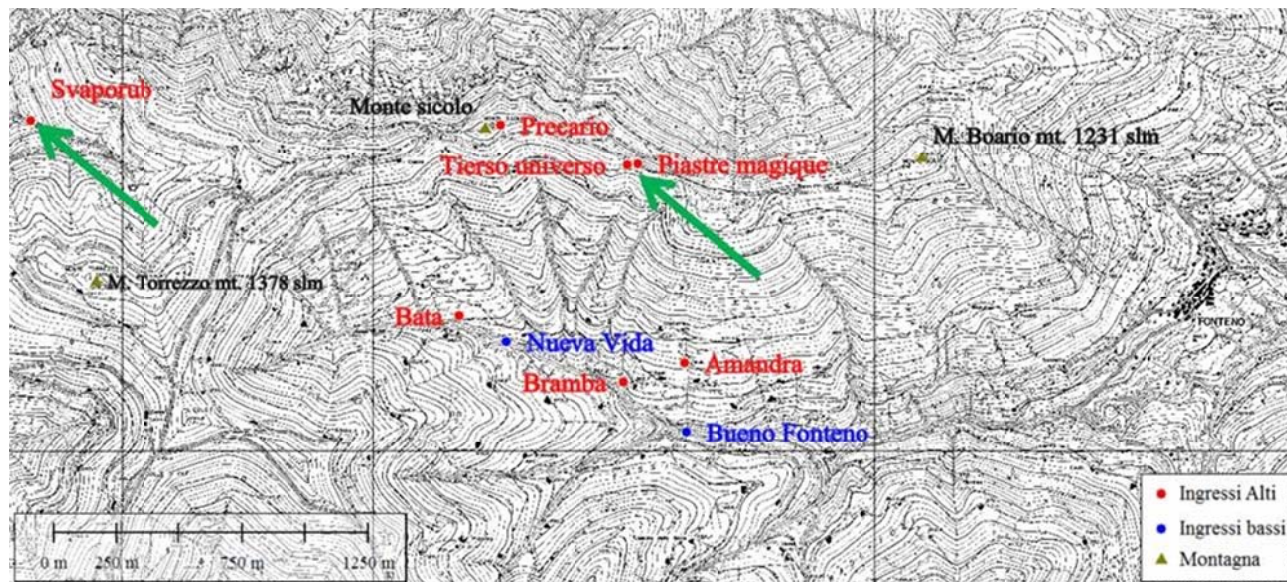


Figura 5. Punti di immissione e analisi dei traccianti. Immissione negli ingressi bassi (punti blu), analisi traccianti negli ingressi alti (punti rossi). Le frecce indicano gli ingressi che hanno dato esito positivo.

Figure 5. Immission and tracer analysis points. Tracer released in the lower entrances (blue dots). Tracer analyzed in the higher entrances (red dots). The arrows indicate the positive entrances.

Risultati

	Parametri di riferimento		Controllo		Test		Giudizio
	Altitudine [mslm]	Tipologia	Stato	Bianco [$\mu\text{g/g}+$]	Test [$\mu\text{g/g}+$]	Stato	
1 Bata	955	Meteo Alto	Alternato	30	9	Alternato	No
2 Amandra	908	Meteo alto	Soffia	-	6	Soffia	No
3 Piastre	1225	Meteo alto	Soffia	6	37	Soffia	Sì
4 Svaporub	1110	Meteo alto	Alternato	-	72	Alternato	Sì
5 Precario	1260	Meteo alto	Soffia	20	6*	Soffia	No?
6 Brama	863	Meteo alto	Soffia		8*	Soffia	No?
7 Tierso	1220	Meteo alto	Alternato	4	192	Alternato	Sì+
8 Bueno Fonteno	776	Meteo basso	Aspira		Immissione tracciante		

Tabella 1. Caratteristiche degli ingressi indagati e risultati del tracciamento. + I valori espressi derivano da: area picco cromatogramma $\times 10^{-6} \times 0,04$ (fattore specifico) = μg di tracciante per g di carbone attivo. * dato da considerarsi incerto a causa del captore ritrovato bagnato.

Table 1. Main features of the entrances and results of the tracing test. + the reported values derives from: Surface of the peak in the chromatogram $\times 10^{-6} \times 0,04$ (specific factor) = tracer μg per active carbon g * Uncertain value because the captor was found wet.

Dai dati riportati in tabella 1 si osserva che alcuni ingressi hanno un livello di test inferiore al controllo o hanno presentato livelli simili al livello di controllo medio (fissabile cautelativamente in circa 15 µg/g) e possono essere esclusi (Bata, Amanda); altri ingressi hanno un livello di test inferiore al livello di controllo ma i captori si sono presentati umidi e tale condizione può aver influito sulla lettura del tracciante (Precario, Bramba), in tali casi sarà necessario ripetere la misurazione. Alcuni ingressi hanno registrato un valore superiore al livello di controllo medio e possono essere considerati positivi rispetto al test: in particolare si rileva come Tierso abbia un livello quasi 13 volte superiore rispetto al livello di controllo; Piastre mostra invece un livello doppio rispetto a quello medio di base ma circa 4 volte rispetto al controllo specifico; S vaporub infine mostra un livello almeno 6 volte superiore al livello di base.

Discussione

I test condotti mostrano evidenti differenze tra il controllo e il test effettivo. In alcune occasioni, il livello di controllo è risultato piuttosto elevato rispetto all'atteso (Bata e Precario) mentre in altri casi il livello di controllo (Tierso e Piastre) è risultato coerente con l'atteso. È possibile ipotizzare un lieve effetto di auto-contaminazione dei captori.

Gli ingressi monitorati hanno mantenuto in gran parte il regime invernale ben definito ed efficace nella veicolazione del tracciante immesso. Solamente Bata aveva un regime non chiaramente invernale, tale condizione potrebbe aver interferito con le misurazioni, in effetti lo stesso livello di controllo è particolarmente elevato rispetto agli altri.

Le misurazioni condotte consentono di discriminare quali ingressi hanno maggiori possibilità di essere connessi con il sistema e quali possono essere esclusi. Le differenze riscontrate tra i valori di controllo e i valori riscontrati con il tracciamento permettono di discriminare e sottoporre a future esplorazioni gli ingressi la cui connessione è stata confermata. In particolare si può ritenere che non sussista connessione con Bata e Amanda, vista la netta differenza rispetto al controllo specifico e al livello cautelativo di riferimento (15 ppm). Gli ingressi Precario e Bramba sono da escludersi visto il basso livello riscontrato, per l'inumidimento dei captori la lettura potrebbe essere stata falsata e sarà necessario ripetere la misurazione. Gli ingressi Piastre e Tierso possono essere considerati connessi, come dimostrato dalle attività esplorative del 2014. Di estremo interesse infine è l'ingresso S vaporub, che mostra un livello di test piuttosto elevato, esso potrebbe rappresentare il punto di ingresso del sottosistema che condurrebbe alla sorgente dell'Acquasparsa (Fig. 3).

Conclusioni

I test condotti (metodologia del tracciamento aereo e della misurazione con la tecnologia del gas cromatografo associato a spettrometria di massa) hanno consentito di allargare significativamente i confini della ricerca speleologica nella valle di Fonteno e di aprire nuovi orizzonti esplorativi che hanno già cominciato a dare risultati positivi (sviluppo reale dell'ingresso di Piastre). Si può ritenere che il sistema carsico Bueno Fonteno - Nueva Vida si estende almeno fino alle pendici N della valle di Fonteno e si affaccia potenzialmente sulla Valle Cavallina (bacino del Lago di Endine).

Ringraziamenti

Un particolare ringraziamento va rivolto a MAURIZIO MIRAGOLI che ci ha insegnato le metodiche sperimentali; a LIA BOTTA per l'aiuto con i captori e con il dispositivo di rilascio; a GIOVANNI BADINO per essere il primo motore (non immobile) che ci ha introdotto allo studio della meteorologia ipogea in ambito speleologico; a PAOLA TOGNINI per la supervisione delle affermazioni geologiche. Si ringraziano i membri dell'associazione Progetto Sebino per aver prestato la propria opera e il proprio tempo nella installazione dei captori e nel loro successivo recupero.

Si ringrazia l'azienda Novamont per aver reso disponibile l'utilizzo della tecnologia GC-MS.

Bibliografia

- CIGNA A. A. 1967. *An analytical study of air circulation in caves*. International Journal of Speleology, **1-2** (3): 41-54.
- GORI S. 1988. *Meteorologia Ipogea* Scuola Nazionale di Speleologia del CAI Comm. Reg. Lombardia di Speleol. CAI.
- LISMONDE B. 2002 *Climatologie du monde souterrain*. CDS Isère éditeur, 2 Tomes, 168, 362 p.
- POZZO M. GATTI F. 2012. Abisso Bueno Fonteno, vertigine senza tempo. Speleologia vol **66**, 18-27.

IL SISTEMA DI VAPORE DELLE PICCOLE TERME DI BAIA

GRAZIANO FERRARI¹, IVANA GUIDONE^{2,3}, RAFFAELLA LAMAGNA⁴

¹ Via Vignati 18, I-20161, Milano; gwferrari@gwferrari.it

² Gruppo Speleologico Natura Esplora, via Reanni 3, I-83010, Summonte (AV); ivanaguidone@gmail.com

³ Federazione Speleologica Campana, Via Trinità degli Spagnoli 41, 80123, Napoli; catasto_artificiali@fscampania.it

⁴ via Cisterna dell'Olio 5, I-80134, Napoli; Italy, raffaella_lamagna@yahoo.it

Riassunto

Le Piccole Terme sono situate nel Parco Archeologico di Baia. Ad esse viene attribuita una datazione risalente almeno al I secolo a. C. Nelle terme antiche il calore era prodotto in modo artificiale. A Baia è ricavato dalle emissioni vulcaniche del sottosuolo. È possibile esplorare un lungo cunicolo che raggiunge una polla d'acqua, ormai tiepida, al livello della falda acquifera. Sopra la polla sono presenti ambienti e cunicoli caratterizzati da murature antiche, parzialmente ostruiti da riempimenti sciolti. Il sistema era stato esplorato fra il 1962 ed il 1966 da un team di appassionati anglosassoni. Essi lo avevano chiamato 'Grande Antro' e lo avevano interpretato come il sito di un itinerario oracolare agli Inferi.

Fra il 2013 e il 2014 abbiamo esplorato la cavità ed effettuato osservazioni multidisciplinari che consentono una lettura del sito in stretta relazione con le strutture idrauliche e termali di superficie. La cavità, con uno sviluppo complessivo di 278 m e un dislivello di 25 m, è stata oggetto di documentazione speleologica, archeologica e naturalistica, con la stesura di un rilievo e la discussione delle caratteristiche morfologiche e scientifiche. La prima parte della cavità risulta essere un sistema di produzione e trasporto di vapore a servizio delle strutture termali di superficie, mentre gli ambienti più interni sono di lettura problematica.

Parole chiave: Sistemi termali antichi, Cavità termali romane, Grande antro, Baia.

Abstract

SYSTEM OF SMALL STEAM BATHS OF BAIA - The 'Piccole Terme' (small baths) are a thermal establishment placed within the Baia Archaeological Park (Naples, Italy). Its dating was established as among the oldest in the whole area, that is at least the 1st century b. C. In other places, most ancient baths were artificially heated. At Baia heat came directly from natural volcanic underground sources. A long sloping passage is present; it reaches a small underground pool, presently warm, at the ground water level. Above the pool, some rooms and passages are present, with ancient masonry and a partial volcanic pebble filling. The system was explored in 1962-1966 by a British and American team. They named it 'Great Antrum', since they supposed it was the site of an ancient underground Oracle of the Dead, as a representation of a ritual journey to the Underworld.

In 2013-2014 we performed multidisciplinary research in the cave, resulting in new insights of the system relationship with the nearby hydraulic and bath structures. The cave has a 278 m development and a 25 m depth from the entrance. We provided a speleological, archaeological and naturalistic documentation. It resulted in a new survey and an analysis of its morphological and scientific characteristics. The nearest part of the cave was intended as a steam system to serve the surface baths; the farthest areas are more problematic.

Key words: Ancient thermal baths, Baia Baths, Roman thermal caves, Great Antrum, Baia.

Introduzione

L'area dei Campi Flegrei (Napoli, Campania) è ricca di strutture ipogee antiche, come vie di comunicazione, sistemi idraulici o impianti termali, grazie al fatto che il substrato - tufi, pozzolane e lapilli - era facilmente scavabile con strumenti assai semplici. Queste opere, anche se assai rinomate ed oggetto di attenzione antiquaria, sono attualmente poco studiate per le oggettive difficoltà operative del sottosuolo. Le strutture ipogee si conservano tipicamente meglio di quelle di superficie, per cui sono in grado di fornire importanti informazioni, soprattutto nel quadro di uno studio integrato con ciò che resta del soprassuolo.

Il Parco Archeologico di Baia costituisce un buon esempio di tale stretta integrazione, attraverso il comune denominatore dell'acqua. Le strutture termali richiedevano grandi quantità di acqua dolce, tipicamente piovana raccolta in cisterne spesso ipogee. Ad esse si aggiunse l'acqua di Serino, trasportata dall'*Aqua Augusta Campaniae*. Essa proviene da un sistema carsico dell'Appennino, per cui è calcarea ed ha lasciato traccia di sé in vari depositi nei condotti e nelle cisterne. Per quanto riguarda le acque termali ed i relativi vapori, il Parco presenta diversi cunicoli ipogei che giungono fino a polle di acqua calda minerale. La cavità in oggetto rappresenta il sistema più complesso ed interessante. Fino a pochi anni fa l'esplorazione era ostacolata dall'elevata temperatura dell'aria interna. Grazie alla sua diminuzione ed all'impiego di tecniche speleologiche per l'esplorazione delle porzioni maggiormente ostruite, è ora possibile esaminare la cavità in dettaglio con approccio interdisciplinare ed evidenziarne i numerosi fattori di interesse.

Ricerche precedenti

In epoca antica vari scrittori hanno citato i bagni di vapore di Baia (VITRUVIO, *De Arch.*, 2, 6, 1-2; PLINIO, *N. H.*, XXXI, 5-8; MARZIALE, IV, 57: "grotte che riscaldano grazie alle fonti vulcaniche"; ed altri), ma è impossibile attribuire con certezza tali citazioni alla cavità in oggetto. L'ingresso della cavità venne scoperto durante i lavori di sterro dell'Area Archeologica svolti fra il 1956 ed il 1958, ma la cavità non venne esplorata. Le prime esplorazioni sono state effettuate fra il 1962 ed il 1966 da un gruppo di appassionati di origine anglosassone, diretti da ROBERT PAGET (1967). Essi hanno identificato la cavità come il sito di un santuario ipogeo e di un itinerario rituale agli Inferi, e le hanno attribuito il nome di "Great Antrum". HARDIE (1969) ne propone una datazione coeva all'Antro della Sibilla di Cuma ed un legame con il periodo della dittatura di Aristodemo, intorno al 500 a.C. Al di fuori dell'ambito anglosassone, tale identificazione è stata considerata alla stregua di una mera ipotesi. CASTAGNOLI (1977) e GIULIANI (1977) sottolineano il chiaro impiego del cunicolo iniziale a scopo termale per trasporto di vapore e l'insussistenza di elementi particolarmente alti nelle strutture di superficie. Il commento più secco viene da HENRI LAVAGNE (1988): "*Le dossier sur cet antre «orphique» a été démesurément gonflé par les historiens britanniques*".

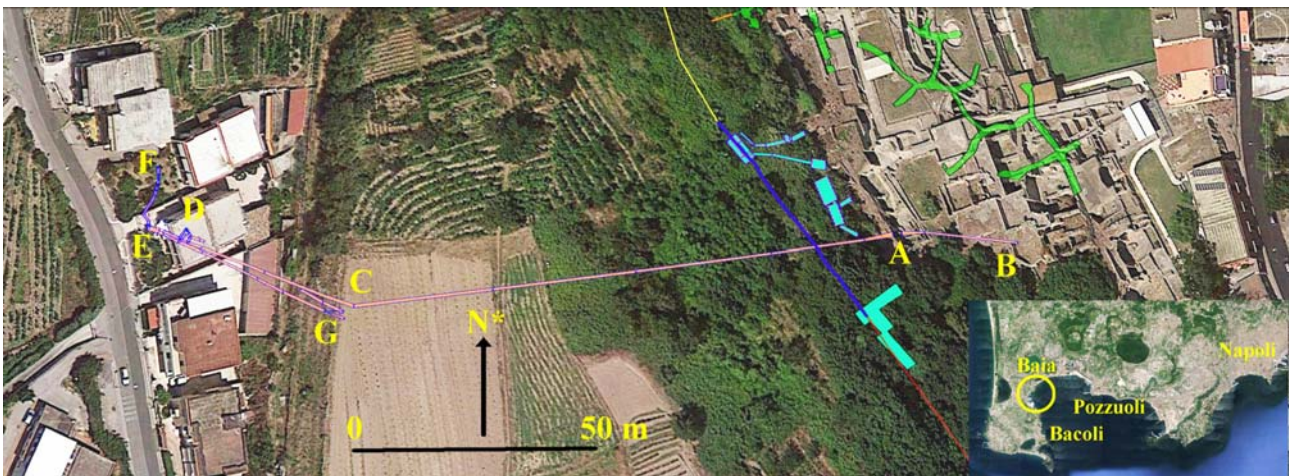


Figura 1. Baia (NA): l'area fra le Piccole Terme (a dx) e via Bellavista (a sx). In arancio il cunicolo per il vapore; in giallo, blu e rosso il tracciato dell'Acquedotto Augusteo probabile, certo ed ipotetico; in azzurro le altre strutture idrauliche delle Piccole Terme; in verde, altre cavità del Parco Archeologico di Baia. Nel riquadro in basso a destra: i Campi Flegrei; l'area di Baia si trova nel cerchio giallo.

Figure 1. Baia (Naples, Italy): the area between the Piccole Terme (right) and via Bellavista (left). In orange, the steam tunnel; in yellow, blue and red, the likely, certain and hypothetical course of the Augustean Aqueduct; in green, other Baia Archaeological Park underground structures. In the box at lower right: the Phlegraean Fields. Baia is in the circle.

Descrizione della cavità

L'ingresso (punto A in fig. 1) si apre nel settore meridionale delle Piccole Terme, nell'ambiente 9 di MEDRI *et al.* (1999), come una trincea profonda 2,5 m, la cui sommità è alla quota di 24,1 m s.l.m. Le pareti presentano una serie di pilastri. Verso Est la trincea si prolunga in un cunicolo che corre a lato delle Terme del c.d. Livello Intermedio e sbocca nelle *suspensurae* di un ambiente ottagonale delle stesse Terme (punto B). Verso Ovest il primo tratto ipogeo si presenta come un corridoio alto circa 3,5 m, coperto con tegoloni a doppio spiovente. Le pareti della trincea e del corridoio sono decorate da una colata calcarea proveniente dall'alto. Nella parte inferiore della parete Sud si nota l'alloggiamento per una *fistula* non più presente.

Successivamente, si percorre un cunicolo largo in media 0,64 m ed alto da 1,65 a 1,80 m. Nella sua parte iniziale si trovano un breve cunicolo verso sinistra e due verso destra, diretti verso gli ambienti 4 e 5 delle Piccole Terme (MEDRI *et al.*, 1999). La volta è a sesto ribassato, le pareti sono verticali mentre la platea non è visibile perché ricoperta dalla colata calcarea. Pareti e volta sono completamente rivestite da un finissimo intonaco idraulico, privo di lesioni importanti e solo a tratti distaccato dal fondo. Nelle pareti sono ricavate numerose nicchie per lucerne. Il cunicolo procede per 121 m in leggera discesa e con direzione essenzialmente rettilinea per N 261°.

Si giunge al punto C dove il cunicolo piega verso destra e verso il basso. La morfologia della sezione rimane invariata, come pure il rivestimento. Nel primo tratto la sola metà sinistra della volta è costituita da tegoloni laterizi disposti a spiovente, mentre la metà destra ha l'usuale forma voltata. Questo tratto ha una lunghezza di circa 44 m. Il rivestimento parietale termina in corrispondenza di tracce su pareti e volta (punto D), possibili indizi di sistemi di chiusura del vano. L'ambiente si allarga fino a circa 0,90 m ed è ora visibile il substrato, costituito da lapillo vulcanico stratificato. A soffitto si apre un pozzetto quadrato in muratura mista. L'ambiente prosegue in discesa ma è occupato dalla polla d'acqua termale posta alla quota di 0,83 m s.l.m., che impedisce ulteriori esplorazioni. La volta dell'ambiente si immerge con pendenza di circa 18°. La superficie dell'acqua è ricoperta da una crosta di minerali e vi sono evidenze di variazioni del livello idrico.

Al punto D, sulla destra, si apre un cunicolo in salita. All'inizio è visibile sulle pareti la traccia di un'opera di chiusura. Il cunicolo non è rivestito e procede in curva verso sinistra, portandosi sopra il pozzetto quadrato citato. Da qui il cunicolo procede rettilineo in salita per 10 m in direzione N 290° e pendenza di circa 20°. Sulla volta quasi piana sono evidenti tracce di scavo dall'alto verso il basso. Si giunge ad un ripiano (punto E) dove si diramano tre vie. Poco prima, le pareti mostrano le tracce di un'opera di chiusura.

Sul ripiano, la parete di fronte è costituita da una muratura di rozzi blocchi di tufo in cui si apre un'edicola rettangolare di tegoloni sovrastata da due tegole a doppio spiovente. Dietro la muratura vi è un ammasso caotico di blocchi di tufo e terriccio che sembra proseguire verso l'alto. Sulla destra dell'edicola rimane in posto un pilastro di roccia naturale dietro al quale sono presenti altre due ostruzioni di muratura. In una di esse si apre un foro che permette di strisciare fra la volta in roccia ed il riempimento di detrito. Si prosegue con un cunicolo in roccia nuda la cui volta si innalza fino a raggiungere i 3,2 m di altezza. Le pareti presentano una doppia fila di nicchie. Dopo 8 m la volta si abbassa di 2 m ed il cunicolo continua per altri 4 m intasato di lapillo sciolto e con una traccia di chiusura, fino a diventare intransitabile (punto F).

Tornando al punto E, la terza via (E-G) è costituita da un cunicolo orizzontale in roccia nuda con frequenti nicchie. Esso è occupato da uno spessore variabile di lapillo sciolto che costringe a procedere carponi; si dirige per N 110° in senso parallelo alle rampe C-D-E ma ad una quota superiore. Ha uno sviluppo di 52 m, solo al termine piega per N 84° e finisce con un muro di blocchi di tufo (punto G). Questa ostruzione si trova in corrispondenza del punto C; il tratto terminale del cunicolo sembra essere in continuità con il tratto A-C.

A fianco del cunicolo E-G corre un cunicolo analogo, situato a quota superiore ed accessibile solo ai due estremi: il primo accesso è situato ad 8 m dal punto E, mediante un cunicolo di raccordo lungo 2,3 m. All'uscita del raccordo, il ramo di sinistra termina dopo soli 1,45 m su un fronte di scavo. Il tratto di destra risulta quasi completamente intasato di lapillo dopo 5 m ma sulla parete destra è visibile una scritta in carminio. Il secondo accesso a questo cunicolo si apre al termine del cunicolo E-G, in corrispondenza dell'ostruzione in muratura ed è anch'esso subito intasato di lapillo sciolto. Lo sviluppo complessivo ammonta a 275 m, escludendo naturalmente le parti non accessibili.

Note archeologiche

La cavità può essere considerata parte integrante delle strutture d'età romana delle Piccole Terme, che risultano uno dei settori più antichi dell'intero Parco Archeologico. Esse sono ascrivibili alla prima metà del I secolo a.C., ma solo in età augustea e in seguito in età antonina le Piccole Terme assumono l'aspetto attuale. I diversi interventi edilizi individuati nel sistema ipogeo permettono una prima, non definitiva, cronologia relativa. Tali rimaneggiamenti strutturali antichi, permettono di evidenziare alcuni punti:

1. Cambiamento di inclinazione e direzione del tratto C-D con relativo tamponamento murario, in opera incerta, al punto G ossia dell'accesso ormai chiuso ai cunicoli paralleli E-G. Tali cunicoli potrebbero datarsi ad una fase precedente lo scavo del tratto D-E.
2. Posizionamento dei laterizi di copertura dopo la deposizione calcarea dell'*Aqua Augusta* all'ingresso della cavità (punto A).

3. Tracce di calce/stucco presenti alla fine del tratto C-D, poco prima di sbucare alla polla d'acqua, e nella rampa che porta al punto E. Questi resti lineari di stucco lungo le pareti potrebbero attestare una temporanea chiusura dei passaggi tramite il posizionamento di cortine, presumibilmente lignee.
4. I resti di un diaframma murario sono invece ben presenti sulla parete sinistra del punto D, poco prima di affacciarsi alla polla d'acqua; esso fu costruito e poi abbattuto in fasi archeologiche ancora sconosciute ma si appoggia all'intonaco idraulico che ricopre i tratti A-C-D, risultando quindi successivo alla stesura dell'impermeabilizzazione della condotta.
5. Gli alzati in opera vittata del punto E: i tufelli allettati a sinistra dei laterizi a doppio spiovente su cornice quadrangolare, quasi a formare una sorta di edicola votiva, si presentano regolari e ben apparecchiati al contrario degli altri resti attigui di taglio irregolare e allettati in modo meno accurato. Questi interventi sono di difficile datazione, in quanto l'opera vittata è una tecnica costruttiva utilizzata ampiamente dalla Tarda Repubblica al Tardo Impero, utilizzata anche insieme ad altre tecniche (opera mista) (LUGLI, 1957; ADAM, 1990). Indicativamente potremmo azzardare come termine *post quem* i primi anni del II secolo d. C., se è vero, come sostiene il LUGLI (1957), che l'opera vittata da sola è applicata nell'Urbe (ma non a Baia) proprio in età antonina.
6. Il rinvenimento di una tegola con bollo nella breccia che si apre nella tompagnatura fra i punti E ed F. Esso è ad una sola riga, in un rettangolo con lettere in rilievo; è leggibile il gentilizio CVRTIO. I bolli rettangolari ad una riga, che indicherebbe il nome del fabbricante (*offinator*), sarebbero i più antichi e sarebbero circolati a Roma dall'inizio del I secolo a.C. fino alla metà del II secolo d. C., divenendo però più lunghi (LUGLI 1957). La tegola inoltre è un embrice, destinata alla copertura dei tetti, quindi risulta chiaramente materiale di reimpiego. L'ipotesi di datazione fornita dal bollo è quindi un debole *terminus post quem* per la tompagnatura. Sarebbero utili dei confronti con altri bolli dell'area flegrea.
7. All'inizio del secondo cunicolo E-G vi è una scritta in carminio; PAGET (1967) vi leggeva un'invocazione alla dea Hera. Tale scritta invece risulta essere più semplicemente la data IIII kal(endas) Mar(tias) (G. CAMODECA, com. pers. 11/06/2012), purtroppo priva di riferimento all'anno e quindi poco funzionale all'individuazione di un termine cronologico.
8. Le nicchie per le lucerne, site ad altezze diverse nel cunicolo E-F, potrebbero indicare interventi successivi relativi a progetti di scavo modificati forse in corso d'opera.
9. La presenza di una volta a crociera, abbozzata nella roccia tufacea del soffitto che precede il cunicolo E-F è di difficile datazione su base stilistica. Una tale architettura risulta comunque interessante solo per la sua presenza, in una zona ipogea in cui probabilmente potevano accedere solo inservienti e operai addetti alla manutenzione della cavità. Essa meriterebbe una riflessione più approfondita, soprattutto se si volesse riconoscere qualche funzione culturale nei laterizi del punto E.

Note naturalistiche

La rampa posta prima della polla d'acqua è scavata in materiale piroclastico sciolto composto da blocchi di lava, pomici e frammenti di materiale eruttivo stratificato orizzontalmente in modo piuttosto ordinato tanto che è possibile visualizzare i differenti strati, di diverse eruzioni ed in fasi successive. In alcuni casi è possibile visualizzare la caduta di bombe vulcaniche che interrompono la stratificazione creando nei depositi delle vere e proprie impronte. L'età dei depositi è relativa alle eruzioni dei Fondi di Baia (8400 y b.p.).

L'acqua della polla termale è stata campionata con bottiglie sterili il 19-04-2014. I parametri principali sono i seguenti: pH = 7.1, leggermente basico, tipico di un'acqua in falda con caratteristiche termali; conducibilità elettrica = 2014 uS/cm; temperatura di 26°C, mentre il 12-02-2013 era di 27 °C. Ciò agevola la soluzione di alcuni sali e la formazione di croste saline sulla superficie. Le analisi dettagliate mostrano la presenza di alcuni sali principali ed altri caratteristici dell'acqua presente in una falda vulcanica. Spicca una presenza rilevante di Cloruri (352 mg/l). Tale ione tuttavia è tamponato dalla quasi uguale quantità di Sodio (358 mg/l). Al saggio organolettico, l'acqua non presenta però un particolare gusto salato. La presenza di una discreta concentrazione di Solfati (211 mg/l) può essere dovuta alle caratteristiche geologiche del terreno ma anche alla presenza di suolo agrario concimato con sostanze chimiche. La concentrazione di Calcio non è particolarmente elevata (87,2 mg/l). L'acqua presenta anche una discreta quantità di Nitrati (157 mg/l), che potrebbe essere di origine animale (escrementi di pipistrelli) o di origine artificiale (concimi agricoli). Numerosi altri ioni ed elementi tipici delle aree vulcaniche sono riscontrabili in tracce (Bromuri, Arsenico, Antimonio, Alluminio, Bario, Boro, Cadmio, Cromo, Cobalto, Ferro, Manganese, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Stronzio, Vanadio, Zinco).

La prima parte della cavità presenta un caratteristico *habitat* di ambiente oscuro ed umido, con *Dolichopoda* sp., miriapodi, aracnidi ed opilioni non determinati. Nelle parti più interne e nelle zone tiepide è possibile osservare occasionalmente la presenza di chiroteri.

Discussione

Di particolare interesse risulta la notevole deposizione calcarea nella zona dell'ingresso. Sulla base delle evidenti morfologie di percolazione dall'alto, è possibile ipotizzare che il deposito sia il risultato dello scorrimento di acqua proveniente dal vicino Acquedotto Augusteo, che trasportava le acque calcaree provenienti dalle sorgenti di Serino. L'Acquedotto si trova a circa 20 m di distanza dall'ingresso del Grande Antro e ad una quota di poco superiore. La percolazione di tali acque poteva anche essere un'azione deliberata, intesa ad incrementare la produzione di vapore. Il deposito calcareo così prodotto ricopre non solo le pareti dell'ingresso ma anche la platea del cunicolo A-B per lungo tratto, con morfologie del tutto analoghe a quelle che si riscontrano nelle cavità naturali.

La presenza di un rivestimento continuo ma non particolarmente spesso di intonaco idraulico sia sulle pareti sia sull'intradosso della volta nel tratto A-C-D suggerisce l'impiego del cunicolo come condotto di vapore e non come speco idraulico. Tale rivestimento impedisce però di osservare le tracce della direzione di scavo. Va anche fatto osservare che in situazioni analoghe in area baiana le pareti dei cunicoli sono prive di rivestimento, ad esempio nel Sudatorio di Tritoli. Uno dei fattori elencati da PAGET (1967) per sostenere l'impiego culturale del c.d. Grande Antro è il grande numero di nicchie per lucerne, stimato in circa 520. Le nicchie da noi osservate ammontano a 183. Il punto C è di particolare interesse. In effetti la parete di sinistra è costituita da un'ostruzione in muratura che impedisce l'accesso ad un cunicolo in continuità con il tratto A-C. Il tratto immediatamente successivo verso D ha la volta costituita in parte da tegoloni in laterizio. Ciò è dovuto al fatto che proprio al di sopra si apre uno dei due cunicoli paralleli E-G. Non è chiaro se la presenza dei tegoloni indichi fasi successive di scavo o sia il risultato del recupero di un piccolo dissesto.

Riguardo la polla d'acqua termale, bisogna tenere presente che, rispetto all'età romana, il suolo a Baia si è abbassato per effetto bradisismico di alcuni metri. Ciò implica che il livello della polla doveva essere più basso nell'antichità. I dati sulla temperatura interna dichiarati da PAGET (1967) sono contraddittori. Dapprima (p. 125) egli dichiara una temperatura di 120 °F (48,5 °C) per l'aria in corrispondenza della polla (punto D). Successivamente (p. 128) ammette di avere impiegato un termometro con limite superiore pari a 120 °F e che l'acqua della polla ha una temperatura pari a 85 °F (29,5 °C), mentre i 120 °F sono stati superati solo in corrispondenza della sorgente subacquea di acqua termale. Riteniamo che il valore di 85 °F per l'acqua sia ragionevole ed in buon accordo con la temperatura da noi misurata (26-27 °C). È invece inverosimile che con tale temperatura dell'acqua vi possa essere in loco una temperatura dell'aria superiore di ben 20 °C.

La cavità funziona tuttora come sistema di eduazione del vapore in modo naturale grazie all'andamento discendente dei cunicoli. L'aria più calda e più leggera in prossimità della polla tende a salire e ad uscire percorrendo la parte superiore del cunicolo rivestito. Così facendo, aria più fresca dall'esterno viene richiamata e percorre la parte inferiore del cunicolo. Tale flusso elementare in una cavità lineare poteva venire regolato ed influenzato nel sistema delle Piccole Terme, più complesso, dalle chiusure di cui sono ancora visibili tracce prima del punto D, nella rampa prima del punto E ed all'estremo del punto F. In mancanza di un quadro completo sulla struttura originale della cavità e sulla sua evoluzione, è al momento impossibile fornire ipotesi sulle relazioni funzionali fra queste chiusure.

Alle spalle delle tompagnature al punto E si trova la zona meno decifrabile della cavità. Le murature servono a contenere un cumulo di detrito sciolto proveniente dall'alto. Solo sull'estremo destro un foro permette di osservare possibili prosecuzioni verso il basso. Non vi sono indizi a supporto dell'esistenza di un ambiente regolare e strutturato rappresentato da PAGET (1967) e da lui denominato *Inner Sanctuary*.

Nei tratti non rivestiti, le tracce di scavo sono ben conservate. I cunicoli affiancati fra i punti E e G riportano tracce univoche da E verso G. Analogamente, nella rampa D-E le tracce vanno dall'alto verso il basso, cioè verso D. Il ramo laterale appare scavato da E verso F. L'ambiente ora ostruito situato dietro le tompagnature del punto E appare quindi essere il centro di irradiazione dei cunicoli attualmente esplorabili. Si pone quindi la questione della direzione di provenienza dello scavo. Dal momento che le zone fra i punti D, E, F sono situate oltre lo spartiacque della cresta di Baia rispetto all'ingresso della cavità è possibile ipotizzare un accesso ora perduto sul versante che guarda il lago Fusaro, anche se occorre cautela nell'interpretazione dei segni di scavo, che potrebbero anche essere relativi ad operazioni successive al primo scavo dei passaggi.

I due cunicoli E-G e l'estremità del cunicolo E-F sono ostruiti in modo parziale o totale da riempimenti di lapillo sciolto del tutto analogo a quello che forma il deposito vulcanico in cui è scavata la cavità. PAGET (1967) interpreta tali ostruzioni come una deliberata volontà di obliterazione del santuario ipogeo mediante una immane operazione di trasporto di materiale dall'esterno. Allo stato delle conoscenze riteniamo molto più probabile che, a seguito di un grave dissesto dell'ambiente posto oltre il punto E, sia stato necessario rimuovere parte del materiale collassato, murare le zone dissestate e possibilmente effettuare qualche piccolo scavo per garantire la percorribilità del sistema. I materiali risultanti sarebbero quindi stati pragmaticamente depositati all'interno stesso del sistema ipogeo, nelle parti non più utilizzate.

In conclusione è possibile affermare che il tratto A-C-D della cavità presenta la morfologia tipica del condotto di captazione di vapore a servizio delle Piccole Terme. La porzione più interna non rivestita D-E-F potrebbe essere invece pertinente ad una struttura ipogea con accesso dal versante opposto. Un successivo dissesto avrebbe ostruito tale accesso ed imposto opere interne di riadattamento e di mobilitazione dei depositi di lapillo. Al momento non vi sono indizi evidenti di un impiego cultuale della cavità. Per poter comprendere meglio la struttura, lo scopo e l'evoluzione di questo interessante sistema ipogeo sarebbe utile rimuovere parte del riempimento sciolto nell'ambiente murato al punto E e nel cunicolo al punto F, oltre ad esplorare con sistemi meccanici la prosecuzione sommersa della polla termale. Dal punto di vista archeologico, risulta necessario individuare una prima successione di "azioni" e "contesti", che a loro volta faciliterebbero la messa in relazione delle diverse fasi archeologiche susseguitesesi nei secoli.

Ringraziamenti

Le esplorazioni nel sottosuolo delle Piccole Terme si sono svolte grazie alla collaborazione degli speleologi BERARDINO BOCCHINO, ROSSANA D'ARIENZO ed ELENA ROGNONI. I Responsabili (PAOLA MINIERO, PIERFRANCESCO TALAMO) ed i funzionari dell'Ufficio Archeologico di Baia della Soprintendenza per i Beni Archeologici di Napoli hanno sempre incoraggiato le ricerche. Gli archeologi ALESSANDRA BENINI, MAURA MEDRI e GIANLUCA SORICELLI hanno condiviso i loro studi sulle strutture delle Piccole Terme. Gli architetti RUGGERO MORICHI e FABIA SAMPAOLO hanno effettuato una livellazione di precisione dell'ingresso della cavità. Il Laboratorio di Chimica analitica dell'ambiente (Prof. MARCO TRIFUOGGI) dell'Università "Federico II" di Napoli ha effettuato le analisi dell'acqua termale, mentre i geologi MARIA LUISA BERRINO e CLAUDIO SCARPATI, del Dipartimento di Scienze della Terra hanno compiuto osservazioni vulcanologiche.

Bibliografia

- ADAM J. P., 1990. *L'arte di costruire presso i Romani, materiali e tecniche*. Milano: Longanesi, 2ª edizione, 369 pp.
- CASTAGNOLI F., 1977. *Topografia dei Campi Flegrei*. Atti del Convegno internazionale "I Campi Flegrei nell'archeologia e nella storia", Roma, 4-7 maggio 1976. Atti dei Convegni Lincei, **33**, 41-79.
- GIULIANI C. F., 1977. *Note sull'architettura nei Campi Flegrei*. Atti del Convegno internazionale "I Campi Flegrei nell'archeologia e nella storia", Roma, 4-7 maggio 1976. Atti dei Convegni Lincei, **33**, 365-375.
- HARDIE G. C., 1969. *The Great Antrum at Baiae*. Papers of the British School at Rome, **37**, 14-33.
- LAVAGNE H., 1988. *Operosa antra: recherches sur la grotte à Rome de Sylla à Hadrien*. Bibliothèque des écoles françaises d'Athènes et de Rome, **272**, X, 752 pp.
- LUGLI G., 1957. *La tecnica edilizia romana, con particolare riguardo a Roma e Lazio. vol. IV*. Roma: Bardi, 2 vv., 743 pp., 210 tavv.
- MEDRI M., SORICELLI G., BENINI A., 1999. In Baiano sinu: *le Piccole Terme di Baia*. Proceedings of the First International Conference on Roman Baths, Bath (UK), 30/03 – 04/04/1992, v. 2, pp. 207-217.
- PAGET R. F., 1967. *In the Footsteps of Orpheus: the Story of the Finding and Identification of the Lost Entrance to Hades, the Oracle of the Dead, the River Styx and the Infernal Regions of the Greeks*. London, Hale.

AQUA AUGUSTA CAMPANIÆ: CONSIDERAZIONI SULLE MORFOLOGIE DEGLI SPECCHI IN AREA FLEGREA

GRAZIANO FERRARI¹, RAFFAELLA LAMAGNA²

¹ Via Vignati 18, I-20161, Milano, Italy; gwferrari@gwferrari.it

² Via Cisterna dell'Olio 5, I-80134, Napoli, Italy; raffaella_lamagna@yahoo.it

Riassunto

L'*Aqua Augusta Campaniæ*, o Acquedotto Augusteo di Serino, è un'importante opera idraulica antica situata in Campania, realizzata per alimentare le installazioni civili e militari dei Campi Flegrei. Essa captava le acque di sorgenti dell'Appennino Campano e correva in gran parte nel sottosuolo lungo le pendici calcaree dell'Appennino, le falde del Vesuvio e dei Campi Flegrei, oltre a lasciare diramazioni per importanti città antiche come Nola, Atella, Acerra e Napoli. A partire dal 2010 sono in corso ricerche speleologiche sull'*Aqua Augusta* nei suoi tratti flegrei. Abbiamo identificato diversi tratti di condotti idraulici che, per posizione, quota e morfologia, possono essere considerati pertinenti all'*Aqua Augusta*. Presentiamo una rassegna preliminare delle sezioni finora riscontrate ed una discussione delle morfologie costruttive, in relazione alla consistenza delle rocce incassanti ed alla sezione idraulica utile. Questi dati possono quindi essere utilizzati per agevolare l'attribuzione all'*Aqua Augusta* di altri condotti idraulici e per una prima comprensione delle caratteristiche della distribuzione idraulica negli antichi Campi Flegrei.

Parole chiave: Campi Flegrei, *Crypta Neapolitana*, Baia, Serino, Acquedotto Augusteo, idraulica romana.

Abstract

"AQUA AUGUSTA CAMPANIÆ" CONSIDERATIONS MORPHOLOGIES SPECCHI IN THE AREA FLEGREA - *Aqua Augusta Campaniæ*, also named as *Serino Augustean Aqueduct*, is an important ancient hydraulic system, placed in Campania, near Naples. It was aimed at providing fresh water to civil and Army settlements in the Phlegræan Fields. The aqueduct tapped large springs in the Campanian Apennines. It runs mostly underground along the limestone hillsides in the Apennines, the Vesuvius slopes and the Phlegræan Fields volcanic craters. It also left side branches to important ancient cities, such as Nola, Atella, Acerra and Naples. From 2010 on, we are performing caving research on the *Aqua Augusta phlegræan* sections. We identified several hydraulic passages. Accordingly to their position, elevation and morphology, most of them can be attributed to the *Aqua Augusta*. We present a preliminary review of explored sections, together with a discussion of building morphologies. They are related to enclosing rocks and to operational hydraulic sections. The data could be helpful in checking attribution of other hydraulic passages to *Aqua Augusta* and in a preliminary research about Phlegræan Fields ancient hydraulic provision.

Key words: *Phlegræan Fields*, *Crypta neapolitana*, Baia, Serino, *Augustean Aqueduct*, Roman hydraulic.

Introduzione

In età antica, la presenza di ottimi porti, di sorgenti termali e di suolo fertile attrasse l'attenzione dei coloni greci e romani sui Campi Flegrei. Negli ultimi decenni del I secolo a.C. l'area era occupata da grandi ville nobiliari, peschiere, porti commerciali, impianti termali, e dalle strutture della flotta militare del Tirreno. I romani realizzarono numerosissime cavità, fra cui gallerie, acquedotti, cisterne, captazioni di acque termali e di vapori per riscaldare le strutture di superficie. Il principale svantaggio dei Campi Flegrei era l'assenza di fonti di acqua dolce. Il sottosuolo vulcanico era ricco solo di sorgenti minerali, inadatte per l'uso potabile. Per rifornire la popolazione in crescita e le flotte civili e militari, i romani progettaronò un lunghissimo acquedotto in gran parte sotterraneo, denominato *Aqua Augusta Campaniæ*, captando le sorgenti di Serino, provenienti dalle montagne calcaree dell'Appennino. Varie diramazioni portavano acqua alle città di Nola, Atella, Acerra e forse Pompei. Il ramo principale circuiva Napoli e raggiungeva Pozzuoli, Baia e Miseno, oltre a lasciare una diramazione per Cuma. Lo sviluppo dell'asse principale era di 105 km (KEENAN-JONES, 2010), e ciò lo rendeva il più lungo acquedotto romano dell'epoca e l'unico a servire numerose città.

A partire dal 2010 abbiamo in corso ricerche speleologiche sul percorso dell'*Aqua Augusta* nei Campi Flegrei. I risultati ottenuti fino alla fine del 2012 sono sintetizzati in FERRARI & LAMAGNA (2103a), e rappresentati schematicamente in figura 1. In rosso viene rappresentato il percorso ipotizzato sulla base delle informazioni disponibili, delle quote di scorrimento presunte e della morfologia di superficie. Con tratto più spesso viene tracciato un ramo laterale diretto a Nisida, mentre un ramo diretto a Posillipo e Gajola, di cui sono disponibili poche informazioni, è rappresentato a tratteggio. Le sezioni presumibilmente andate perdute sono in colore bianco, mentre in giallo appaiono i tratti la cui esistenza è nota ma che non è ancora stato possibile esplorare, ed in verde le poche centinaia di metri che sono state finora documentate. Nel caso di Pozzuoli (lettera H, area pianeggiante e molto urbanizzata) e del tratto fra I ed L (pianeggiante e devastato dall'eruzione del M. Nuovo del 1538) non è possibile fornire ipotesi ragionevoli sul tracciato.

Sulla base dei dati finora a disposizione, è possibile effettuare un'analisi preliminare della morfologia degli spechi noti, con l'obiettivo di identificare le caratteristiche comuni e le particolarità, per ricavare informazioni sull'andamento dell'*Aqua Augusta* e determinare l'appartenenza degli spechi all'acquedotto.



Figura 1. Il tracciato presunto dell'*Aqua Augusta* nei Campi Flegrei ed alcune sezioni rappresentative. La legenda dettagliata è nel testo.

Figure 1. *Aqua Augusta* supposed course in the Phlegræan Fields, together with some representative sections. See text for detailed description.

Materiali e metodi

I siti citati sono identificati con lettere maiuscole in figura 1, nell'elenco seguente ed in tabella 1. In caso di più spechi nello stesso sito, essi sono distinti con l'aggiunta di un numero progressivo. Per ciascun sito sono state effettuate osservazioni sulla tipologia di roccia incassante, sulle murature eventualmente presenti, sulle caratteristiche del rivestimento idraulico e sulla presenza di concrezioni. Sono state prese misure di dettaglio ed è stata realizzata una documentazione fotografica. Per i siti B, G ed L, non reperiti o distrutti, sono state utilizzate le informazioni riportate nella letteratura citata.

A) *Crypta neapolitana* (Napoli): la *Crypta neapolitana* è una galleria stradale lunga 700 m che trafora il costone di Posillipo. Essa esisteva già in epoca romana e metteva in comunicazione diretta l'antica *Puteoli* con *Neapolis*. A causa di imponenti crolli interni, essa è chiusa al transito da circa un secolo. L'ingresso orientale, presso Mergellina, è visibile all'interno del Parco della Tomba di Virgilio. In esso è anche possibile percorrere un breve tratto di acquedotto che prosegue poi per circa 150 m all'interno della parete N della *Crypta*. Abbiamo esaminato tre diverse sezioni, con caratteristiche molto simili fra loro. Si tratta di spechi a sezione rettangolare con volta a pieno centro, scavati nella roccia tufacea senza rivestimento in muratura. L'*opus signinum* ricopre tutta l'altezza della parete fino all'imposta di volta. La sezione A1 si trova in un tratto lungo 16 m non aperto al pubblico, affacciato sul Parco. Qui la platea è ricoperta da uno spessore indeterminato di deposito sciolto. L'*opus signinum* è a sua volta ricoperto da uno strato di concrezione di spessore crescente dall'alto verso il basso fino ad un massimo di 10 cm. La sezione A2 si trova nel tratto aperto al pubblico, lungo 18 m. L'*opus signinum* ha uno spessore di 5 cm ma non è ricoperto da concrezione, che potrebbe essere stata rimossa nei lavori di adattamento effettuati nel 1930. La platea si trova alla quota di 40,71 m s.l.m. La sezione A3 (Fig. 1, A3) si

trova circa 80 m all'interno della *Crypta*, in corrispondenza ad uno spiraglio che collega la galleria maggiore con lo speco dell'acquedotto. Uno scavamento ha sezionato lo speco permettendone di apprezzare le caratteristiche costruttive. La platea è basata su un riempimento di pezzame, spesso 14 cm, su cui è posato uno spessore di 4,5 cm di *opus signinum*, a sua volta ricoperto da 1 cm di concrezione. Ai due angoli fra la platea ed i piedritti sono presenti i pulvini, cioè ispessimenti dell'*opus signinum* in forma di quarti di cerchio con raggio pari a 4 cm. I piedritti sono costituiti da uno spessore variabile di *opus signinum*, da 3 cm alla base fino a 5,5 cm alla sommità. La concrezione ha uno spessore crescente dall'alto verso il basso, dove raggiunge gli 8 cm per parte. La volta dello speco è rivestita da uno strato sottile di intonaco. All'estremità opposta della *Crypta*, vicino all'ingresso di Fuorigrotta, abbiamo reperito uno speco (A4) completamente occluso da depositi incoerenti, con sezione rettangolare e volta a doppio spiovente. La platea si trova alla quota di 37,48 m s.l.m. Purtroppo non vi è alcuna traccia di rivestimento idraulico. Non è quindi possibile determinare se esso sia pertinente all'*Aqua Augusta*.

B) **Galleria della Tranvia** (Napoli): nel 1882, lo scavo di una nuova galleria parallela alla *Crypta neapolitana*, intercettò uno speco di acquedotto. Esso venne svuotato dai depositi sciolti che lo ostruivano e fu esplorato per circa 100 m in direzione S, verso la *Crypta*, e per circa 250 m in direzione N. Al suo interno vennero ritrovati importanti graffiti, incisi sull'*opus signinum* ancora fresco, ad una data corrispondente al 12 gennaio 65 d.C. Pare ragionevole concludere che si possa trattare di un segmento dell'*Aqua Augusta* soggetto ad un intervento di restauro. Purtroppo tale segmento non è attualmente più reperibile, ma diverse pubblicazioni dell'epoca hanno illustrato la scoperta (BASSEL, 1883, Fig. 2). Viene anche citata una quota di scorrimento pari a 40,2 m s.l.m. (GÜNTHER, 1913).

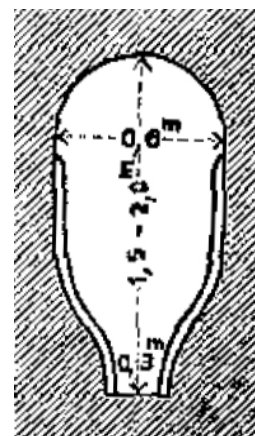


Figura 2. Sezione dell'acquedotto (da BASSEL, 1883).

C) **Fondo Sarnataro** (Napoli): lungo via Terracina si trova un terreno della Società Mostra d'Oltremare nel quale era prevista la realizzazione di uno degli ingressi della Mostra. Nel corso degli scavi furono ritrovati interessanti reperti di età romana, fra cui un tratto di acquedotto (MALLARDO, 1939). Abbiamo potuto esaminare il sito e verificare l'esistenza di circa 23 m di speco, ancora ben conservato, il cui estradosso si trova alla quota di 39,6 m s.l.m. Il canale è ricavato nel suolo incoerente ed è completamente rivestito da una muratura di blocchetti di tufo. Non disponiamo ancora di informazioni sulla morfologia interna del condotto.

Figure 2. Aqueduct cross section (after BASSEL, 1883).

D) **Via Nuova Agnano** (Napoli): lavori di sistemazione stradale hanno messo in luce un tratto di acquedotto. Sono ora visibili due accessi ai lati della strada. Gli spechi si trovano alla quota di circa 37 m s.l.m. e si aprono all'interno di sedimento sciolto di origine vulcanica la cui superficie si trova alla quota di 41,5 m s.l.m. La sezione è rettangolare con volta a pieno centro; la platea non è visibile perché ricoperta di detrito fine, i piedritti sono realizzati in muratura di blocchi di tufo di forma circa a parallelepipedo, posti in ricorsi orizzontali con abbondante malta, mentre la volta è costituita da analoghi blocchi di tufo disposti in modo irregolare. Il rivestimento parietale è costituito da *opus signinum* fino all'altezza dell'imposta di volta.

E) **Terme di Agnano** (Napoli): all'interno delle terme antiche di Agnano si trova un cunicolo (Fig. 1, E) che si dirige verso SE per 126 m, alla quota di circa 35 m s.l.m. Esso è ricavato in un deposito poco coerente ed è rivestito di muratura di blocchi tufacei in regolari ricorsi orizzontali, a loro volta rivestiti da *opus signinum*. La volta è a doppio spiovente. Si ritiene trattarsi di una diramazione dall'asse principale dell'*Aqua Augusta*, che alimentava le antiche terme, ma al momento non è ancora stato possibile reperire il *diversorium*.

F) **La Pietra** (Pozzuoli): all'interno di un costone affacciato sul mare fra Bagnoli (Napoli) e Pozzuoli, abbiamo potuto esplorare una cavità in gran parte costituita da uno speco di acquedotto (FERRARI & LAMAGNA, 2012). La quota dell'ingresso è di 35,3 m s.l.m. Nel suo percorso, la cavità attraversa formazioni diverse, e ciò si rispecchia nelle caratteristiche costruttive dello speco. Nella parte verso Bagnoli è visibile un tufo compatto con grandi inclusi verdastri. Qui la sezione (F1) è rettangolare con volta a pieno centro. L'*opus signinum* è posato direttamente sulla roccia. Purtroppo la sezione è parzialmente occupata da un deposito sciolto che impedisce di esaminare la platea. La porzione verso Pozzuoli (F2) è invece scavata in un deposito grigiastro poco cementato che era in grado di sostenere la volta a pieno centro ma evidentemente non era sufficientemente affidabile per la posa dell'*opus signinum* parietale. In alcuni tratti venne quindi realizzato un rivestimento murario per la sola parte dei piedritti.

G) **Monte Olibano** (Pozzuoli): già nel XVIII secolo era stata riportata l'esistenza di un tratto di acquedotto all'interno della durissima trachite cavata dal M. Olibano. Non abbiamo potuto verificare se sussistano tracce

dello speco, ma le sue caratteristiche essenziali sono riportate in SOCIETÀ VENETA PER IMPRESE E COSTRUZIONI PUBBLICHE (1885). Date le ottime caratteristiche di tenuta della roccia, la sezione è rettangolare, senza alcun rivestimento murario.

H) **Anfiteatro Flavio** (Pozzuoli): i sotterranei dell'anfiteatro sono collegati ad un acquedotto che corre al di fuori dell'area archeologica e sotto una zona attualmente del tutto urbanizzata (Fig. 1, H). In assenza di informazioni sul percorso dell'*Aqua Augusta* a Pozzuoli, tale tratto era stato attribuito in passato anche all'Acquedotto Campano (si veda ad es. DUBOIS, 1907). In base alle quote attese di scorrimento, riteniamo che tale attribuzione sia priva di fondamento (FERRARI & LAMAGNA, 2015). Il tratto in questione corre alla quota di 35 m s.l.m., cioè a circa 9 m sotto la superficie topografica attuale. L'*opus signinum* raggiunge l'imposta della volta ed è ricoperto da uno spesso deposito di concrezione. Il pulvino è a quarto di cerchio.

I) **Viale Olivetti** (Pozzuoli): lo scavo di un sottopasso stradale intorno al 1990 ha messo in luce due specchi affiancati, posti ad una quota di circa 35 m s.l.m. Essi sono scavati in depositi sciolti e sono completamente rivestiti in opera cementizia di tufo. Lo speco SO (I1, Fig. 1, I1) è caratterizzato da una volta a pieno centro con i tufelli della volta disposti ad arco. In esso, l'*opus signinum* ha uno spessore di 5 cm ed è ricoperto da concrezione per uno spessore massimo di 6 cm. Il pulvino a quarto di cerchio ha un raggio di 10 cm. Lo speco NE (I2) ha volta a doppio spiovente. La struttura muraria è in blocchi di tufo irregolari. Le pareti dello speco sono in ricorsi regolari di laterizi su cui è posato l'*opus signinum* spesso 4 cm. Il pulvino alla base è triangolare mentre la concrezione è spessa 2 cm.

L) **Lago d'Averno** (Pozzuoli): sul versante N del cratere che circonda il lago sono stati segnalati in varie epoche tratti di acquedotto messi in luce da lavori edilizi o stradali. La segnalazione più recente (PAGANO & ROUGETET, 1989) riguarda uno speco rivestito in opera cementizia di tufo, a sezione rettangolare con copertura a doppio spiovente, rivestito di uno spesso strato di *opus signinum*. Data la vicinanza alla superficie topografica, è molto probabile che il terreno incassante sia costituito da suolo incoerente.

M) **Scalandrone** (Bacoli): all'interno di una galleria minore nelle vicinanze del lago Lucrino si trova un'iscrizione che riporta la data del 30 dicembre 10 d.C. Essa celebra l'apertura di una presa d'acqua a cura del *curator aquae augustae* Decimo Satrio Ragoniano. Si ritiene pertanto che essa sia pertinente ad un tratto dell'*Aqua Augusta*. Una nostra breve operazione di ripulitura dai detriti presenti ha permesso di accedere ad un tratto di acquedotto lungo 54 m, intasato da depositi sciolti (FERRARI & LAMAGNA, 2013b). Lo speco (Fig. 1, M) si apre ad una quota di 33,5 m s.l.m. ed è scavato all'interno di un costone di tufo. La volta dello speco è orizzontale. Le pareti sono ricoperte da uno strato di *opus signinum* e di concrezione spesso circa 8 cm.

N) **Sella di Baia** (Bacoli): la strada di Sella di Baia corre in una tagliata all'interno del costone. Sulle pareti, a 5,7 m sopra il piano stradale, è visibile uno speco di acquedotto tranciato, realizzato con rivestimento murario all'interno di depositi vulcanici poco coerenti. Lo speco è parzialmente intasato di polvere tufacea, per cui non è stato possibile osservare la platea. Le misure si riferiscono alla sezione sulla parete S della sella, che appare voltata con un arco di tufelli a sesto ribassato. Più all'interno, lo speco appare con volta in opera cementizia di tufo a pieno centro.

O) **Parco Archeologico di Baia** (Bacoli): su uno dei ripiani superiori delle strutture antiche del Parco si apre un cunicolo lungo 18 m da cui si accede ad una sala ipogea (6,7 x 2,9 x 2,4 m) con volta a botte e rivestimento in *opus reticulatum*. Lungo l'asse maggiore di questo ambiente corre uno speco di acquedotto realizzato in muratura di blocchetti di tufo con abbondante malta. La volta è a pieno centro in opera cementizia di tufo, con tracce delle armature lignee. Un'apertura rettangolare permette di accedere all'interno dello speco e di percorrere circa 40 m di acquedotto (Fig. 1, O). Anche in questo caso, la roccia incassante è costituita da depositi vulcanici poco coerenti. La platea dello speco si trova alla quota di 31,9 m s.l.m.

Oltre agli specchi qui sommariamente descritti, sono noti in letteratura o da ricognizioni sul terreno vari altri siti ove sono presenti strutture che potrebbero essere messe in relazione con l'*Aqua Augusta*. Al momento i dati disponibili al loro proposito sono insufficienti per contribuire alla discussione.

Discussione

Le misure riportate in tabella 1 sono state raccolte nel corso delle varie esplorazioni, senza l'impiego di un protocollo univoco di acquisizione dei dati. Fanno eccezione gli specchi B, G ed L, che si basano solo su dati reperiti in letteratura. Per questi motivi, alcuni dati sono mancanti o non sufficientemente omogenei. Sulla base delle scarse informazioni di letteratura sul tracciato dell'*Aqua Augusta*, non è possibile attribuire con

assoluta certezza nessuno degli spechi citati a tale acquedotto. Solo lo speco di Scalandrone gode della relazione con il *curator aquae augustae* data dall'iscrizione soprastante, ma in questo caso potrebbe trattarsi di un ramo laterale o anche di un altro acquedotto soggetto alla stessa giurisdizione. È quindi necessario applicare l'approccio opposto, esaminando gli spechi noti e ricavandone elementi comuni ed indicazioni utili a supportarne o smentirne l'attribuzione all'*Aqua Augusta*.

Cod.	Sito	Suolo	Riv.	Volta	H tot	H reni	H volta	L. R.	L. P.	H OS	H Concr.
A1	Crypta est.	T	N	PC	(1,58)	(1,30)	0,28	0,72	0,56	(1,10)	(0,95)
A2	Crypta mid.	T	N	PC	1,87	1,50	0,27	0,77	0,74	1,40	/
A3	Crypta sp. 16	T	N	PC	1,88	1,47	0,39	0,77	0,60	1,47	1,16
B	Galleria Tranvia		N	PC	1,5-2,0			0,5-0,6	0,30		
F1	La Pietra 1	T	N	PC	(1,01)	(1,01)		0,64			
F2	La Pietra 2	P	M/N	PC	2,00			0,75			
G	Monte Olibano	Tr	N	R	1,85				0,80		
H	Anfiteatro Flavio	T	N	PC	1,68	1,35	0,33	0,65			
I1	Viale Olivetti SO	S	M	PC	1,77	1,47	0,30	0,57	0,45	0,58	
I2	Viale Olivetti NE	S	M	DS	2,40	1,90	0,50	0,67	0,63		
L	Lago d'Averno		M	DS	1,15	0,75	0,4	0,8			
M	Scalandrone	T	N	R	(0,78)	(0,73)	0,05	0,60	0,44	0,55	
N	Sella di Baia	P	M	PC	(0,90)	(0,80)	0,10	0,56			
O	Parco Archeologico	P	M	PC	1,26	0,93	0,33	0,50	0,40	0,60	0,30

Legenda: Suolo: P = Pozzolana e depositi poco coerenti, T = Tufo, Tr = Trachite, S = Suolo incoerente. Riv. (Rivestimento): M = Muratura, N = Nessuno. Volta: PC = a Pieno Centro, DS = a Doppio Spiovente, R = Ribassata. H tot/reni/volta (Altezza totale/alle reni/della volta). L. R. (Larghezza alle reni). L. P. (Larghezza alla Platea). H OS (Altezza *opus signinum*). H Concr. (Altezza concrezione). I valori fra parentesi sono relativi a siti ove la platea non è visibile per presenza di depositi. Si tratta quindi di valori minimi, a cui va aggiunto lo spessore del deposito.

Tabella 1. Dati delle sezioni citate dell'*Aqua Augusta* nei Campi Flegrei.

Table 1. Data about *Aqua Augusta* sections in the Phlegræan Fields.

Gli spechi citati hanno tutti forma rettangolare con rivestimento in *opus signinum* sulle pareti. Quasi tutti presentano depositi di concrezione di spessore crescente dall'alto verso il basso. Una prima distinzione si verifica sulla presenza o meno di rivestimento in muratura. Esso è presente esclusivamente ove il substrato è costituito da suolo incoerente (siti C, D, I, M) o da depositi vulcanici poco coerenti (siti E, N, O). Nelle rocce tufacee o nella trachite lo speco non è rivestito e l'*opus signinum* è posato direttamente sulla roccia. Un caso particolare è costituito dalla sezione F2, dove le cattive caratteristiche della roccia hanno indotto a edificare un rivestimento murario solo sulle pareti. Ove presente, la muratura è costituita tipicamente da *opus incertum* o *opus vittatum* in blocchetti di tufo, con abbondante malta. Negli spechi non sono state osservate murature in *opus reticulatum*. Il laterizio è presente solo in I2.

La volta può essere a pieno centro o ribassata, in funzione della qualità della roccia. La volta ribassata o quasi orizzontale è presente dove la roccia è di buona qualità e priva di rivestimento murario. La volta a pieno centro è la più diffusa e si riscontra sia in rocce tufacee prive di rivestimento murario, sia come elemento sommitale di rivestimenti murari completi. In questi ultimi casi sono spesso osservabili le tracce delle opere lignee di sostegno in corso di esecuzione. Le volte a doppio spiovente (siti A4, I2, L) sono meno frequenti. Il sito I è particolarmente interessante. In esso lo speco a doppio spiovente (I2) è addossato allo speco a pieno centro (I1). La muratura della parete di I2 è costituita da ricorsi regolari di laterizio, ed anche questo particolare induce a ritenere tale speco come un intervento successivo ad I1. Le volte a doppio spiovente sono prive delle tegole

impiegate per la costruzione. Non sono state osservate coperture piane.

L'analisi delle quote di scorrimento è un fattore importante nello studio del corso dell'acquedotto. Solo con l'impiego di strumenti di alta precisione nel quadro di un progetto organico di ricerca è possibile ricavare dati omogenei ed affidabili. I valori esposti in precedenza sono stati ricavati da fonti diverse, in momenti diversi, con strumenti eterogenei e basandosi su capisaldi non sempre affidabili, per cui è al momento impossibile ricavarne indicazioni significative. Nonostante queste gravi limitazioni, i dati presentati mostrano una discreta correlazione, scendendo gradatamente da 40,71 (speco A2) a 31,9 m s.l.m. (speco O) su un percorso stimabile in almeno 18 km. Ciò significa un pendenza media di 0,5 ‰, compatibile con la pendenza della maggior parte dei tratti dell'*Aqua Augusta* (KEENAN-JONES, 2010). Va tenuto presente che l'entità della variazione bradisismica del suolo in area flegrea fra l'epoca romana ed oggi è dello stesso ordine di grandezza della differenza nelle quote dei tratti di acquedotto esaminati.

Il confronto fra le dimensioni degli specchi mostra che queste si mantengono significativamente omogenee fra Napoli (sito A) e Pozzuoli (sito H). In questo tratto, l'*opus signinum* arriva all'imposta della volta. Lo speco I1 presenta ancora dimensioni solo di poco inferiori alle precedenti, ma l'altezza dell'*opus signinum* è più che dimezzata. Ciò fa pensare che buona parte della portata originaria fosse destinata a *Puteoli*. Nel sito O le dimensioni dello speco sono significativamente minori e l'altezza del *signinum* è invariata rispetto ad I1. Anche in questo caso è possibile ipotizzare che l'acquedotto perdesse portata a favore di Cuma, delle installazioni civili e militari dei laghi d'Averno e Lucrino e delle terme baiane.

Nello speco A3 è possibile stimare la sezione utile, approssimabile con un trapezio avente basi pari a 0,77 m ed a 0,60 m (al netto della concrezione) ed altezza massima di scorrimento pari a 1,16 m, indicata dal livello della concrezione. La sezione ha un'area pari a 0,7946 m². L'analoga sezione nello speco O è approssimabile con un rettangolo avente base pari a 0,4 m ed altezza pari a 0,3 m. L'area è pari a 0,12 m², cioè i 3/20 del valore allo speco A3. Se si considera una velocità di flusso minima di 0,5 m/s, è possibile stimare la portata nello speco A3 pari ad oltre 34.000 m³/d, che si riduceva ad oltre 5.000 m³/d nello speco O. Va ricordato che la capienza della *Piscina mirabilis*, ritenuta il serbatoio terminale dell'*Aqua Augusta*, è stato stimato in circa 12.000 m³. Chiaramente queste stime vanno al momento considerate come del tutto indicative.

Conclusioni e prospettive

I dati qui presentati soffrono di numerose incertezze ma permettono di ricavare interessanti indicazioni. È opportuno approfondire la ricerca mediante misure più accurate e generalizzate. Sarà importante effettuare accurati raffronti con le sezioni note nel tratto Serino-Napoli dell'*Aqua Augusta* e con altri acquedotti coevi.

Bibliografia

- BASSEL, R., 1883. *Neu entdeckte antike Wasserleitung des Macrinus in Neapel*. Centralblatt der Bauverwaltung., **3**, 27-28.
- DUBOIS, C., 1907. *Pouzzoles antique (histoire et topographie)*. Paris: Fontemoing. 452 pp.
- FERRARI G., LAMAGNA R., 2012. *Aqua Augusta Campania. Speco a La Pietra (Pozzuoli)*. Opera Ipogea, (1), 31-42.
- FERRARI G., LAMAGNA R., 2013a. *The Augustean aqueduct in the Phlegraean Fields (Naples, Southern Italy)*. Proceedings of the 16th International Congress of Speleology, Brno, Czech Republic, 21-28 July 2013, **2**, 200-205.
- FERRARI G., LAMAGNA R., 2013b. *Il bimillenario dell'acquedotto augusteo di Serino*. In: CUCCHI F. & GUIDI P. (eds.), "Diffusione delle conoscenze: Atti del XXI Congresso Nazionale di Speleologia, Trieste, 2-5 giugno 2011", Trieste: EUT Edizioni Università di Trieste, pp. 387-398. URI: <http://hdl.handle.net/10077/9087>
- FERRARI G., LAMAGNA R., 2015. *The Campanian aqueduct stairway rediscovered*. Proceedings of the International Congress on Speleology in Artificial Cavities, Rome, Italy, March, 11-17, 2015.
- GÜNTHER, R. T., 1913. *Pausilipon, the Imperial Villa near Naples*. Oxford: Hart. XII, 294 pp.
- KEENAN-JONES, D., 2010. *The Aqua Augusta. Regional water supply in Roman and late antique Campania*. Unpublished PhD thesis, Macquarie University, Sidney, Australia.
- MALLARDO, D., 1939. *La Via Antiniana e le memorie di S. Gennaro*. Rendiconti dell'Accademia di Archeologia, Lettere e Belle Arti di Napoli, **19**, 303-365.
- PAGANO M., ROUGETET J., 1989. *Le grandi terme dette «Tempio di Apollo» sul Lago di Averno*. Puteoli. Studi di storia antica, Pozzuoli, **12-13** (1988-1989), 151-210.
- SOCIETÀ VENETA PER IMPRESE E COSTRUZIONI PUBBLICHE, 1885. *Acquedotto di Napoli*. Bassano: Roberti. 82 pp.

LE GROTTI DEL MONTE SELLARO IN CALABRIA. UNO STRAORDINARIO PATRIMONIO SPELEO-ARCHEOLOGICO

FELICE LARocca ¹

¹ *Centro Regionale di Speleologia "Enzo dei Medici", Commissione di Ricerca per l'Archeologia delle Grotte, Via Lucania n. 3, 87070 Roseto Capo Spulico (CS); specus@tin.it*

Riassunto

Il Monte Sellaro, ubicato nel settore nord-orientale della Calabria, domina con i suoi 1439 metri di altitudine il Golfo di Sibari preannunciando le maggiori vette di Manfriana, Dolcedorme e Pollino, poste più ad oriente, a ridosso dell'attuale confine amministrativo con la Basilicata. Ricco di grotte, caverne e profonde voragini, questo monte ha rappresentato sin dagli anni Sessanta del secolo scorso il fulcro della speleologia regionale calabrese. Cavità carsiche come l'Abisso del Bifurto e la Grotta di Serra del Gufo – ancora oggi tra le più profonde e sviluppate della Calabria – hanno costituito mete frequentate da numerosi gruppi speleologici, italiani e stranieri. Non meno importanti sono le diverse cavità interessate da circolazione sotterranea di acque sulfuree calde, la più conosciuta delle quali, denominata Grotta dei Bagni o anche Antro delle Ninfe, è nota perché ospita un impianto turistico di balneazione.

Il presente contributo offre un quadro di sintesi sulle 61 cavità naturali attualmente censite sulla montagna, ubicate la maggior parte nel comune di Cerchiara di Calabria, la minor parte in quelli di Francavilla Marittima e Civita. La trattazione evidenzia i caratteri speleologici più rilevanti delle grotte del Sellaro ma anche e soprattutto le loro peculiarità archeologiche, presentando per la prima volta i risultati di recenti indagini compiute in siti sotterranei quali Grotta del Caprio, Grotta della Camastra e molte altre cavità in località Damale. Tali indagini hanno permesso di riconoscere tracce, a volte consistenti, di antiche frequentazioni antropiche collocabili tra l'età eneolitica e l'epoca greco-romana. Frequentazioni che rimandano ad insediamenti temporanei spesso con finalità stabulative (ricovero di greggi) ma, in alcuni casi, anche ad occupazioni più stabili e prolungate nel tempo, con notevoli implicazioni sul piano culturale (offerte e deposizioni di manufatti).

Parole chiave: Calabria, Monte Sellaro, grotte, speleologia, archeologia.

Abstract

THE CAVES AT MOUNT SELLARO (CALABRIA): A REMARKABLE SPELEO-ARCHAEOLOGICAL HERITAGE - Monte Sellaro, located in north-eastern Calabria, with its 1439 meters in height overlooks the Gulf of Sibari and preludes the major peaks of Manfriana, Dolcedorme and Pollino further east, near the current administrative border with Basilicata region. Rich in caves, cavities and deep abysses, this mount has represented since 1960s the cornerstone of Calabrian regional speleology. Karst caves, such as the Abisso del Bifurto and Grotta di Serra del Gufo – at present among the deepest and longest of Calabria – have been visited by many Italian and foreign speleological groups. Equally important are several cavities characterized by the underground flow of warm sulfuric waters. The most re-known one, called Grotta dei Bagni or Antro delle Ninfe, hosts touristic baths.

This paper aims to offer a synthesis on the 61 natural caves inventoried on the mountain, mostly located in the municipality of Cerchiara di Calabria and, to a lesser extent, in those of Francavilla Marittima and Civita. The dissertation highlights the most important speleological characters of Monte Sellaro cavities and especially their archaeological peculiarities, displaying for the first time the results of recent investigations carried out in underground sites such as Grotta del Caprio, Grotta della Camastra and several other cavities in Damale locality. These researches allowed the detection of traces, considerable at times, of ancient human presence that can be set between Eneolithic and Greek-Roman Age. Human traces suggest temporary settlements often with the purpose of stabling herds, but in some cases they suggest more steady occupations, extended in time, which have remarkable cultic implications (artifacts offering and disposal).

Key words: Calabria, Monte Sellaro, caves, speleology, archaeology.

Una breve premessa

Il Monte Sellaro ha rappresentato, a partire dagli scorsi anni Sessanta, il “luogo speleologico” della Calabria per eccellenza. Dacché, nel 1961, vi fu scoperto l’Abisso del Bifurto, cavità profonda e di difficile esplorazione, ben presto numerose altre grotte sono state individuate sulle sue pendici, dapprima ad opera di esploratori provenienti da regioni del Nord Italia, quindi da parte del primo sodalizio speleologico fondato in Calabria a partire dal secondo dopoguerra, il Gruppo Speleologico “Sparviere” di Alessandria del Carretto. È proprio all’opera appassionata e costante di almeno due generazioni di esploratori dello “Sparviere” che dobbiamo il quadro di conoscenze speleologiche esposto in queste pagine. Un quadro che ci informa circa la presenza di ben 61 cavità naturali censite e inserite nel Catasto delle Grotte della Calabria, ubicate in vari distretti del rilievo montuoso e spesso caratterizzate da sviluppo e profondità ragguardevoli. In questo contributo, tuttavia, le maggiori grotte del monte – le *maggiori* da un punto di vista speleometrico – saranno prese in considerazione solo in modo marginale; l’accento sarà invece posto su quelle che, seppur minori, presentano al loro interno testimonianze di antiche presenze umane e che, pertanto, risultano di grande interesse per la ricostruzione dell’antico popolamento dell’area.

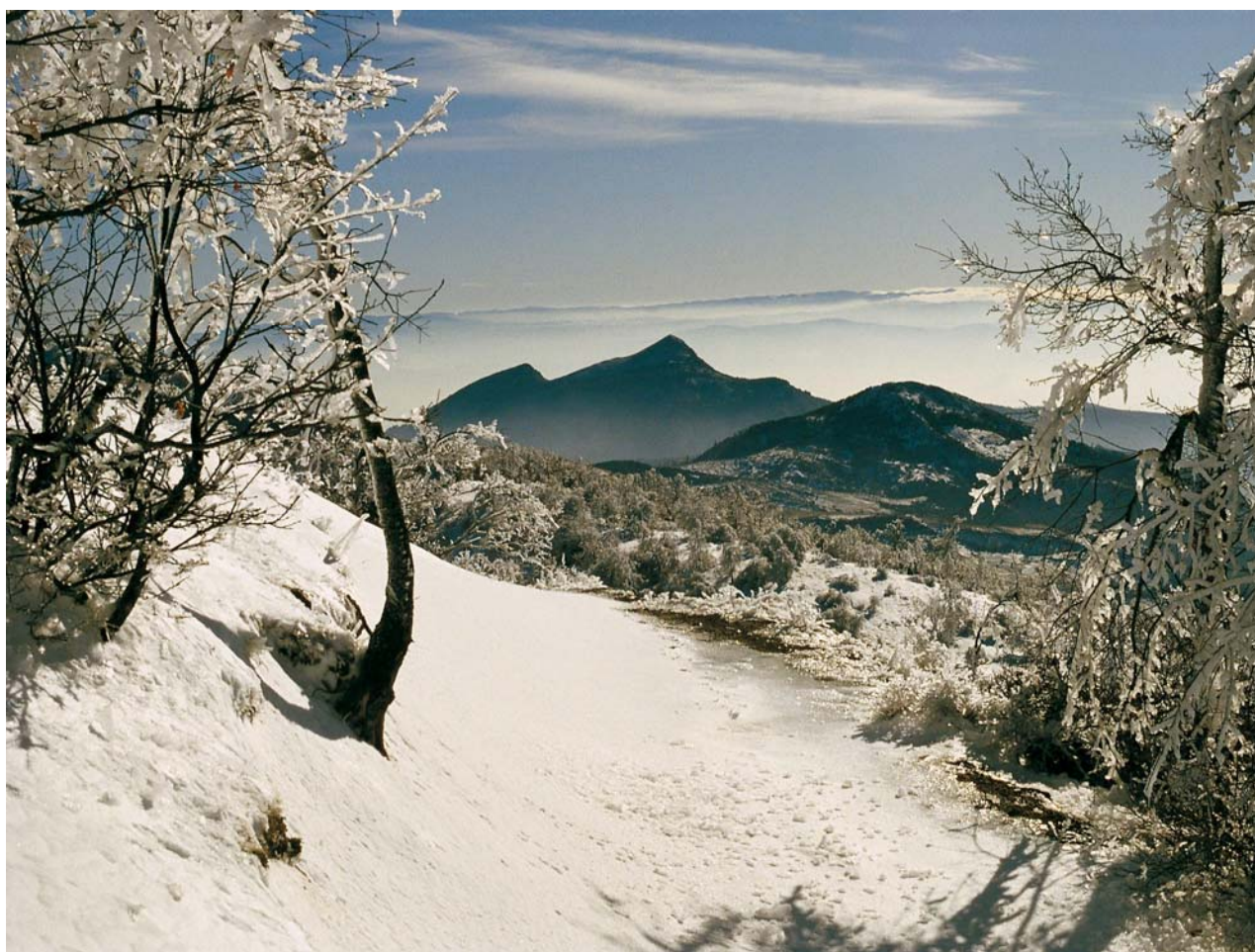


Figura 1. Veduta invernale del Monte Sellaro osservato da Nord nei pressi della Serra di Paola (in primo piano a destra): sullo sfondo la cima aguzza del Sellaro propriamente detto e, a sinistra, la sua vetta minore, il Monte Panno Bianco (foto A. LA ROCCA).

Figure 1. Monte Sellaro in a winter view seen from the north near Serra di Paola (to the right in the foreground): on the background the actual Sellaro sharp peak and, to the left, its minor peak, Monte Panno Bianco (photo A. LA ROCCA).

Il Monte Sellaro: inquadramento geografico

A quanti percorrono la Strada Statale 106 nel tratto di litorale ionico tra i centri abitati di Villapiana e Sibari non risulta difficile riconoscere, nell’immediato entroterra, la mole rocciosa di una montagna che, quasi come un avamposto isolato, preannuncia i maggiori rilievi retrostanti del versante orientale del massiccio del Pollino. È il *Sellaro*, dominante l’ampio Golfo di Sibari, che si staglia con due cime distinte: la prima – la maggiore – alta 1439 metri s.l.m., la seconda (nota anche col toponimo di *Panno Bianco*) alta 1330 metri (Fig. 1). Il massiccio del Sellaro è geograficamente inquadrato dalle valli di due corsi d’acqua che, in un certo senso, ne delimitano i suoi confini naturali: se a S e a W è il

torrente Raganello a segnarne il limite estremo, a N e ad E la stessa funzione è svolta dalla profonda incisione valliva del torrente Caldanello, una forra di spettacolare bellezza.

Una comoda rotabile asfaltata che parte dal centro abitato di Cerchiara di Calabria permette di addentrarsi all'interno del massiccio raggiungendo, alle falde del Panno Bianco, il Santuario della Madonna delle Armi, il cui nucleo originario risale al X secolo e il cui toponimo richiama, in lingua greca antica, la presenza in loco di "grotte". A valle del santuario si innalza la sommità tondeggiante della *Serra del Gufo* (923 metri s.l.m.): da essa scendono pareti rocciose che terminano in *contrada Damale*. I costoni di Damale e, più a NW, quelli contigui estesi sotto la *località Santa Rosalia*, costituiscono una possente barriera rocciosa che recinge tutto il versante SE dell'area più interna del Sellaro. Tali costoni da questa parte, quelli della *Costa del Ponte* e della *Serra dei Bovi* ad E lungo il corso del Torrente Caldanello, e infine l'alveo quasi sempre secco del *Vallone dello Zifaro* a NW di Cerchiara di Calabria, circoscrivono il "cuore" della montagna. Essa ricade territorialmente nei comuni di Cerchiara di Calabria, Francavilla Marittima e Civita (tutti in provincia di Cosenza).

La natura calcarea del monte (calcari del Cretaceo) ha permesso la formazione e l'evoluzione di vari fenomeni carsici, spesso molto estesi e profondi. Non vi è parte del rilievo che non mostri presenza di cavità naturali, in alcuni casi percorse al loro interno da acque sulfuree calde (*località Caldana e Balze di Cristo*).



Figura 2. Il sifone terminale della Grotta dei Bagni a Cerchiara di Calabria. Dalle acque di questa cavità provengono 101 lucerne di età romana, databili al I-II secolo d.C. (foto F. LAROCCA).

Figure 2. The terminal sump of Grotta dei Bagni at Cerchiara di Calabria. From its water 101 roman age lamps were found, dating to I-II century A.D. (photo F. LAROCCA).

Storia delle prime esplorazioni

Senza ombra di dubbio la storia della speleologia sul Monte Sellaro nasce nelle grotte attraversate da acque sulfuree calde in località Caldana. La più nota tra esse è la Grotta dei Bagni, conosciuta anche come Antro delle Ninfe (Fig. 2). GABRIELE BARRIO, letterato calabrese vissuto nel XVI secolo, scrive nel suo "*De antiquitate et situ Calabriae*" una nota sul territorio di Cerchiara dalla quale si apprende che "*presso la cittadella, da una grotta nella roccia che si trova alla radice del monte Silano, nasce il fiume Caldana, una volta detto Cyris, del quale parla Licofrone; la sua acqua è sulfurea*" (GAMBARROTA, 2003). Citazione di grande interesse, per la sua antichità ma anche per la variante del nome del monte, indicato come "Silano" (e in altre testimonianze più tarde "Silaro"), prima di approdare all'attuale "Sellaro".

Si intuisce un chiaro riferimento alla *Sila* (l'altopiano situato nella zona centro-settentrionale della Calabria), forse per via dell'abbondanza della vegetazione. L'8 luglio 1939 la Grotta dei Bagni viene visitata da ENZO DEI MEDICI, uno dei padri storici della speleologia calabrese: egli dota la cavità del suo primo rilevamento topografico speditivo, ne calcola le coordinate geografiche e la descrive accuratamente. Non trascurando, inoltre, di indirizzare la propria attenzione anche ad una seconda cavità posta nelle immediate vicinanze (la cosiddetta “Grotta Scura”), anch'essa attraversata da un rigagnolo di acque sulfuree, giungendo alla conclusione che in un tempo remoto queste grotte dovevano far parte di un medesimo sistema sotterraneo (DEI MEDICI, 2003).

Successivamente, almeno fino ai primi anni Sessanta, nessuno si occupa più delle grotte del Sellaro. Nell'agosto del 1961, tuttavia, nell'ambito di una campagna di ricerche svolta dal Gruppo Speleologico Piemontese CAI UGET sul massiccio del Pollino, viene effettuata una scoperta del tutto inattesa: nel punto più depresso di una vallecchia da cui poi si origina il Vallone dello Zifaro, a N della vetta del Sellaro, è individuato l'ingresso dell'Abisso del Bifurto. La sua esplorazione si conclude l'anno successivo, toccando il fondo a quota - 683 metri e conferendo alla cavità la fama di una tra le più profonde grotte d'Italia (LAROCCA, 1991). I Piemontesi esplorano nel 1961 anche la Voragine delle Balze di Cristo, situata un'ottantina di metri più in quota della Grotta dei Bagni e con presenza al suo interno di acque sulfuree. Questa cavità sarà oggetto di nuova attenzione nel 1969 da parte del Gruppo Speleologico San Marco e della Delegazione Speleologica Veneta che, credendola inesplorata, la ribattezzano *Voragine San Marco* (ROSSI OSMIDA, 1970).

Ma è solo con la fondazione, nel 1976, del Gruppo Speleologico “Sparviere” di Alessandria del Carretto che inizia una puntuale ricognizione di tutti i fenomeni carsici presenti sul massiccio montuoso, con conseguente loro censimento. Decine di cavità vengono localizzate nel corso di perlustrazioni compiute nei settori meno battuti della montagna: a volte esse risultano di modeste dimensioni, talaltra invece appaiono molto estese e profonde. Tra queste ultime si ricorda in primis la Grotta di Serra del Gufo, che deterrà per molti anni – forte di uno sviluppo di oltre 2 chilometri – il titolo di cavità più lunga della Calabria (LAROCCA, 1989); quindi la Grotta di Damale, l'Antro degli Elfi, etc. In molti altri casi, sebbene le grotte siano non particolarmente sviluppate, vengono individuate al loro interno tracce e testimonianze di antiche frequentazioni umane, inquadrabili in un arco di tempo che si estende dalla tarda preistoria al medioevo. È il caso di cavità come Grotta dei Colombi, Grande Caverna di Damale, Grotta del Caprio, Grotta della Camastra, etc.

I maggiori fenomeni carsici

Nel territorio del Monte Sellaro è concentrata una notevole quantità di cavità naturali: attualmente sono note e regolarmente censite 61 grotte, dislocate la maggior parte nel territorio comunale di Cerchiara di Calabria (n. 49), quindi in quello di Francavilla Marittima (n. 9) e di Civita (n. 3). Le grotte più importanti dal punto di vista speleologico sono tutte nel comune di Cerchiara di Calabria. Per profondità, la maggiore è l'Abisso del Bifurto, con un dislivello negativo di poco meno di 700 metri (LA ROCCA, 2006; SELLERI, MARTIMUCCI, 2013), seguito dalla Grotta di Serra del Gufo (profondità 156 metri) che rappresenta al tempo stesso anche la cavità più lunga del territorio (2 km circa). Se l'Abisso del Bifurto è costituito da una sequenza continua di pozzi e salti intervallati da meandri più o meno lunghi, quasi del tutto privi di fenomeni di concrezionamento, la Grotta di Serra del Gufo presenta un andamento assai vario, caratterizzato da pozzi, camini, ampie condotte, strettoie e grandi sale, generalmente adorne di spettacolari formazioni stalatto-stalagmitiche. Di notevole importanza, come abbiamo già sottolineato, è il sistema di cavità attraversate da acque sulfuree calde (30°C), organizzate intorno a quella più nota che funge da risorgente carsica, la Grotta dei Bagni o Antro delle Ninfe. Appartengono a tale sistema la già menzionata Voragine delle Balze di Cristo, la Grotta Scura e la Risorgente sul Torrente Caldanello, tutte percorse da rivoli di acque sulfuree. Chiudono questa breve rassegna altre due cavità: la Grotta di Damale e l'Antro degli Elfi. La prima permette di compiere una bella traversata sotterranea penetrando da un ingresso e uscendone da un altro; pozzi in frattura e diverse strettoie ne caratterizzano il percorso interno. La seconda, posta a 1125 metri di quota sotto la vetta del Sellaro, è una cavità di origine tettonica che discende fino a - 69 metri di profondità attraverso ambienti di pregevole aspetto estetico.

Archeologia delle grotte

La prima segnalazione dell'interesse archeologico delle grotte del Sellaro riguarda la Grotta dei Bagni dove, all'inizio del Novecento, furono recuperate 101 lucerne di età romana all'interno delle acque emergenti dalla cavità (GUZZO, 1982). Il numero elevato di tali manufatti (Fig. 3a-b), databili al I-II secolo d.C., suggerisce che essi siano stati abbandonati in acqua forse per scopi culturali, secondo rituali in larga parte ignoti ma attestati anche in altre cavità percorse da torrenti sotterranei. Purtroppo l'attuale sistemazione a fini turistici dell'area antistante la grotta, coperta da un lastricato continuo sviluppato attorno ad una grande piscina, impedisce indagini più approfondite nell'area. Presenza di ceramica frammentaria di età ellenistico-romana, tuttavia, è stata accertata un po' dovunque all'interno di altre cavità della zona, comprese quelle ubicate nella vicina

contrada Damale, dove diversi antri hanno restituito i resti di minuscoli vasi a vernice nera (Grande Caverna di Damale, Grotta di Damale, etc.). Tali evidenze devono essere ancora approfondite ma senz'altro rappresentano un indicatore della sacralità di alcuni contesti sotterranei, per motivi che allo stato attuale delle conoscenze sono del tutto ignoti.

Ad oggi la cavità del Sellaro più approfonditamente indagata dal punto di vista archeologico è la Grotta del Caprio, situata nel comune di Francavilla Marittima ad E di Timpone Oliviero (670 metri s.l.m.). Questa cavità, scoperta dal G.S. "Sparviere" nel 1990, è apparentemente priva di ingresso: vi si accede penetrando attraverso strette fratture tra macigni di crollo, che hanno stravolto l'originale aspetto della parte antistante il sistema sotterraneo. Lungo complessivamente circa 70 metri, esso si sviluppa in marcata discesa in ambienti generalmente piuttosto angusti e polverosi. Le ricerche condotte nel 2009, ad opera del C.R.S. "Enzo dei Medici" su autorizzazione della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Calabria, hanno permesso di appurare un lasso di frequentazione umana esteso, pur con alcuni iati, dall'età del Rame iniziale fino ad epoca post-medievale. La cavità ha restituito ceramica eneolitica e dell'età del Bronzo, insieme a vari e abbondanti elementi di industria su pietra levigata, in modo particolare macine e macinelli (Fig. 3c). La presenza di questi ultimi manufatti depone a favore di un uso degli ambienti ipogei, e più in particolare di quelli prossimi all'ingresso, a fini residenziali (probabilmente a guisa di accampamento stagionale). Inoltre il rinvenimento, in alcune zone della grotta, di materiale ceramico di età greca (alcuni *aryballoi*) correla la cavità col vicino sito all'aperto di Timpone Motta a Francavilla Marittima. Il momento conclusivo di uso della grotta da parte dell'uomo si colloca a cavallo tra l'età tardo-medievale e quella post-medievale, come indicano alcune monete rinvenute al suolo (Fig. 3d-e). Se è probabile una frequentazione medievale come romitorio (attestato anche dalla toponomastica locale e da tradizioni popolari tuttora vive), nelle più recenti fasi di frequentazione, dal XVII secolo in poi, è probabile che alcuni ambienti sotterranei venissero utilizzati come ricovero occasionale da parte di pastori (l'ambiente ipogeo principale ha restituito l'evidenza di un grosso focolare con diverse monete disperse in livelli cineritici oltre a pipe in ceramica).

Un'altra cavità di grande interesse archeologico è la *Grotta della Camastra*, così denominata perché al suo interno fu rinvenuta una "camastra", manufatto ligneo tipico della locale civiltà agro-pastorale (uno strumento regolabile utile a sospendere contenitori sul focolare, progenitore di quelli più moderni in metallo). La cavità è ubicata sui costoni rocciosi più occidentali che sovrastano la contrada Damale, ad un'altitudine di circa 515 metri s.l.m. Forte di uno sviluppo planimetrico di 136 metri, anche questa grotta è stata scoperta dal G.S. "Sparviere" (1996). Consta di un angusto cunicolo d'ingresso che immette in una saletta dove è possibile stazionare in piedi. Lungo il suo contorno alcune diramazioni comunicano nuovamente con l'esterno sebbene con passaggi non praticabili all'uomo. Una nicchia apparentemente cieca, ad un'estremità della sala, nasconde l'accesso ad una strettoia che permette di penetrare in una serie di ulteriori gallerie dove è molto ben visibile l'azione erosiva delle acque che l'hanno formata. Qui, alla sommità di un poderoso conoide fangoso, doveva esistere un tempo un altro ingresso – ora completamente ostruito – usato dall'uomo preistorico per penetrare all'interno della cavità: lungo tutta la china fangosa, infatti, sono stati rinvenuti grossi frammenti di pareti vascolari di ceramica d'impasto. Di fatto Grotta della Camastra appartiene ad un complesso più vasto di piccole cavità, situate a ridottissima distanza fra loro e note col toponimo locale, tuttora in uso presso le popolazioni del luogo, di *Grutt 'i Cint* (Grotte del recinto). Esse appaiono come modesti ambienti aperti sul lato di una preesistente ed unica condotta sotterranea, oggi completamente sventrata a seguito di erosione e aperta in superficie. Da queste cavità si origina, verso valle, una dispersione di abbondante materiale ceramico, pertinente ad età eneolitica ma anche protostorica e medievale (Fig. 3f). Si segnala, fra gli altri reperti rinvenuti in questo contesto, uno splendido pendaglio in osso, finemente lavorato e quasi certamente rappresentante una spada (Fig. 3g).

Che il Monte Sellaro rivestisse interesse dal punto di vista paleontologico si sapeva sin dalla metà del secolo scorso, allorché nella località Balze di Cristo fu ritrovato fortuitamente un ripostiglio di sei accette in bronzo attribuite all'età del Ferro (PROCOPIO, 1953). Il sito si colloca nell'ambito di una serie di stanziamenti umani adagiati in piccoli fazzoletti di terra sub-pianeggianti, sovrapposti l'uno all'altro, inquadrabili generalmente nella tarda età del Bronzo. Ma sono le grotte che possono fornire le maggiori informazioni riguardo alla presenza umana antica sul monte. Da questo punto di vista la strada risulta aperta: tocca ora a più approfondite investigazioni speleo-archeologiche aggiungere nuove conoscenze a quelle già in nostro possesso, brevemente accennate in queste pagine.



Figura 3. a-b: lucerne di età romana dalla Grotta dei Bagni (asse maggiore circa 10 cm); c: macina in arenaria in duplice norma dalla Grotta del Caprio (larghezza massima 24 cm); d-e: monete di età medievale e post-medievale dalla Grotta del Caprio (diametro medio circa 2,2 cm); f: tazza con ansa di età medievale dalla Grotta della Camastra (altezza circa 8 cm); g: pendaglio in osso con foro passante riprodotto una spada, dall'area antistante Grotta della Camastra, in triplice norma (altezza 5,3 cm) (foto F. LARROCCA).

Figure 3. a-b: Roman age lamps from Grotta dei Bagni (major axis about 10 cm); c: sandstone grindstone from Grotta del Caprio, showed from two sights (maximum width 24 cm); d-e: Medieval and post-Medieval coins from Grotta del Caprio (average diameter 2,2 cm); f: medieval one-handed bowl from Grotta della Camastra (about 8 cm in height); g: perforated bone pendant reproducing a sword, from the area in front of Grotta della Camastra, three sights (height 5,3 cm) (photo F. LARROCCA).

Bibliografia essenziale

- LA ROCCA A., 2006. *Nella fossa del lupo*. Speleologia, anno XXVII, dicembre 2006, **55**, 36-42.
- DEI MEDICI E., 2003. *Le grotte della provincia di Cosenza. Tipi di cavità e zone speleologiche. Genesi e descrizione del fenomeno*. Centro Regionale di Speleologia "Enzo dei Medici", Bari.
- GAMBARROTA L., 2003. *Storia della speleologia in Calabria. Quasi un secolo di ricerche sotterranee*. In: F. LARROCCA (a cura di), *Calabria Profonda. Guida alla conoscenza del patrimonio sotterraneo regionale*. Centro Regionale di Speleologia "Enzo dei Medici", Bari, 7-27.
- GUZZO P.G., 1982. *Materiali per un catalogo del Museo Civico di Cosenza*. Archivio Storico per la Calabria e la Lucania, anno XLIX, Roma, 97-116.
- LARROCCA F., 1989. *La Grotta di Serra del Gufo nel Comune di Cerchiara di Calabria (Cosenza)*. Atti XV Congresso Nazionale di Speleologia (Castellana Grotte, 10-13 settembre 1987), *Le Grotte d'Italia*, s. 4^a, **XV**, 447-459.
- LARROCCA F., 1991. *Le Grotte della Calabria. Guida alle maggiori cavità carsiche della regione*. Nuova Ed. Apulia, Martina Franca.
- PROCOPIO G., 1953. *Cerchiara di Calabria (Cosenza). Ripostiglio di accette bronzee dell'età del Ferro*. *Bullettino di Paleontologia Italiana*, n.s., anno VIII, parte V, Roma, 153-154.
- ROSSI OSMIDA G., 1970. *La voragine San Marco nella zona di Cerchiara*. In: *Quaderno n. 1 dell'Associazione Ritorno a Sibari. Ricerche speleologiche effettuate sul massiccio del Pollino*.
- SELLERI G., MARTIMUCCI V., 2013. *Bifurto, oltre il fondo dell'abisso*, Speleologia, anno XXXIV, **69**, 60-61.

LA GROTTA DI PERTOSA (SALERNO) E IL SUO GIACIMENTO ARCHEOLOGICO

FELICE LAROCCA ¹

¹ *Centro Regionale di Speleologia "Enzo dei Medici", Commissione di Ricerca per l'Archeologia delle Grotte, Via Lucania n. 3, 87070 Roseto Capo Spulico (CS); specus@tin.it*

Riassunto

La Grotta di Pertosa rappresenta, con una lunghezza pari a circa 3 chilometri, una delle risorgenti carsiche più estese della Campania. Attraversata da un torrente sotterraneo con portata idrica variabile tra 350 e 600 l/sec, essa si sviluppa attraverso condotte vaste e perlopiù abbondantemente concrezionate. L'ampiezza dell'ambiente iniziale della grotta, rischiarato diffusamente dalla luce naturale che penetra dall'enorme ingresso, ha favorito sin dalla preistoria un'intensa frequentazione umana del sito. Una frequentazione, tuttavia, che – per quanto ne sappiamo oggi – non si è mai spinta oltre i primi 100 metri di distanza dall'accesso, ostacolata in ciò da acque profonde e da depositi fangosi cedevoli simili a vere e proprie sabbie mobili. Testimonianze sporadiche di presenza umana in età paleolitica e neolitica preludono ad un insediamento completamente stabile durante l'età protostorica, allorché quasi tutto lo spazio disponibile dell'antegrotta viene occupato da un complesso impianto palafitticolo. La dimensione abitativa dell'antro iniziale si arricchisce ben presto di implicazioni cultuali, sottolineate da tutta una serie di evidenze archeologiche. Le valenze cultuali, del resto, sembrano conservarsi ancora in età ellenistico-romana e infine medievale, allorché sempre nell'antegrotta si radica un culto micaelico.

Il presente contributo offre una panoramica generale delle conoscenze acquisite con le più recenti indagini archeologiche nel sito (anni 2004-2013), dopo un blocco delle ricerche durato oltre 100 anni a causa della totale sommersione del giacimento per la costruzione, all'ingresso della cavità, di una diga per lo sfruttamento idroelettrico delle acque sotterranee. Le nuove indagini, sostenute dalla Fondazione MIIdA e autorizzate dalla Soprintendenza per i Beni Archeologici di Salerno Avellino Benevento Caserta, hanno permesso una precisa definizione della cronologia e dei caratteri della presenza umana nella grotta, resi possibili anche grazie a datazioni al radiocarbonio e altre indagini specialistiche.

Parole chiave: Grotta di Pertosa, archeologia, preistoria, protostoria, palafitte.

Abstract

THE PERTOSA CAVE (SALERNO, CAMPANIA) AND ITS ARCHAEOLOGICAL DEPOSIT - *Grotta di Pertosa with its length of 3 kilometres is one of the widest karst resurgence of Campania region. A large underground stream flows within it with flow rate variable in the range 350 - 600 l/sec. The cavity develops through vast passages mostly rich with concretions. The width of the first cave chamber, diffusely illuminated by daylight coming through the massive entrance, has favoured a strong human presence since Prehistory. However, the human use of the cave – as far as currently known – has never gone farther than the first 100 metres from the access, being obstructed by deep water and weak muddy deposits similar to proper quicksand. Sporadic human traces for the Paleolithic and Neolithic age prelude an actual stable settlement during the Protohistoric Age, when the antechamber was almost wholly occupied by a complex pile dwelling. The residential use of the antechamber was soon enriched by cultic implications highlighted by the archaeological record. Besides, cultic features appear to endure up until Hellenistic, Roman and at last Middle Age when the cult of St. Michael also settled in the antechamber. This paper offers a general overview of the knowledge gained during the most recent archaeological investigations at the site (from 2004 to 2013), after a gap in the researches lasted over 100 years due to the complete submersion of the deposit with the construction of a dam at the cave entrance for the hydroelectric exploitation of underground waters. Current surveys, backed up by the Fondazione MIIdA and the Soprintendenza per i Beni Archeologici di Salerno Avellino Benevento Caserta, allowed a punctual chronological definition of the human presence in the cave and its features, also thank to radiocarbon dating and other specialised investigations.*

Key words: Grotta di Pertosa, archaeology, Prehistory, Protohistory, pile dwellings.

Premessa

Non vi è cavità sotterranea, in Italia meridionale, che rappresenti meglio della Grotta di Pertosa l'archetipo per eccellenza della "grotta archeologica". Dacché vi furono svolte le prime ricerche e scavi, alla fine dell'Ottocento, questo sito ha costituito un riferimento costante e imprescindibile negli studi di paleontologia italiana nonostante, per varie vicende, successive e ulteriori indagini venissero di fatto precluse per la totale sommersione del giacimento archeologico a seguito della costruzione, all'ingresso della cavità, di una diga per lo sfruttamento idroelettrico delle acque sotterranee. Tale diga, portando ad un drastico innalzamento del livello idrico, ha di fatto impedito ogni nuova ricerca archeologica nella grotta (Fig. 1). Solo nel 2004, e poi ancora negli anni successivi (2009 e 2013), gli studiosi sono potuti ritornare ad indagare il contesto archeologico, scoprendolo molto più esteso di quanto si credesse e, soprattutto, per nessun motivo esaurito dagli scavi ottocenteschi.



Figura 1. Duplice veduta dell'ingresso della Grotta di Pertosa e del suo torrente sotterraneo: a sinistra col bacino idrico artificiale al suo massimo livello trattenuto dalla diga; a destra con la diga aperta e le acque che scorrono in modo naturale (foto F. LAROCCA).

Figure 1. Double view of the entrance of Grotta di Pertosa and its underground stream: on the left the cave with the artificial water basin at his highest level held by the dam; on the right with the open dam and water naturally streaming (photo F. LAROCCA).

La cavità carsica: caratteri generali

La Grotta di Pertosa restituisce a giorno le acque di un copioso torrente sotterraneo, derivanti in parte da una perdita del fiume Tanagro, e in parte dai soprastanti monti Alburni, situati immediatamente a Sud-Ovest della cavità. Si tratta di un sistema costituito fondamentalmente da tre ampie condotte orizzontali e sub-parallele, soltanto una delle quali – la più meridionale – è percorsa dal corso d'acqua ipogeo (il cosiddetto *Ramo della sorgente*, con portata idrica variabile da 350 a 600 l/sec). Le restanti due condotte mostrano caratteri assai dissimili tra loro: quella centrale si presenta fangosa, ricca di crolli e quasi del tutto priva di fenomeni di concrezionamento (*Ramo speleologico*); quella settentrionale, al contrario, si mostra così sovraccarica di fenomeni stalatto-stalagmitici, di colate calcitiche e vasche colme di limpida acqua di stillicidio da aver suggerito, sin dagli anni Trenta del secolo scorso, la realizzazione di un sentiero aperto al pubblico, tuttora attivo e percorso annualmente da migliaia di visitatori (*Ramo turistico*).

La cavità, forte di uno sviluppo planimetrico di 2958 metri, si arresta in corrispondenza della cosiddetta “Frana terminale”, a + 45 metri rispetto alla quota dell’ingresso, dove un poderoso conoide di detriti preclude ogni possibilità di prosecuzione. Attualmente il sistema sotterraneo è dotato di un duplice ingresso: oltre a quello principale, naturale e di vaste proporzioni, ne esiste infatti anche uno secondario, aperto artificialmente per permettere ai turisti in visita alla grotta di disporre di una seconda uscita (Tab. 1).

Sigla catastale	CP 1
Denominazione principale	Grotte di Pertosa (o Grotta di Pertosa)
Altre denominazioni	Grotte dell’Angelo, Grotte di Pertosa-Auletta
Comune	Pertosa
Provincia	Salerno
Località	Grotta di Pertosa - Contrada il Muraglione
Cartografia I.G.M.I	Serie 25 Foglio 488 Sezione IV “Polla” (Firenze, ed. 1995)
Coordinate geografiche degli ingressi	1° ingresso (naturale): longitudine 15°27’20”50 latitudine 40°32’15” 2° ingresso (artificiale): longitudine 15°27’23” latitudine 40°32’16”
Quote degli ingressi	1° ingresso (naturale): 263 metri s.l.m. 2° ingresso (artificiale): 268 metri s.l.m.
Sviluppo spaziale	3015 metri
Sviluppo planimetrico	2958,50 metri
Dislivello tra i due ingressi	5 metri
Dislivello massimo	+ 45 metri
Temperature medie interne	acqua 12,2°C (11.04.2001), aria 13,9°C (20.04.2001)
Terreno geologico	calcari mesozoici
Topografia	a cura di F. Larocca (Centro Regionale di Speleologia “Enzo dei Medici”)
Data topografia	febbraio-giugno 2001

Tabella 1. Carta d’identità della Grotta di Pertosa (da LARocca 2010).

Table 1. Grotta di Pertosa’s Identity card (after LARocca 2010).

Il giacimento archeologico: storia delle esplorazioni

Le prime indagini archeologiche nella Grotta di Pertosa furono condotte nel 1898 ad opera di due studiosi, GIOVANNI PATRONI e PAOLO CARUCCI, che effettuarono scavi in modo indipendente e a distanza di pochi giorni l’uno dall’altro. A quel tempo l’ampio atrio d’accesso al sistema sotterraneo era molto diverso da come si presenta oggi: sebbene sempre ben illuminato dalla luce proveniente dal maestoso imbocco, la condotta iniziale – la cosiddetta *antegrotta* – si mostrava occupata per metà dal corso del torrente riemergente in superficie e, per l’altra metà, da un accumulo sedimentario piuttosto scosceso affiorante dalle acque, sormontato da un’edicola consacrata a San Michele Arcangelo, tuttora esistente. Gli scavi si concentrarono su questo lembo di terra e si approfondirono fino a circa 3 metri, per interrompersi subito dopo a causa dell’allagamento delle trincee vista la vicinanza del torrente ipogeo. Sia PATRONI che CARUCCI recuperarono una grande quantità di reperti, riferibili ad un lungo lasso di tempo esteso dalla preistoria fino all’età ellenistico-romana. Le loro esplorazioni del giacimento, inoltre, permisero di individuare in modo del tutto inaspettato un duplice livello di palafitte interne alla grotta (Fig. 2). Purtroppo un’aspra polemica tra i due studiosi, valutabile esclusivamente dagli scritti di CARUCCI, contribuì ad affossare le ricerche, che si interruppero nello stesso 1898. Da allora, sebbene altri rinvenimenti di materiali archeologici siano avvenuti occasionalmente (come nel caso della cosiddetta “stipe esterna”, scoperta nel 1907), le indagini sono rimaste ferme per 106 anni fino al 2004. In quest’anno uno svuotamento fortuito del bacino idrico artificiale (per opere di manutenzione della diga) ha permesso di tornare ad esplorare la superficie del deposito archeologico. Gli studiosi si sono subito resi conto di quanto maggiore fosse l’estensione dell’area archeologica rispetto a quella messa in evidenza dalle indagini ottocentesche; in secondo luogo hanno appurato un generale, ottimo stato di conservazione del livello palafitticolo più profondo (la cosiddetta “palafitta inferiore”, come fu indicata da CARUCCI). Ciò ha dato avvio ad un puntuale programma di documentazione spaziale del fondale torrentizio situato alla base della piattaforma d’imbarco turistica. Nel 2009, in particolare, su autorizzazione della

locale Soprintendenza per i Beni Archeologici, si è proceduto a posizionare su una planimetria di dettaglio tutte le evidenze palafitticole ancora esistenti nell'alveo: in alcuni casi sono state effettuate campionature per successive analisi di laboratorio (radiocarboniche ed archeobotaniche); al contempo è stata effettuata una documentazione fotografica delle condizioni della superficie del giacimento. Nel 2013, invece, esplorazioni condotte oltre quello che si riteneva il limite estremo delle antiche frequentazioni antropiche (vale a dire l'area di passaggio tra la penombra dell'antegrotta e l'assoluta oscurità della grotta), hanno evidenziato come in effetti lo stanziamento ipogeo protostorico interessasse zone anche completamente buie, praticabili solo utilizzando sistemi artificiali di illuminazione. Una raccolta di reperti giacenti alla superficie del deposito, inoltre, ha perfezionato la comprensione del quadro crono-culturale relativo alle varie fasi di presenza umana nella cavità.

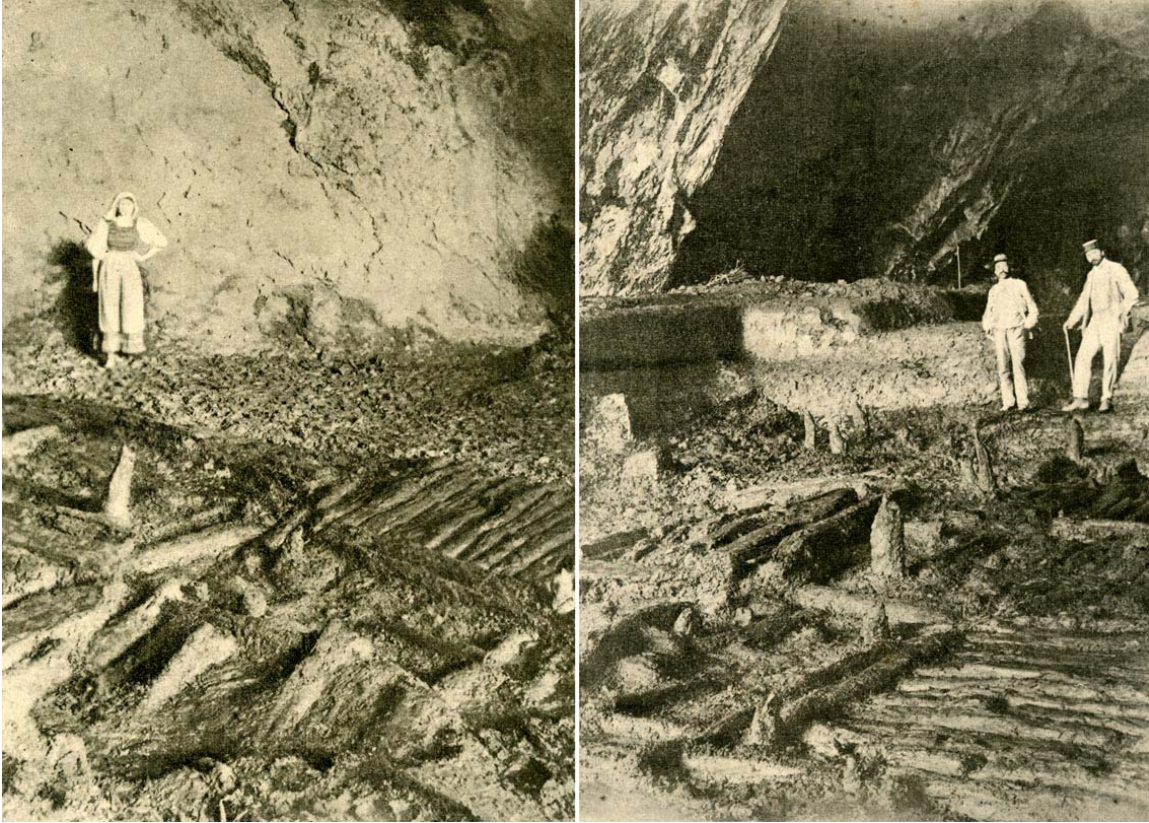


Figura 2. Due immagini d'epoca della cosiddetta "palafitta superiore", individuata a seguito degli scavi effettuati da G. PATRONI nell'antegrotta (da PATRONI, 1899).

Figure 2. Two pictures of the so-called "higher pile dwellings", identified after G. PATRONI's excavations in the entrance chamber (after PATRONI, 1899).

Le frequentazioni umane preistoriche

I più antichi resti attestanti la presenza umana nella grotta sono rappresentati da due rudimentali strumenti in pietra, la cui tipologia richiama un orizzonte paleolitico piuttosto antico (oltre 40000 anni fa) e indica al contempo la frequentazione dell'imbocco della cavità da parte di gruppi di cacciatori-raccoglitori neandertaliani (Fig. 3a-b). Tali strumenti derivano dagli scavi di CARUCCI, che sondò il deposito fino a 3 m di profondità e intaccò probabilmente livelli cosiddetti "musteriani". Purtroppo null'altro è possibile dire sulla presenza umana di età paleolitica, vista l'oggettiva difficoltà di indagare la parte basale del giacimento a causa delle continue infiltrazioni d'acqua. Una situazione, quest'ultima, da cui certo deriva anche la nostra lacunosa conoscenza delle fasi immediatamente successive al Paleolitico. È sicuro, tuttavia, che anche in età neolitica l'ambiente iniziale della grotta fu sede di uno stanziamento umano. I pochi reperti che ci indicano tale frequentazione rimandano a due distinti orizzonti neolitici: uno più antico e un altro più tardo, quest'ultimo alle soglie della prima età dei Metalli. Le testimonianze del Neolitico antico sono emerse a seguito delle ricerche archeologiche dell'anno 2013: esse sono rappresentate da frammenti di contenitori fittili decorati sulle superfici esterne da motivi impressi variamente disposti (cosiddetta "ceramica impressa"). Belle accette in pietra levigata (Fig. 3c), anche miniaturistiche, rimandano invece ad un orizzonte neolitico più avanzato, la cui presenza è incontrovertibilmente attestata da una ciotola ceramica di facies Diana (Fig. 3d), riferibile ad oltre 6000 anni da oggi. Alcuni frammenti di ossidiana – un vetro vulcanico largamente impiegato per realizzare utensili a margini taglienti – rimandano ugualmente ad età neolitica.

L'uso della cavità in età protostorica

È nel corso della Protostoria, e in particolar modo durante la media età del Bronzo, che la grotta conosce il suo momento di maggior frequentazione antropica, con un insediamento stabile e durevole nel tempo. Alla metà del II millennio a.C. le condizioni “difficili” dell’antegrotta (sedimenti fangosi, corso del torrente esteso sulla maggior parte dello spazio disponibile) vengono contrastate con la realizzazione di un impianto palafitticolo che crea un piano transitabile artificiale lungo circa 100 metri e largo mediamente 15. Gli scavi ottocenteschi ci informano dell’esistenza di due distinti livelli di tale palafitta: uno più superficiale (e dunque più recente), uno più profondo (e pertanto più antico). Oggi non è possibile dire nulla sulla cosiddetta “palafitta superiore” in quanto essa è andata distrutta a seguito dei lavori di costruzione della piattaforma d’imbarco turistica (ne sopravvivono lembi solo sotto l’edicola di San Michele Arcangelo). Le ricerche moderne, invece, hanno individuato settori di “palafitta inferiore”, ancora ben conservata, nell’alveo del torrente sotterraneo. Essa è stata datata col radiocarbonio mediante il prelievo di campioni legnosi dai pali che costituivano la struttura verticale d’appoggio, profondamente infissa nei sedimenti fangosi del fondale. Tali datazioni la collocano cronologicamente attorno a 3500 anni fa (LAROCCA, in stampa.).

La prima occupazione dell’antegrotta nel corso dell’età del Bronzo sembra dovuta a motivi pratici, senz’altro connessi alla relazione esistente tra l’abbondante presenza di acqua nel sito e lo svolgimento di particolari attività economiche. Tra queste ultime quella che più di ogni altra è facilmente riconoscibile richiama in causa il mondo pastorale con tutta una serie di correlati manufatti e pratiche. Singolari vassoi forati e muniti di ansa al loro interno (i cosiddetti “coperchi di bollitoio”, Fig. 3e), recipienti provvisti di setto mediano interno (per tenere presumibilmente separati differenti contenuti), mestoli, colini, etc., sono senza dubbio connessi alla lavorazione dei prodotti caseari. D’altro canto alcuni “pettini” in osso rimandano alla cardatura della lana e, ancora una volta, indicano che è nell’allevamento del bestiame (soprattutto pecore e capre) che bisogna cercare la principale attività economica – anche se non l’unica – svolta sulle palafitte.

Tuttavia in un momento avanzato dell’età del Bronzo, e poi nella successiva età del Ferro, all’uso pratico dell’antro se ne affianca un altro, in cui la sfera culturale è chiaramente implicata. Ciò si evince dalla tipologia di particolari manufatti, dal loro ottimo stato di conservazione, dalle condizioni di giacitura nel deposito archeologico e – di fondamentale importanza – dalle loro concentrazioni in particolari settori dell’antegrotta. Tra la fine dell’Ottocento e gli inizi del Novecento nella cavità vennero individuate due aree con forte concentrazione di oggetti tipologicamente affini. Queste aree, cui venne conferito il nome di “stipi” (cioè luoghi con presenza di oggetti accatastati a guisa di deposito), restituirono la prima oltre 400 vasi miniaturistici (Fig. 3f-i), la seconda numerosi oggetti metallici, tra cui rasoi, pugnali, fibule (Fig. 3j-l), etc. Anche le ricerche moderne hanno appurato la presenza diffusa di oggetti di pregio nell’alveo del torrente: ciò fa ritenere che in età protostorica l’antegrotta sia stata la sede di rituali che prevedevano la deposizione o l’abbandono, e in alcuni casi forse addirittura il lancio, di manufatti all’interno delle acque correnti. Rituali connessi in qualche modo alla sfera del culto e collegati indubbiamente alla presenza dell’elemento acqua.

La grotta in epoca ellenistico-romana

Dopo l’età protostorica la cavità conosce un nuovo momento di frequentazione umana in epoca ellenistico-romana. Ancora una volta è l’aspetto culturale che sembra essere all’origine di tale presenza. Non si perde, ad esempio, la consuetudine di abbandonare (o lanciare) oggetti all’interno delle acque del torrente: nell’alveo sono state rinvenute centinaia di monete di età greco-romana (Fig. 3m), secondo un uso che, com’è noto, si è conservato in vari luoghi fino ai nostri giorni. Oltre alle monete non difetta la presenza di diversi altri oggetti in metallo (quali elmi, punte di lancia, figure di animali) e manufatti in ceramica (lucerne, protomi zoomorfe, unguentari, gutti, patere, *skyphoi*, brocche e coppe) (Fig. 3n-o). Di particolare interesse risulta essere, al riguardo, una tradizione raccolta da CARUCCI in occasione delle sue ricerche nella cavità: egli tramanda la notizia di “*un busto di Apollo rimasto, fino al XVII secolo, nascosto fra i macigni di una delle anfrattuosità della Grotta*” (CARUCCI, 1907). Una tradizione, del resto, già nota alla metà dell’Ottocento e riportata da altri Autori. È possibile dunque che la sacralità dell’antro, attestata sullo scorcio della Protostoria, si sia conservata anche in età ellenistico-romana e abbia avuto il suo apogeo in età cristiana, quando nella grotta si insedia definitivamente il culto dedicato all’Arcangelo Michele, ancora oggi attivo. Ovviamente gli aspetti culturali sono molto difficili da decodificare, tanto più per epoche così lontane dal presente. Non conosciamo precisamente l’ideologia sottesa alla deposizione o all’abbandono di oggetti nelle acque e sulle sponde del torrente ma appare verosimile credere che, in un’ottica diacronica, essa possa rimandare, spesso con complessi intrecci di contenuti simbolici, alla sfera della fertilità e della fecondità. Non è escluso peraltro, che alle stesse acque venissero attribuiti poteri salutari e terapeutici (RELLINI, 1916). Così come non possiamo ricacciare l’ipotesi di credenze che riconoscevano nelle oscure profondità della grotta la sede di entità sovranaturali. Ma su tali aspetti potranno

fornire maggiori conferme le future ricerche nel sito che, quasi certamente, ha svelato solo in piccola parte i molti segreti del suo millenario rapporto con l'uomo.



Figura 3. a-b: punte musteriane in pietra (altezza circa 7 cm); c: accetta in pietra levigata di età neolitica, in duplice norma (altezza circa 10 cm); d: ciotola neolitica in ceramica di facies Diana (larghezza 18,5 cm); e: coperchio di bollitoio dell'età del Bronzo (larghezza 17,3 cm); f-i: vasetti miniaturistici di età protostorica (altezza media 4 cm); j: rasoio lunato in bronzo dell'età del Ferro (lunghezza 11 cm); k: pugnale metallico con manico in osso dell'età del Bronzo (lunghezza 21,7 cm); l: fibula ad arco ribassato dell'età del Ferro (lunghezza 6,3 cm); m: moneta bronzea di età imperiale romana (diametro 2,2 cm); n: testa di cavallo in ceramica di età ellenistica (lunghezza 9 cm); o: unguentario fusiforme di età ellenistica (altezza 15 cm) (foto F. LARROCCA).

Figure 3. a-b: stone Mousterian points (about 7 cm in height); c: Neolithic polished stone axe, in double sight (about 10 cm in height); d: Neolithic ware bowl of "faces Diana" (width 18,5 cm); e: Bronze Age kettle lid (width 17,3 cm); f-i: Protohistoric miniature vessels (average height 4 cm); j: bronze semi-lunate razor dated to the Iron Age (length 11 cm); k: Bronze Age metallic dagger with bone handle (length 21,7 cm); l: Iron age low arch fibula (length 6,3 cm); m: bronze coin of Imperial Roman Age (diameter 2,2 cm); n: Hellenistic Age pottery horse head (length 9 cm); o: Hellenistic spindle-shape unguentarium (height 15 cm) (photo F. LARROCCA).

Bibliografia essenziale

- CARUCCI P., 1907. *La grotta preistorica di Pertosa (Salerno). Contribuzione alla Paletnologia, Speleologia ed Idrografia*, Stabilimento Tipo-Stereotipo F. Di Gennaro & A. Morano, Napoli (ristampa anastatica, Litografia Dottrinari, Fratte, 1985).
- LARROCCA F., 2010. *Le Grotte dell'Angelo a Pertosa. Il sistema sotterraneo e il giacimento archeologico*. Ed. Fondazione MIIdA.
- LARROCCA F., in stampa. *Le palafitte delle Grotte dell'Angelo a Pertosa (Salerno)*. Convegno "Le Palafitte: ricerca, conservazione, valorizzazione dei siti palafitticoli" (Desenzano del Garda, 6-8 ottobre 2011).
- PATRONI G., 1899. *Caverna naturale con avanzi preistorici in provincia di Salerno*. Monumenti Antichi della Reale Accademia dei Lincei, **IX**, 545-616.
- RELLINI U., 1916. *La caverna di Latronico e il culto delle acque salutari nell'Età del Bronzo*. Monumenti Antichi della Reale Accademia dei Lincei, **XXIV**, 461-630.

LE GROTTA DELL'ALTA VALLE DELL'ESARO (CALABRIA) DALLA PREISTORIA AL MEDIOEVO

FRANCESCO BREGLIA^{1,3}, FABIOLA ARENA^{2,3}

¹ Scuola di Specializzazione in Beni Archeologici dell'Università degli Studi di Bari, piazza Umberto n. 1 (Palazzo Ateneo), Bari; francescobreglia@email.it

² Laboratorio di Arceo-Antropologia e Antropologia Forense dell'Università degli Studi di Ferrara, via Ercole I d'Este n. 32, Ferrara; fabiola.arena@unife.it

³ Centro Regionale di Speleologia "Enzo dei Medici", via Lucania n. 3, Roseto Capo Spulico (CS)

Riassunto

L'alta valle del fiume Esaro è situata nella Calabria settentrionale a circa 10 km dal mar Tirreno, nei pressi del centro abitato di Sant'Agata di Esaro. Il territorio è compreso tra la Catena Costiera a Sud e il massiccio dei Monti dell'Orsomarso a Nord, le cui vette maggiori si elevano oltre i 1000 m s.l.m. Su due opposti bastioni rocciosi che dominano la valle, rispettivamente in sinistra e in destra idrografica del fiume, sono ubicate due importanti cavità naturali, caratterizzate da un'intensa frequentazione umana in epoca antica: Grotta della Monaca e Grotta del Tesauo. Le testimonianze della presenza antropica in tali siti ipogei, seppur discontinue, indicano un'attività da parte dell'uomo che copre gli ultimi 20000 anni, dalla preistoria ad oggi. In questo lavoro si è scelto di presentare le più aggiornate ricerche sulle evidenze archeologiche connesse alle suddette cavità. Entrambi i siti presentano, al loro interno, abbondanti mineralizzazioni di ferro e di rame che, costituendo un'importante risorsa naturale, sono state intensamente coltivate sin da epoche molto antiche: Grotta della Monaca, in particolare, ha restituito le testimonianze di attività estrattive risalenti a circa 6000 anni da oggi. La straordinaria rilevanza archeologica di tale sito è ulteriormente arricchita dalla presenza al suo interno di un esteso sepolcreto ipogeo datato alla media età del Bronzo, circa 3500 anni fa. La deposizione di decine di scheletri, soprattutto bambini, associati a vari elementi di corredo funerario, si imposta negli stessi ambienti che, diversi millenni prima, erano stati oggetto di estrazione mineraria, dando luogo ad una sovrapposizione archeologica di notevole interesse. Le condizioni di sconvolgimento in cui ci è pervenuto il sepolcreto sono ascrivibili al passaggio dell'uomo in epoche più recenti: dal Medioevo fino all'età moderna (XVII e XVIII sec.), quando la cavità è interessata da una nuova e conclusiva fase estrattiva.

Parole chiave: Calabria; alta valle dell'Esaro; Grotta della Monaca; Grotta del Tesauo; archeologia.

Abstract

CAVES IN THE UPPER ESARO VALLEY (CALABRIA, S ITALY): FROM PREHISTORY TO MIDDLE AGE - The upper Esaro River Valley is located in northern Calabria, 10 km from Tyrrhenian sea, near the town of Sant'Agata di Esaro. The valley is surrounded by the Coastal Chain mountains to the south and by the Orsomarso massif to the north (whose highest peaks reach 1000 meters above sea level). On two opposed cliffs overlooking the valley, respectively on the left and on the right bank of the river, there are two important natural caves used by men since ancient times: Grotta della Monaca and Grotta del Tesauo. The archaeological evidence indicates an although discontinuous human presence in these caves, during the last 20000 years, from Prehistory up to the present day. In this paper we present the latest research about the archaeological evidence related to these cavities. Both sites present plentiful mineralizations of iron oxides and copper carbonates which have been intensively extracted since very ancient. Clear traces of mining activity dating back to about 6000 years have been found in Grotta della Monaca. The extraordinary archaeological importance of this site is also confirmed by the presence of an extended underground graveyard dated to the Middle Bronze Age (3500 BP). The deposition of dozens of skeletons and their grave goods took place in the same areas used for mining activities several millennia before. The actual perturbed state of the burial ground is probably due to later human use of the cave: from Middle Age up to Modern Age (XVII e XVIII sec.), when a new and final extractive phase took place.

Key words: Calabria; upper Esaro River Valley (Calabria); Grotta della Monaca; Grotta del Tesauo; Archaeology.

Introduzione

Il Centro Regionale di Speleologia “Enzo dei Medici” da circa venti anni conduce attività di ricerca speleo-archeologica nel comprensorio territoriale dell’alta valle del fiume Esaro, in collaborazione con l’Università degli Studi di Bari Aldo Moro e su concessione del Ministero per i Beni e le Attività Culturali. Le indagini hanno messo in evidenza una frequentazione umana che abbraccia, seppur con alcuni iati, gli ultimi 20000 anni; altresì hanno sottolineato l’eccezionalità dei contesti studiati che si configurano come alcuni tra i più antichi e peculiari siti minerari d’Europa. Nel presente lavoro si tratterà una sintesi delle conoscenze emerse con le più recenti ricerche specialistiche.

L’alta valle del fiume Esaro

Le sorgenti del fiume Esaro si originano nella Calabria settentrionale, nei pressi del comune di Sant’Agata di Esaro, dove il massiccio calcareo dei Monti di Orsomarso cede il passo ai rilievi della Catena Costiera. Circondata da vette che superano i mille metri di altezza, questa valle si presenta come una profonda incisione, a tratti inforata, caratterizzata da dirupi e da una rigogliosa vegetazione.

Il territorio si colloca tra il mar Tirreno (ad ovest) ed un’estesa piana alluvionale che si disloca ad est, generata dagli straripamenti di vari corsi d’acqua, che da qui si diramano verso il mar Ionio. L’alta valle dell’Esaro costituisce, pertanto, un’area di raccordo tra i due mari, configurandosi già dall’antichità come zona di scambio commerciale e di acquisizione di nuove risorse. La ricchezza del luogo è altresì confermata dalla sua particolare geologia: collocato sulla faglia di Sanginetto – caratterizzata dalla presenza di rocce sedimentarie, magmatiche intrusive e una grande varietà di rocce metamorfiche – diventa area di approvvigionamento di materiali litici durante la preistoria. Eventi tettonici e fenomeni carsici hanno variamente modellato entrambi i versanti della valle, sicché sono riconoscibili numerosi vuoti ipogei sia verticali che orizzontali. Le cavità con maggiore sviluppo spaziale sono quelle ad andamento orizzontale, due delle quali si aprono a poca distanza dal centro abitato di Sant’Agata di Esaro: Grotta della Monaca e Grotta del Tesoro, ubicate esattamente l’una di fronte all’altra sui fianchi di due opposti rilievi.

Le miniere preistoriche

Le due grotte sopraccitate risultano segnalate già nella seconda metà del XIX secolo, allorché ENRICO GIOVANNI PIRONGELLI, dopo averle esplorate entrambe, ne riportò la notizia sul giornale di Castrovillari “Il Calabrese”. Durante tutto il secolo scorso si sono succedute diverse campagne esplorative che hanno evidenziato l’importanza archeologica di tali contesti: prima Enzo dei Medici e, successivamente, gli speleologi svizzeri del “Club Spéléologues du Triangle Rouge” segnarono la presenza di resti ossei e di manufatti antichi. In seguito il CRS “Enzo dei Medici” ha avviato attività di studio e ricerca volte ad indagare le due cavità seguendo un approccio multidisciplinare che ha permesso di evidenziare l’eccezionale importanza scientifica di tali contesti. La presenza di risorse minerarie è il principale motivo cui imputare la frequentazione antropica dei due siti sin dalle epoche più remote della preistoria. Spiccano tra queste, per abbondanza e ubiquità, i depositi di idrossidi ferrosi (soprattutto goethite e lepidocrocite), ai quali si associano, nei recessi più reconditi di Grotta della Monaca, affioramenti di minerali cupriferi (carbonati, malachite e azzurrite), che risultano molto più rari a Grotta del Tesoro.

L’interesse dell’uomo nei confronti di tali risorse minerarie durante il Paleolitico è suggerito dal rinvenimento di strumenti in selce e in osso nei filoni di goethite più prossimi all’ingresso di Grotta della Monaca, presumibilmente legati all’acquisizione di ocre circa 20000 anni fa. Tuttavia soltanto a partire dagli ultimi secoli del V millennio a.C. (a cavallo tra la fine del Neolitico e l’inizio dell’età del Rame), l’attività mineraria risulta ben riconoscibile nel record archeologico: gli ambienti più remoti della cavità, spesso angusti e difficilmente accessibili, ne hanno riconsegnato le testimonianze, in molti casi perfettamente conservate. Le stesse hanno permesso di ipotizzare che in questo arco di tempo (durato poco più di 500 anni) l’attività estrattiva fosse rivolta sia alla goethite che ai minerali cupriferi (Figura 1). La coltivazione della goethite ha lasciato eccezionali testimonianze nella cosiddetta “Buca delle impronte”, una stretta condotta scavata al di sotto della “Sala dei Pipistrelli” seguendo un ricco filone. Centinaia di impronte di scavo si sono conservate grazie alla plasticità del minerale idratato, consentendo l’identificazione dello strumentario (LAROCCA, LEVATO, 2013). Questo risulta composto da picconi in palco di cervo, palette realizzate con scapole ed altri attrezzi in osso, corno o legno. La creazione di un vuoto artificiale ha reso necessario l’utilizzo di soluzioni atte a contrastare il cedimento della volta: a tal fine è da ricondurre la presenza di un pilastro di goethite risparmiato dalle operazioni di approvvigionamento e tuttora visibile. Minuti punteruoli in osso a punta e a sezione circolare sono stati impiegati, invece, per l’estrazione della malachite, utilizzando una tecnica specifica detta “scalfittura”. Questo

minerale, veicolato dalle acque di percolazione, affiora sulla volta e sulle pareti sotto forma di spalmature verdi, sulle quali sono ben evidenti le graffiature lasciate dagli utensili. Chiudono il quadro i mazzuoli in pietra: tali manufatti, dotati di una scanalatura mediana atta ad alloggiarci un manico in legno, si diversificano per forma, dimensione e litotipo, sulla base delle proprietà tecnologiche dei materiali lapidei, selezionati appositamente per ottenere prestazioni sempre più performanti. Anche la varietà morfologica ha un significato funzionale: sono presenti sia piccoli martelli – presumibilmente usati in connessione ai punteruoli in osso – che strumenti da scasso particolarmente pesanti (grosse mazze, picconi e asce-martello). Questi, assieme ad altre evidenze quali concrezioni fratturate ed accumuli artificiali di materiale litico, sono associati ad una terza tecnica estrattiva: lo sbancamento (LAROCCA, 2010). In diversi settori, per via dello stillicidio, i filoni di goethite – nonché sedimenti inglobanti clasti ricchi di malachite – sono stati ricoperti da piani calcitici concrezionati che i minatori hanno letteralmente distrutto utilizzando i pesanti strumenti in roccia metamorfica. Strumenti in pietra scanalati, del tutto analoghi a quelli appena descritti, sono stati rinvenuti anche a Grotta del Tesoro in associazione a ceramica di tipo Piano Conte. Poiché il deposito archeologico giaceva in buono stato di conservazione, presentandosi più leggibile al fine di valutazioni di tipo cronologico, è stato possibile inquadrare con precisione l'utilizzo di tali strumenti minerari, collocandoli all'inizio dell'età del Rame (prima metà del IV millennio a.C).

Riguardo alle tecniche di lavorazione del materiale estratto, recenti indagini specialistiche sugli strumenti da macinazione di Grotta della Monaca hanno consentito di localizzare la prima fase di lavorazione dei minerali ferrosi nell'aria prospiciente l'ampio ingresso della cavità: in un ambiente spazioso, pianeggiante e ben illuminato da luce naturale. Qui gli stessi venivano sminuzzati e ridotti in polvere, tramite macinatura su lastre in arenaria, prima di essere trasportati altrove (CARICOLA, LEMORINI, in stampa).

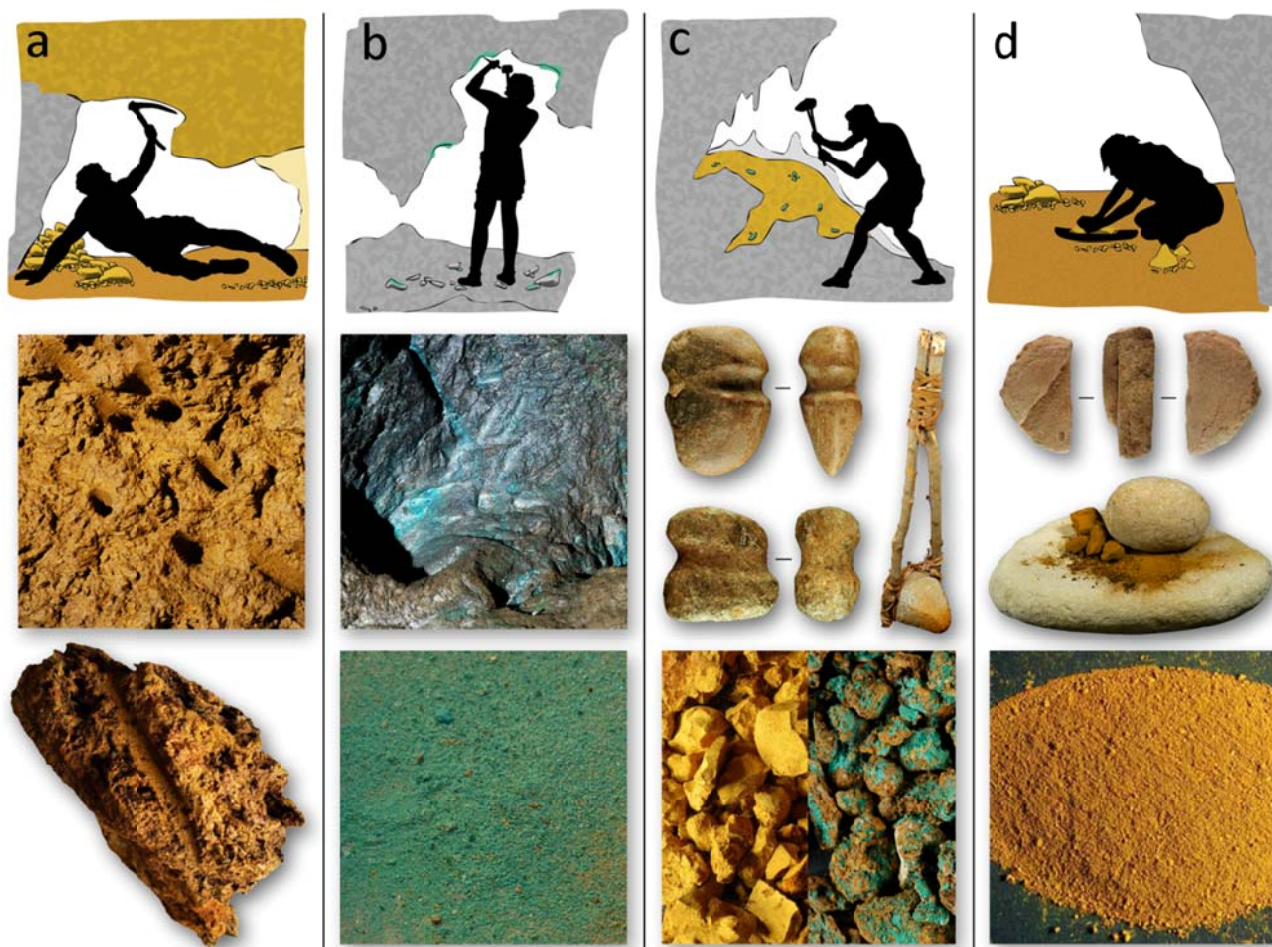


Figura 1. a. Estrazione della goethite con picconi in palco di cervo b. Coltivazione della malachite tramite "scalfittura" c. Approvvigionamento di minerali ferrosi e cupriferi attraverso la tecnica dello sbancamento d. Riduzione in polvere della goethite tramite strumenti da macinazione.

Figure 1. a. Mining of goethite with antler picks b. Scratching malachite with fine-tipped tools c. Supply of iron and copper ore through excavation with grooved stone tools d. Processing of goethite through grindstones.

Il sepolcreto ipogeo di Grotta della Monaca

Il primo accenno a sepolture all'interno della cavità si deve a ENZO DEI MEDICI che nel 1939, in seguito ad una esplorazione nel territorio calabrese, riferisce di "*miseri resti umani sepolti nella grotta*" e scoperti "*di recente*" (DEI MEDICI, 1941). Questa prima testimonianza è confermata nel 1975 dalla Società Svizzera di Speleologia a seguito di una delle ripetute visite nel territorio e, più tardi, da ANTONIO MONTALTO, sacerdote di Sant'Agata di Esaro, che segnala la "*presenza di un teschio ritrovato all'interno della Grotta detta A' Monaca*" (MONTALTO, 1988). Dal 1998 il C.R.S. "Enzo dei Medici" ha condotto diverse campagne esplorative e di scavo che, verificando le precedenti segnalazioni, hanno documentato la presenza di un esteso sepolcreto negli ambienti più sotterranei della cavità.

Le datazioni al radiocarbonio eseguite sugli scheletri riferiscono il sepolcreto alla media età del Bronzo (II millennio a.C.). Le indagini archeologiche collocano i luoghi sepolcrali nei settori più profondi di Grotta della Monaca: la Sala dei pipistrelli, i Cunicoli terminali e la zona antistante ad essi, denominata, per l'appunto, Vestibolo. Le sepolture si dislocano lungo tutto il perimetro di tali ambienti e corrispondono a camerette ricavate in fessure e anfratti naturali, che si aprono alla base delle pareti della cavità. Ciascuna di esse ha restituito più corpi, a volte veri e propri accumuli di scheletri le cui deposizioni sono avvenute nel corso di generazioni. Depositi insieme ai cadaveri vi erano contenitori di essenze, sostanze combustibili e cibo, nella forma di vasi di dimensioni medio-piccole, generalmente olle, che rappresentavano le offerte rituali rivolte al defunto. Tra gli oggetti di particolare pregio si ha testimonianza di un vaso miniaturistico e di una conchiglia (*Cypraea mediterranea*), nonché di manufatti chiaramente appartenenti in vita ad individui femminili, come ad esempio le fuseruole. Il culto rivolto agli inumati è altresì testimoniato dai resti combusti di un pasto rituale avvenuto all'interno della grotta, in un'area distante 50 m dall'ingresso della cavità, confinante con i luoghi di sepoltura. Qui giaceva lo scheletro di un cinghiale (*Sus scrofa*), il cui annerimento testimonia l'intensa esposizione al fuoco dovuta alla cottura. Insieme alle ossa erano presenti frammenti di vasi di medie e grandi dimensioni, posti in loco a contenere liquidi e cibo. Le datazioni al radiocarbonio eseguite sul materiale osteologico ascrivono i resti all'età del Bronzo (1530-1259 a.C.), confermando la relazione con il sepolcreto e chiarendo la destinazione funeraria del cerimoniale.

Di notevole interesse archeo-antropologico è l'area funeraria denominata "vestibolo di m5" (*m5v*): si tratta di una vera e propria "fossa comune" ricavata in un approfondimento della parete sinistra della cavità. Qui, sulla parete adiacente alla zona di accumulo del deposito archeologico, si apriva il passaggio verso la condotta mineraria *m5* (che ha dato il nome alla suddetta area funeraria). Durante le operazioni di scavo sono emersi numerosi clasti (che potrebbero essere stati depositi intenzionalmente a copertura dell'accumulo di ossa), frammenti di ceramica corrispondenti a quattro olle (di cui una con patina carboniosa al suo interno) e una fuseruola, ascrivibili all'età del Bronzo. Gli scheletri si presentavano agli speleo-archeologi come un vero e proprio cumulo di ossa. La disarticolazione e lo stato di disordine al momento del rinvenimento è da ricondurre al disfacimento dei tessuti che ha provocato lo scivolamento delle parti scheletriche più piccole, nonché la loro dislocazione dall'alto verso il basso. Le datazioni al radiocarbonio indicano che il vestibolo di *m5* è stato utilizzato come anfratto sepolcrale per un lungo lasso di tempo durante la media età del Bronzo: la frammentazione degli scheletri – oltre a fattori naturali di disfacimento, come il passaggio di animali e l'umidità degli ambienti ipogei – potrebbe pertanto derivare anche da dislocazioni dovute agli stessi inumatori che hanno usato il medesimo luogo funerario nel corso di diverse generazioni (ARENA *et al.*, 2013).

Dati antropologici

L'analisi antropologica dei resti scheletrici di Grotta della Monaca è stata condotta dal Laboratorio di Archeo-Antropologia e Antropologia Forense (Dipartimento di Scienze Biomediche e Chirurgico Specialistiche dell'Università degli Studi di Ferrara) ed è tuttora in corso. Gli inumati, egualmente distribuiti tra i due sessi, sono risultati pari a 24. Le indagini hanno registrato la presenza preponderante di infanti d'età compresa tra 0 e 12 anni, in particolar modo di bambini d'età neonatale, ovvero da 0 a 3 anni. Lo stato di salute degli inumati sembra essere stato fortemente compromesso da stati anemici persistenti (carenza di ferro), causati da condizioni di vita non idonee (malnutrizione, malattie, scarsa igiene); altresì da ricondurre a momenti di particolare stress fisico non sufficientemente supportati, come il periodo dello svezzamento (3-4 anni). Tuttavia, malgrado le carenze, la statura degli individui non indica problemi di crescita e di sviluppo che si siano protratti in età adulta, riportando valori medi coerenti con quelli propri di ciascuna classe d'età (ARENA *et al.*, 2013). Sebbene la mancanza di alcune parti anatomiche e l'esiguità del campione abbiano limitato fortemente l'analisi antropologica e paleopatologica, sono emersi elementi peculiari e molto interessanti, come per esempio le patologie tumorali e congenite. Il campione ha infatti restituito 3 possibili casi di neoplasie e la presenza di un'alterazione anatomica a carico del dente dell'epistrotrofeo (la seconda vertebra cervicale) di 3 soggetti

femminili: esso, infatti, risulta bifido e non saldato. Si tratta di un carattere epigenetico corrispondente ad un difetto di ossificazione: un'alterazione rara che può diventare patologica qualora crei problemi meccanici e nel caso intacchi il midollo spinale. Tali alterazioni riflettono rapporti di familiarità tra gli individui, suggerendo l'ipotesi che la scelta dei luoghi di sepoltura rispecchi l'organizzazione sociale della comunità. Lo studio degli indicatori scheletrici di stress biomeccanico (patologici e non) mostra un'attività fisica intensa da parte di soggetti di età adulta e di entrambi i sessi, indicando alterazioni a carico delle articolazioni delle epifisi degli arti legate a condizioni posturali specifiche (*squatting*) e manifestazioni artritiche in corrispondenza delle entesi, da ricondurre a una costante e ripetuta sollecitazione muscolare (SCATTARELLA *et al.*, 2005).



Figura 2. a. Contenitore di offerte rituali b. Conchiglia (*Cyprea mediterranea*) di destinazione funeraria c. Epistrofeo non saldato (bifido) a carico della seconda vertebra cervicale di un individuo femminile adulto d-i. Resti combusti di cinghiale (*Sus scrofa*) riferibili ad una celebrazione rituale rivolta agli inumati.

Figure 2. a. A vessel for ritual offerings. b. Shell (*Cyprea mediterranea*); c. Axis unfused on the second cervical vertebra of an adult female individual d-i. Burnt remains of wild boar (*Sus scrofa*) related to a ritual celebration.

La ripresa delle attività minerarie

Le due cavità sono state frequentate, in maniera sporadica, durante l'epoca ellenistico-romana e medievale. Ad una fase finale di quest'ultimo periodo e soprattutto all'inizio dell'età moderna, si deve attribuire un rinnovato interesse per gli idrossidi ferrosi. L'attività estrattiva, ora condotta con strumenti metallici, risulta ben organizzata e intensa, lasciando traccia in alcuni toponimi del territorio quali "Contrada Miniere" e "Casino delle miniere". Lo sfruttamento di età moderna a Grotta della Monaca è visibile nei settori più prossimi all'ingresso, dove l'intensa attività di sbancamento al suolo ha causato gravi danni al deposito archeologico, compromettendone la stratigrafia. Le impronte dei picconi metallici sono ben visibili lungo le pareti dell'ampia condotta iniziale denominata "Pregrotta", a testimonianza dell'invasività dei lavori minerari. In quest'area, al di sotto del naturale piano di calpestio, i minatori post-medievali hanno scavato due lunghe condotte artificiali seguendo i potenti filoni di idrossidi di ferro. Una di queste, sebbene interessata da diverse frane che l'hanno spezzata in più tronconi, conserva intatti i muretti a secco costruiti dai minatori per organizzare e smaltire il materiale di risulta.

A Grotta del Tesauro le evidenze archeo-minerarie post-medievali sono più eclatanti: la cavità risulta notevolmente modificata dall'attività estrattiva e impronte di picconate metalliche sono visibili su quasi tutte le pareti della grotta. Procedendo dalla condotta di accesso (priva di mineralizzazioni) verso l'interno della cavità, i depositi ferrosi diventano preponderanti e la componente rocciosa carbonatica scompare quasi del tutto alla vista: questi ambienti risultano completamente artificiali, creati a seguito di energiche attività di scavo effettuate direttamente all'interno di un potente filone di goethite. Malgrado la frequentazione di epoca storica sia stata assidua e intensa, essa non ha intaccato il deposito archeologico più antico a differenza di quanto è accaduto a Grotta della Monaca, consentendo di ottenere preziose informazioni sulle epoche precedenti.

Conclusioni

Le indagini speleo-archeologiche condotte nelle grotte dell'alta valle del fiume Esaro hanno permesso di evidenziare le peculiarità di un contesto archeologico di notevole interesse, indagando i motivi che hanno spinto l'uomo a frequentare gli ambienti ipogei dalla preistoria all'epoca moderna. Le comunità preistoriche stanziatesi in questo territorio hanno instaurato un rapporto profondo con le cavità presenti nell'area: emerge un'elevata specializzazione che ha consentito di risolvere differenti problemi connessi all'attività mineraria, come per esempio l'utilizzo di tecnologie specifiche e mirate all'acquisizione e alla lavorazione delle risorse. Altresì particolare è la destinazione funeraria degli ambienti più interni al termine delle attività estrattive, quando gli stessi esaurirono la propria funzione mineraria. Il concorso di speleologia e archeologia durante le indagini si è rivelato una fondamentale chiave di lettura per la conoscenza dell'ambiente ipogeo e della sua storia.

Bibliografia

- ARENA F., LAROCCA F., ONISTO N., GUALDI RUSSO E., 2013, *Il sepolcreto protostorico di Grotta della Monaca in Calabria. Aspetti antropologici*. Museologia Scientifica e Naturalistica, Atti del XX Congresso degli Antropologi Italiani "Variabilità umana tra passato e presente" (Ferrara, 11-13 settembre 2013)", Volume 9/1, 2013.
- CARICOLA I., LEMORINI C., (in stampa), *Strumenti da macinazione e abrasione. La sperimentazione e l'analisi delle tracce d'uso*, in LAROCCA F., (a cura di), *Grotta della Monaca ricerche e studi 1*, C.R.S. Enzo dei Medici, Roseto Capo Spulico.
- DEI MEDICI E., 1941, *Escursione alla Grotta della Monaca (Provincia di Cosenza)*, dattiloscritto inedito conservato presso l'archivio del Centro Regionale di Speleologia "Enzo dei Medici", Roseto Capo Spulico.
- GARAVELLI A., LAROCCA F., LEVATO C., PINTO D., 2013, *Prehistoric Mines of the Upper Esaro Valley (Calabria. Italy)*, 2nd Mining in European History Conference of the FZ HiMAT. The Impact of Historic and Prehistoric Mining Activities on the Environment and Societies in Europe (Innsbruck, November 7-10, 2012).
- LAROCCA F. & LEVATO C., 2013, *From the imprint to the tool: the identification of prehistoric mining implements through the study of digging traces. The case of Grotta della Monaca in Calabria (Italy)*, in ANREITER P. et al., *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies*, Proceedings for the 2nd Mining in European History Conference of the FZ HiMAT (Innsbruck, 7-10 November 2012), Innsbruck University Press, Innsbruck, pp. 21-26.
- LAROCCA F., 2010, *Grotta della Monaca: A Prehistoric Copper and Iron Mine in the Calabria Region (Italy)*, in ANREITER P. et al., *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies*, Proceedings for 1st Mining in European History-Conference of the SFB-HIMAT (Innsbruck, 12-15 november 2009), Innsbruck University Press, Innsbruck, pp. 267-270.
- MONTALTO A., 1988, *S. Agata. Una pieve sull'Esaro*, Calabria Letteraria Editrice, Soveria, Mannelli.
- SCATTARELLA V., SUBLIMI SAPONETTI S., EMANUEL P., 2005, *Il sepolcreto ipogeo: aspetti antropologici*, in LAROCCA F. (a cura di), *La miniera pre-protostorica di Grotta della Monaca (Sant'Agata di Esaro - Cosenza)*, Centro Regionale di Speleologia "Enzo dei Medici", Roseto Capo Spulico (CS), pp. 67-71.

STORIE DELLA SPELEOBIOLOGIA: LA RICERCA DELLE GROTTA OSSIFERE

LAMBERTO LAURETI¹

¹*Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente (Università di Pavia), Società Speleologica Italiana; laureti@unipv.it*

Riassunto

Prendendo spunto da un accenno fatto nel corso di una relazione presentata all'ultimo Congresso Nazionale di Speleologia svoltosi a Trieste nel 2011, l'autore del presente contributo ricostruisce l'evoluzione storica dello studio delle caverne ossifere in cui si incrociano esigenze proprie della paleozoologia e gli aspetti di una speleologia ancora priva di una sua compiuta identità. Il rinvenimento, fin dall'antichità classica, di resti scheletrici all'interno di cavità naturali, facilmente accessibili e ad andamento prevalentemente orizzontale, può considerarsi come verosimile motivo di convinzione che le cavità naturali fossero rifugio non solo di animali di grossa taglia, prevalentemente mammiferi, ma anche di individui umani e di esseri dotati di particolari attributi. Ne è conseguita la nascita di quello che può definirsi il "mito dei ciclopi" unitamente alla credenza del cosiddetto "uomo delle caverne" la cui persistenza è durata fino a tempi relativamente recenti. Nel presente contributo (che non può certamente considerarsi esaustivo di un argomento affascinante certamente ma alquanto complesso) sono esaminate alcune regioni europee le cui cavità sotterranee hanno fornito i ritrovamenti fossiliferi di maggiore interesse, unitamente agli studiosi e ai ricercatori più attivi, come l'inglese BUCKLAND, il francese RIVIÈRE, gli italiani CAPELLINI e ISSEL e molti altri.

Parole chiave: caverne ossifere, paleontologia, preistoria.

Abstract

ABOUT SPELEO-BIOLOGICAL STORIES: SEARCHING FOR OSSIFEROUS CAVERNS - With reference to a paper presented at the last National Meeting of Speleology, the Author goes along the historical evolution of the studies about the ossiferous caverns in which both paleo-zoological requirements and the aspects of a not well definable speleology are intersected. Finding ossiferous remains, since the ancient times, inside easily accessible and horizontal cavities may have for sure favoured the belief that they were haunt not only for big mammals but also for human beings. As a result of that it is possible to explain the rise of the "Cyclopes myth", but also an idea of the image of "cavernicolous men" persisted until recent times. In this paper (surely not exhaustive about a fascinating but very complex subject) the main ossiferous caverns of some European regions are inspected together with the more important scientists and researchers, as the English BUCKLAND, the French RIVIÈRE, the Italian CAPELLINI and ISSEL and many others.

Key words: ossiferous caverns, palaeontology, prehistory.

Dal mito del ciclope al mito dell'unicorno

Come è noto, miti e credenze, assai diffusi nei tempi antichi, hanno poi trovato riscontro, ma con ben diverso significato, in tempi più recenti. E' il caso del mito dei ciclopi e di quello dell'unicorno.

Il mito dei ciclopi è verosimile che si sia formato nel corso del primo millennio avanti l'era volgare (e ripreso dalla poesia omerica) in seguito al ritrovamento, nelle grotte siciliane, di ossa di mammiferi, tra i quali molti esemplari di elefanti nani appartenenti a diverse specie derivate, per un processo endogamico, da quella di *Elephas antiquus*. Pur con le loro ridotte dimensioni, la cavità craniale corrispondente all'attaccamento della proboscide, nella fantasia popolare si palesò come una vera e propria cavità oculare in modo da simulare l'appartenenza ad un individuo umano dotato di un solo organo visivo. E non furono pochi coloro che credettero o non escludono l'esistenza in tempi anteriori di individui di dimensioni gigantesche, dal filosofo agrigentino EMPEDOCLE vissuto nel V secolo a. C. al toscano GIOVANNI BOCCACCIO che ne accenna nel IV libro della sua *Genealogia deorum gentium* (1360), al gesuita ATHANASIVS KIRCHER, il celebre autore del *Mundus*

Subterraneus (1664). Ma già verso la metà del XVIII secolo c'è chi, come il canonico palermitano ANTONIO MONGITORE (1742), esclude la natura umana dei numerosi resti ossei che riempiono le grotte siciliane. Il primo a fornire una spiegazione plausibile alla formazione del mito dei ciclopi sembra sia stato il paleontologo austriaco OTHENIO ABEL, che la collegò alla presenza nelle grotte siciliane di resti delle due specie di *Elephas mnaidriensis* e *falconeri* (ABEL, 1914, 1939).

A parte i ciclopi, l'interesse per i resti ossei delle grotte di Sicilia, localizzate prevalentemente nelle province di Trapani, Palermo e Siracusa, risale a più di un secolo prima quando prese a svilupparsi un vero e proprio commercio di questi materiali ossei verso la Francia e l'Inghilterra a beneficio delle locali fabbriche di sapone, ma con il conseguente svuotamento di quelle cavità che ne erano maggiormente fornite, come la Grotta di San Ciro. Ma la scarsa resa di questo materiale, spesso interessato da un avanzato processo di litificazione ne fece diminuire notevolmente l'esportazione specialmente dopo l'autorevole responso emesso dal celebre paleontologo francese GEORGES CUVIER, su sollecitazione dell'abate palermitano DOMENICO SCINÀ, fisico e naturalista, che gli aveva inviato alcuni campioni di ossa rivelatisi in avanzato stato di fossilizzazione.

Oltre alla grotta di San Ciro che si affaccia alla base del versante settentrionale del Monte Grifone (832 m s.l.m.), nel territorio palermitano hanno palesato notevole interesse la Grotta Cannita di Misilmeri che ha fornito resti di *Hippopotamus Pentlandi*, la Grotta di Marasà con resti di *Leithia melitensis*, la Grotta di Luparello e specialmente il complesso litoraneo delle quattro grotte dei Puntali, già noto allo storico domenicano TOMMASO FAZELLO (sec. XVI). Nella seconda metà dell'Ottocento la ricchezza delle faune di vertebrati fossili siciliani attirò nell'isola numerosi studiosi e ricercatori italiani ed europei. Tra questi l'inglese HUGH FALCONER (1868) e il tedesco HANS PHOLIG (1893). Nelle grotte dei Puntali scavò intensamente anche il catanese GAETANO GIORGIO GEMMELLARO (1832-1904) poi nominato titolare della prima cattedra di geologia dell'Università di Palermo (1860), per il cui museo procurò una ricca collezione paleontologica. Nei due decenni a cavallo tra Ottocento e Novecento vi scavò, scoprendovi una nuova specie di *Megaceros*, anche il già citato PHOLIG che profitto per incrementare la sua raccolta privata.

Ricca di grotte ossifere è anche la costiera trapanese che vide tra i primi ricercatori il marchese GUIDO DALLA ROSA (1821-1882), matematico dell'Università di Parma, che, nella seconda metà dell'Ottocento (1869-70), esplorò, fra le altre, la Grotta Martogna (nota anche come Grotta del Gigante, citata dal BOCCACCIO nella sua *Genealogia*) con resti di elefanti ed ippopotami, la vicina Grotta Emiliana con resti di fauna marina ma anche di vertebrati (*Sus scropha*, *Equus caballus*, *Cervus elaphus*) e la Grotta Mangiapane alla base del promontorio di Monte Còfano (659 m s.l.m.). Nella prima metà del Novecento queste cavità furono oggetto di accurate ricerche da parte del paleontologo francese RAIMOND VAUFREY (1925-29).

Tra le cavità ossifere del Siracusano la più celebre è senza dubbio la Grotta di Spinagallo, sita a breve distanza nell'entroterra di Cassibile. Nel corso di sistematiche esplorazioni condotte alla fine degli anni '50 del secolo scorso da parte di BRUNO ACCORDI (1916-1986), allora docente di geologia nell'Università di Catania, la cavità rivelò la presenza di un ricco giacimento fossilifero in massima parte costituito da resti di elefanti nani appartenenti alla specie *Elephas falconeri* (Fig. 1). Nel complesso, è stato possibile ricostruire interamente "sette scheletri completi: cinque appartenenti ad individui adulti e due a cuccioli. Dei sette scheletri montati, quattro si trovano al Museo dell'Università La Sapienza di Roma, uno al Museo di Paleontologia dell'Università di Padova, uno presso l'Università di Catania ed uno presso il Museo Archeologico Paolo Orsi di Siracusa" (DI PATTI & CALANDRA, 2004).



Figura 1. Scheletro dell'elefante nano (*Elephas falconeri*) ritrovato nella Grotta di Spinagallo (dal Museo Orsi di Siracusa).

Figure 1. Skeleton of the dwarf elephant (*Elephas falconeri*) found in the Spinagallo Cave (from the Museo Orsi, Siracusa).

Risalendo dalla Sicilia, costeggiando le coste tirreniche della penisola italiana così ricche di promontori, tra i golfi di Policastro e di Salerno ecco la frastagliata costiera cilentana dove tra la Punta degli Infreschi a sud est e la Punta Licosa a nord-ovest si protende l'articolato promontorio di Capo Palinuro. Il suo nome evoca il racconto omerico della tragica fine del marinaio di Ulisse di cui resta il nome nel promontorio campano, anch'esso come gran parte del litorale cilentano cosparso di grotte ricche di resti ossei di mammiferi. Nel corso degli anni '30 del secolo scorso il paleontologo ALBERTO CARLO BLANC (1906-1960, noto per la scoperta di un cranio neanderthaliano nella caverna ossifera di Guattari al Monte Circeo, ricca di fauna pleistocenica) vi effettuò una serie di ricerche che evidenziarono in esse la frequentazione di fauna musteriana (cervi, iene, cinghiali, orsi, ecc.) ma anche di individui umani, come rivelò la presenza di industrie levalloisiano-musteriane ed epigravettiane (BLANC, 1940). Tra le cavità di maggiore interesse e concentrazione di materiali ossei sono la Cala delle Ossa con resti di stambecco, daino, capriolo, bue, cavallo, cinghiale, orso e leone, e la Grotta delle Ciavole con fauna a iena e cervo.

Molto più recente è il mito dell'unicorno, sorto sicuramente in età classica e poi consolidatosi in epoca medievale e la cui origine è sicuramente legata al ritrovamento di singole corna di antilope o di una zanna di narvalo e supportata peraltro dall'esistenza di vertebrati con un solo corno come i rinoceronti attuali i cui rappresentanti plio-pleistocenici (come l'*Elasmotherium sibiricum* vissuto in Asia forse fin oltre i tempi preistorici) ne erano particolarmente dotati. Tuttavia, almeno fino a qualche secolo fa l'esistenza di un simile animale non era messa molto in discussione, anche se già nel Cinquecento il naturalista GEROLAMO CARDANO ne aveva negato l'esistenza (ACCORDI, 1984). Secondo quanto riferisce il celebre filosofo e matematico tedesco GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ (1646-1716), secondo il medico e naturalista danese GASPARD BARTHOLIN "i corni di liocorno, uno dei più curiosi e rari ornamenti dei gabinetti di storia naturale ed oggi esposti all'ammirazione della gente, provengono da pesci [cioè il narvalo o *Monodon monoceros*, cetaceo che vive nei mari artici] dell'oceano Boreale" (LEIBNIZ, 1749).

Da parte sua LEIBNIZ si convinse invece a credere all'esistenza dell'unicorno in seguito al ritrovamento avvenuto nel 1663 in una cava di pietra da calce nei pressi di Quedlinbourg (ai piedi del versante nordorientale del massiccio dell'Harz), insieme con le ossa di altri vertebrati, anche di un corpo osseo a forma di corno dritto e appuntito (Fig. 2). L'episodio era stato riferito dal borgomastro di Magdeburgo, OTTO VON GUERICKE (inventore della macchina pneumatica e noto per le sue esperienze sul vuoto) nella sua opera *Experimenta nova, ut vocant Magdeburgica, de pauco spatio, etc.*, pubblicata ad Amsterdam nel 1672. Di tutto ciò parla lo stesso LEIBNIZ nella sua opera postuma *Protogaea* (1749, ma in realtà terminata nel 1692 ed esposta l'anno successivo in una memoria degli *Acta eruditorum* di Lipsia) dove sono illustrati i risultati delle sue visite compiute in alcune grotte dell'Harz durante il periodo (dal 1680 al 1685) in cui era stato nominato ingegnere addetto alle miniere dal Duca di Hannover.

Figura 2. Ricostruzione dello scheletro di Unicorno (da LEIBNIZ, 1749).

Figure 2. Reconstruction of the Unicorn skeleton (after LEIBNIZ, 1749).



Le prime ricerche nelle caverne della Germania

Due sono le grotte descritte da LEIBNIZ: una vicino alla località di Rubeland (Unter Harz), lungo l'alto corso del Bode subaffluente dell'Elba, e l'altra nei pressi della cittadina di Scharzfeld (Ober Harz), sulle rive dell'Oder, modesto affluente del Weser. Quest'ultima, come riferisce lo stesso LEIBNIZ che la visitò nel 1685, era chiamata dagli abitanti del luogo "grotta dei nani", per via della difficoltà ad entrarvi da parte di un adulto, mentre attualmente è nota come *Einhornöle* (Grotta dell'Unicorno) e frequentata attrattiva turistica di questa vallata dell'Harz e tutta improntata nella rievocazione del fascinioso mito dell'Unicorno. LEIBNIZ la chiama semplicemente Grotta di Scharzfeld e riferisce come essa contenesse una notevole quantità di resti ossei (specialmente denti di grossi vertebrati), la cui raccolta veniva fatta a scopo medicamentoso. Quando il paleontologo inglese WILLIAM BUCKLAND (1784-1856), professore ad Oxford, la visitò nel 1822 vi trovò ancora una notevole quantità di ossa (tra cui mandibole anche con relativa dentatura) ma notevolmente frantumate e ricoperte da una crosta stalagmitica. Di essa disegnò una sezione verticale con precise indicazioni relative ai principali depositi ossiferi (Fig. 3).

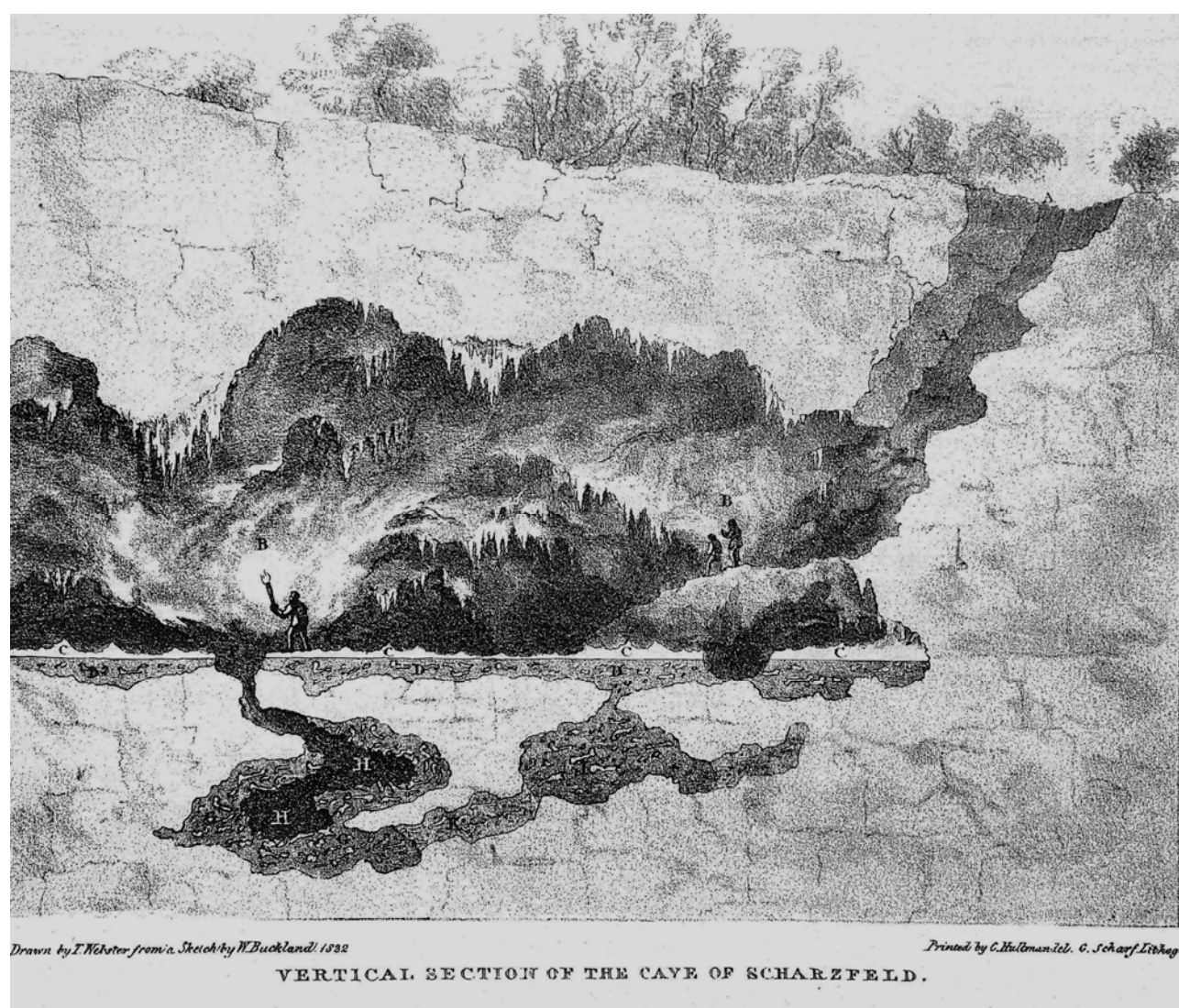
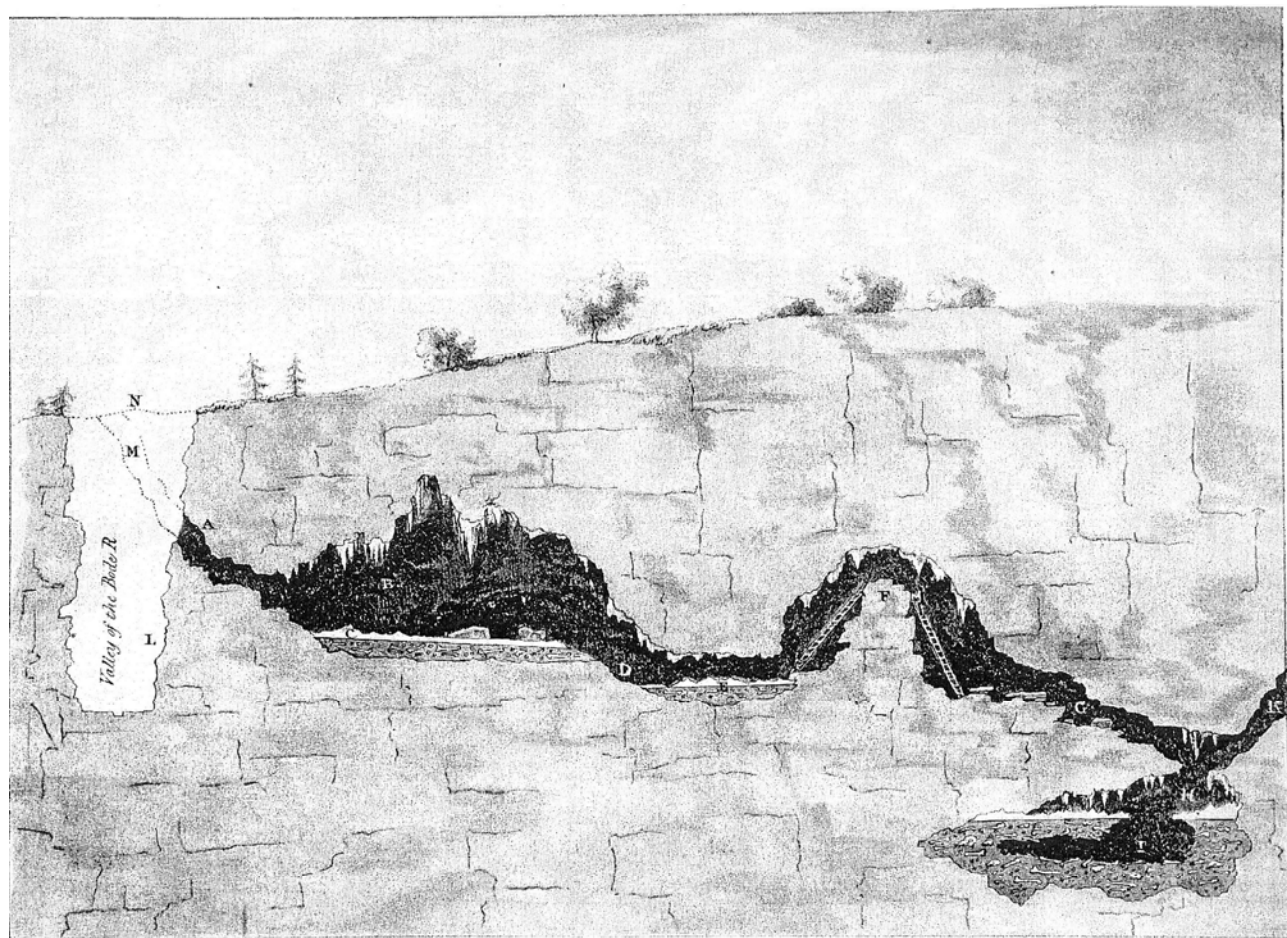


Figura 3. Spaccato della Grotta di Scharzfeld (da BUCKLAND, 1823).

Figure 3. Vertical section of the Scharzfeld Cave (after BUCKLAND, 1823).

Nei pressi di Rubeland LEIBNIZ visitò la Grotta di Baumann (*Baumannshöle*), così chiamata dal nome del suo primo esploratore, che vi si era avventurato alla ricerca di filoni di ferro, metallo normalmente estratto dalle numerose miniere del luogo. Divisa in cinque cavità tra loro comunicanti, la grotta si presentava ricca di concrezioni stalattitiche e di una grande quantità di ossa di animali. Con particolare attenzione LEIBNIZ osserva delle concrezioni sottili come penne d'oca (*sunt et stiriæ anserini calami crassitiæ*). Di questa cavità egli ci ha lasciato una vera e propria planimetria (uno dei primi rilievi di grotta in assoluto, storicamente) inserita fra le

tavole a corredo della *Protogaea* (LAURETI, 2013). La grotta di Baumann venne visitata anche dal BUCKLAND, che ne disegna un interessante profilo (BUCKLAND, 1823; Fig. 4).



Drawn by T. Webster from a Sketch by W. Buckland.

i. Schurz lithog. - Printed by C. Müllermeister.

VERTICAL SECTION OF THE CAVE OF BAUMANS HÖHLE IN THE HARTZ.

Figura 4. Spaccato della Grotta di Baumann (da BUCKLAND, 1823).

Figure 4. Vertical section of the Baumann Cave (after BUCKLAND, 1823).

Sempre in territorio germanico vanno ricordate le grotte ossifere della Svizzera Francone (*Fränkische Schweiz*) nella Baviera settentrionale dove, nella valle del Wiesent, subaffluente del Meno, una quarantina di km a NNE di Norimberga, sono disseminate numerose grotte che hanno restituito notevoli quantità di ossa di mammiferi. Qui, nella seconda metà del Settecento operarono due singolari personalità, come JOHANN FRIEDRICH ESPER (1732-81) e JOHANN CHRISTIAN ROSENMÜLLER (1771-1820). Il primo, pastore luterano a Erlangen, con spiccati interessi per la paleontologia, risalendo la valle del Wiesent, esplorò nel 1774 diverse cavità nei dintorni di Muggendorf tra cui la grotta di Gailenreuth dove scoprì resti fossilizzati di vertebrati (lupi, orsi, iene, complessivamente denominati come "zooliti") e ossa umane, il tutto da lui considerato come qui trasportato durante il diluvio biblico (ESPER & ISENFLAMM, 1774).

Ancora nei pressi di Muggendorf il medico e anatomista J. C. ROSENMÜLLER, in compagnia di J. L. WUNDER, che l'aveva scoperta tre anni prima, visitò nel 1793 una grotta (intitolata poi con il suo nome) dove furono scoperti due scheletri di una specie estinta di orso delle caverne di cui lo stesso Rosenmüller descrisse l'olotipo (*Ursus spelaeus Rosenmüller 1794*) (HILPERT et al., 2005; DIEDRICH, 2009). Ancora a lui si deve una descrizione delle grotte di Muggendorf (ROSENMÜLLER, 1796) nonché un volume più generale, accompagnato da splendide tavole in rame colorate, relativo alle grotte allora conosciute (come il Witzenhöhle Systeme, la Gailenreuther Höhle, la Ludwig Wunders Höhle ed altre ancora) e agli aspetti naturali della regione di Muggendorf (ROSENMÜLLER, 1805). La grotta di Gailenreuth venne poi visitata nel 1816 e nel 1822 dal BUCKLAND che di essa ci ha lasciato uno spaccato verticale molto espressivo in cui sono indicati i cospicui riempimenti di resti ossiferi, specialmente di orso speleo (BUCKLAND, 1823).

Le prime ricerche in Italia

Anche in Italia, durante il XVIII secolo, forse sotto l'influenza dell'attenzione suscitata nel secolo precedente dalla pubblicazione della grossa e suggestiva opera del gesuita ATHANASIVS KIRCHER (*Mundus Subterraneus*, 1664), ma certamente anche per via delle ricerche e delle esplorazioni di ANTONIO VALLISNERI (*Lezione accademica intorno all'origine delle fontane*, 1715-26) e di GIOVANNI TARGIONI TOZZETTI (*Relazioni d'alcuni viaggi fatti in diverse parti della Toscana*, 1768-79) si comincia a prestare attenzione al mondo delle cavità naturali e a quanto esse potevano contenere. E da ciò deriva anche una più generale attenzione, oltre che semplice curiosità, nei riguardi dell'ambiente naturale in genere da parte di persone dotate di un buon livello culturale, tra cui tra cui gli esponenti del clero. Infatti, proprio ad un sacerdote veronese, tale GREGORIO PICCOLI DEL FAGGIOL, si deve una delle prime scoperte di grotte ossifere in Italia. Come lo stesso riferisce, percorrendo alcuni anni prima (1735) gli altopiani dei Lessini alla ricerca di fossili e in particolare di ammoniti (noti allora come "corna di Ammone"), si imbatté in una grotta nella "Contra del Ceré" (forse l'attuale località abitata di Ceredo in frazione di Ronconi nel comune di Sant'Anna d'Alfaedo) al cui interno osservò una "gran quantità di ossa, corna di cervi, pezzi di teste, di cranj, dentature, e denti di varie belve di cui non si conosce la spezie; ma da un dente lungo cinque onze in circa si arguisce esserne di queste cose impietrite de' porci cinghiali" (PICCOLI, 1739).

Con riferimento allo stesso secolo in un recente lavoro del paleontologo AUGUSTO AZZAROLI (2002-03) è citata una memoria dell'abate pesarese GIAMBATTISTA PASSERI in cui si parlerebbe di una presenza di resti di vertebrati nella Grotta di Monte Cucco al confine tra Umbria e Marche. In effetti nella memoria del PASSERI, pubblicata nel 1775, ma scritta molti anni prima (nel tomo I della "Nuova Raccolta d'Opuscoli Scientifici e Filologici" curata da ANGELO CALOGERÀ, appresso SIMONE OCCHI, Venezia 1755: *Dell'Istoria de' Fossili del Pesarese*, pp. 289-388), alla Grotta del Monte Cucco è dedicato un intero capitolo (Capo XXI del *Discorso quarto*, pp. 163-167) sotto forma di lettera allo stesso PASSERI indirizzata nel 1745 dal conte eugubino GIROLAMO GABRIELLI, nella quale egli descrive tutto ciò che osservò, 25 anni prima (cioè nel 1720), durante una visita effettuata "con una numerosa comitiva" nelle Grotte di Monte Cucco (PASSERI, 1775). Nella descrizione, assai dettagliata invero, però non si accenna della presenza di resti ossei. Nella memoria del PASSERI si parla ovviamente di fossili ma presenti in altre località umbro-marchigiane (come i resti di elefanti trovati nella valle del Metauro ed attribuiti al passaggio dell'esercito cartaginese in epoca romana). Finalmente di una presenza di ossa di vertebrati nella Grotta del Monte Cucco parla espressamente il fabrianese GIAMBATTISTA MILIANI (poi divenuto senatore e ministro dell'Agricoltura) raccontando le sue esplorazioni effettuate tra il giugno 1883 e il 1891 (MILIANI, 1891). La relazione del MILIANI venne pubblicata sul Bollettino del Club Alpino Italiano insieme con un primo rilievo della cavità. In particolare egli traccia anche una breve sintesi sulla storia delle esplorazioni citando anche i resoconti del conte GABRIELLI e di altri, ma non parla di una probabile visita del PASSERI. Invece, dopo la scoperta dei resti ossei il MILIANI contattò il geologo GIOVANNI CAPELLINI dell'Università di Bologna accompagnandolo poi nella visita della grotta (CAPELLINI, 1889). Molti reperti in essa raccolti sono oggi esposti nel Museo universitario bolognese che allo stesso CAPELLINI è intitolato. Come scrive il MILIANI nella sua relazione (1891) "le specie trovate e riconosciute con maggior sicurezza: *Ursus Spelaeus*, *Ursus Priscus*, *Felis antiqua*, *Felis Catus magna* - *Canis Vulpes spelaeus*, *Mustola faina*, *Vespertilio Ferrum equinum* e resti di uccelli. Fra questi avanzi i più abbondanti son sempre quelli degli orsi, tanto che non sarà difficile ricostruire interamente un paio di individui".

Restando ancora in Italia occorre rammentare la scoperta di due grotte, avvenuta casualmente verso la fine del Settecento (1787) mentre erano in corso dei lavori in una cava nei pressi di Porto Longone, antica denominazione dell'attuale comune di Porto Azzurro sulla costa orientale dell'isola d'Elba. La notizia è riferita dal naturalista marchigiano PAOLO SPADONI (1764-1826) che le visitò constatandovi la presenza di frammenti di ossa di vertebrati (SPADONI, 1790) inizialmente considerati come appartenenti al genere *Ursus*. Successivamente il sito (attualmente noto come Grotta di Reale) fu oggetto di numerose ricerche e scavi da parte di zoologi, geologi e paleontologi quali FILIPPO NESTI (1780-1849), conservatore e docente nel Museo di Fisica e Storia naturale di Firenze (1823), IGINO COCCHI (1827-1913), professore di geologia nell'ateneo fiorentino (1865), DOMENICO DEL CAMPANA (1875-1956), docente di paleontologia a Firenze (1910) e ALBERTO MALATESTA (1915-2007), paleontologo del Servizio Geologico (1950). Da esse fu possibile determinare la frequentazione del sito da parte di numerose specie come *Ursus spelaeus* e *mediterraneus*, *Rhinoceros mercki*, *Sus scrofa*, *Hippopotamus amphibius*, *Felis lynx* e anche di *Testudo graeca*.

Buckland pioniere dello studio delle caverne ossifere

Come riporta l'archeologo J. WILFRED JACKSON, autore del capitolo sull'Archeologia e la Paleontologia nel ben

noto volume introduttivo alla speleologia *British Caving* (CULLINGFORD, 1953), la prima cavità ossifera esplorata in Inghilterra, nel 1816, è stata una fessura nei calcari devoniani di Oreston presso Plymouth (Devon) ad opera dell'ingegnere JOSEPH WHIDBEY dietro suggerimento di Sir JOSEPH BANKS. Sempre dal Jackson il Whidbey è associato al già citato WILLIAM BUCKLAND come "*the pioneers of cave excavation in Britain*". Quest'ultimo si dedicherà principalmente all'esplorazione della grotta di Kirkdale, nei pressi di Hemsley nello Yorkshire (Fig. 5). Ad essa il BUCKLAND (dopo aver presentato nel 1822 alla Royal Society di Londra una corposa relazione pubblicata nelle *Philosophical Transactions*, 112, 1, pp. 171-236) dedica un lungo capitolo della sua opera più nota, *Reliquiae Diluvianae*, stampata a Londra nel 1823 dal celebre editore JOHN MURRAY, ricca di numerose tavole che mostrano profili di grotte e resti di vertebrati; senza dubbio uno strumento di riferimento per lo studio delle caverne ossifere e dei materiali paleontologici in esse contenuti, pur considerando l'epoca in cui venne elaborata. In essa il BUCKLAND riserva molto spazio alle grotte ossifere dell'Inghilterra e del Galles ma anche a quelle di altri paesi europei e specialmente della Germania.

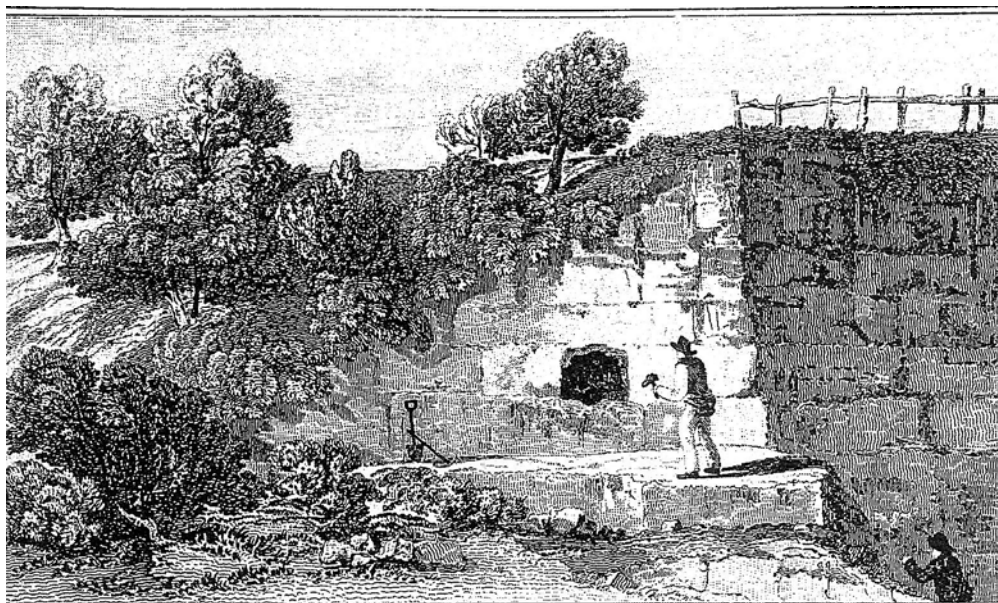


Figura 5. Ingresso della grotta di Kirkdale (da BUCKLAND, 1823).

Figure 5. Entrance of the Kirkdale Cave (after BUCKLAND, 1823).

La grotta di Kirkdale fu scoperta nel 1821 da un naturalista locale, tale JOHN GIBSON, durante i lavori di scavo di una cava di calcare giurassico, rivelandosi piena di ossa di animali, come elefanti, ippopotami, rinoceronti, orsi, bisonti, cavalli, cervi e soprattutto iene che, con i resti delle loro deiezioni dimostrarono che la grotta fosse la loro abituale tana. Il BUCKLAND esplorò altre cavità nei dintorni di Kirkdale, ma anche nel resto dell'Inghilterra e nel Galles, come la grotta di Hutton nelle Mendip Hills (Somerset), la già ricordata grotta di Oreston (Devon), anch'essa ricca di resti di iena, lupo, volpe, orso, cervo, ecc., la Goats Hole (grotta delle Capre) presso Swansea (Galles) e numerose altre tutte ricordate e illustrate nella sua opera principale.

Quando il BUCKLAND entrò per la prima volta nella grotta di Kirkdale aveva già maturato una notevole esperienza nello studio delle grotte ossifere. Nel 1816 infatti aveva visitato la già celebre grotta di Gailenreuth nella Franconia (Alta Baviera) e vi era ritornato nel 1822 con la conoscenza dei risultati di chi lo aveva preceduto nella ricerca, come ESPER, ROSENMÜLLER e AUGUST GOLDFUSS, professore di zoologia a Norimberga e autore di una fortunata guida sui dintorni di Muggendorf (GOLDFUSS, 1810). Con molta probabilità egli visitò anche le grotte dell'Harz già descritte da LEIBNIZ e dallo svizzero JEAN ANDRÉ DE LUC.

Una rassegna delle caverne ossifere inglesi venne fatta anche da GIDEON MANTPELL (1790-1852), medico e naturalista appassionato di geologia e specialmente di fossili (a lui si deve la scoperta dell'*Iguanodon*, uno dei primi dinosauri conosciuti, nei sedimenti infracretacei della Foresta di Tilgate, fra Londra e Brighton). Buon collezionista e divulgatore, amico di LYELL gli dedicò una delle sue opere maggiori, *The Medal of Creation* (1844) (Fig. 6), in cui, parlando dei resti di mammiferi fossili (cap. XX), si sofferma ad illustrare la diffusione di breccie e caverne ossifere. Le più note di queste ultime, a suo parere, sarebbero situate in Franconia (Alta Baviera) e in molte località dell'Harz. In particolare il MANTPELL cita la grotta di Gailenreuth, rimarchevole per la quantità di denti di *Ursus spelaeus*. Accenna anche all'esistenza di caverne ossifere in Australia orientale, nella valle del Macquarie, ma con resti di specie locali (marsupiali) ancora esistenti. Citando, inoltre, a

proposito della grotta di Kirkdale, la massima opera del BUCKLAND (*Reliquiae Diluvianae*), suggerisce a chi la dovesse leggere di "separate the facts from the diluvial theory" che lo stesso Reverendo BUCKLAND e "other eminent geologists" avevano sostenuto. In ciò il MANTELL dimostra una significativa autonomia di giudizio con una mentalità che si potrebbe definire "darwiniana". Tra le altre cavità da lui ricordate vanno segnalate la Goats Hole e la Paviland Cave (Glamorganshire), le grotte di Hutton (Mendip Hills) e specialmente la ben nota Kent's Cavern che si apre nei calcari devoniani ed ormai inglobata nella cittadina balneare di Torquay, sulle coste meridionali della Cornovaglia. Ancora oggi visitabile, essa costituisce una delle locali attrattive turistiche. Scavando in questa grotta dal 1825 al 1829 il Reverendo JOHN MAC ENERY trovò selci scheggiate e ossa di animali estinti e l'anatomista e paleontologo di fama RICHARD OWEN (1804-92), sovrintendente al British Museum nonché franco oppositore di DARWIN e antagonista dello stesso MANTELL, vi trovò resti fossili di chiroterteri (*Rhinolophus Ferrum-equinum*) (OWEN, 1856).

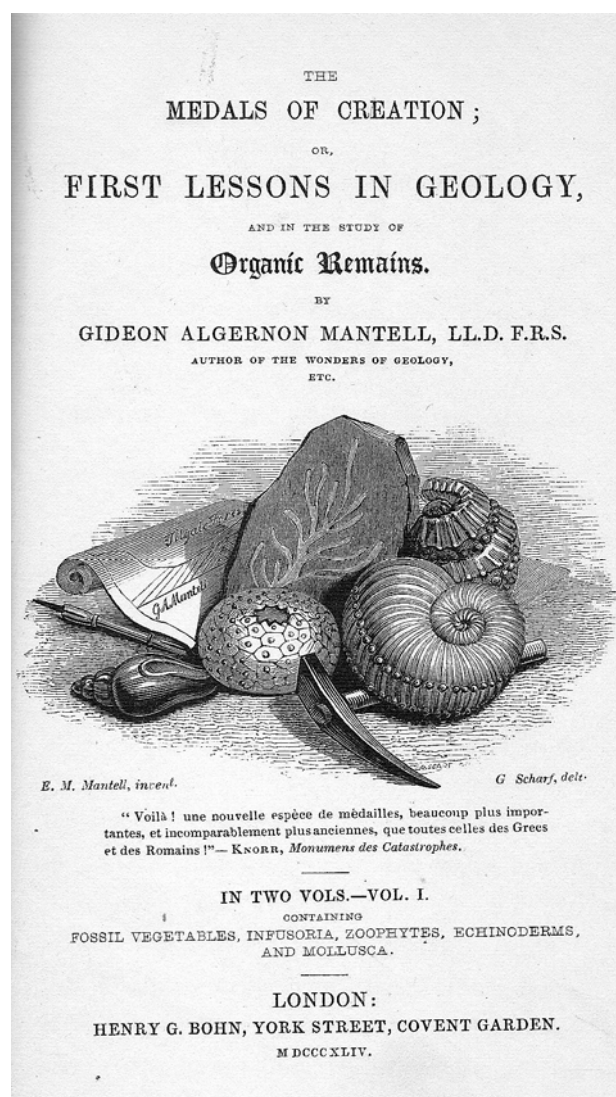


Figura 6. Frontespizio dell'opera di G. MANTELL "The Medal of Creation" (1844).

Figure 6. Title-page of the G. MANTELL work "The Medal of Creation" (1844).

Le caverne ossifere lungo l'arco costiero ligure

Come si è visto per le coste siciliane e del litorale tirrenico campano-laziale, anche lungo l'arco costiero bagnato dal Mar Ligure (all'incirca tra Nizza e il promontorio di Piombino), comprese le isole che lo fronteggiano, numerose sono le cavità naturali che ospitano resti di vertebrati, a volte cementati da depositi di tipo stalagmitico fino a costituire delle vere e proprie brecce (*brecce ossifere*) in cui si mescolano clasti rocciosi e materiale sabbioso e ciottoloso insieme con resti faunistici di invertebrati.

Brecce ossifere furono rinvenute già agli inizi del XIX secolo (1807) dal francese BARTHÉLEMIÉ FAUJAS DE SAINT FOND (1741-1819) in corrispondenza dell'altura collinare (circa 100 m s.l.m.) sovrastata dagli avanzi dell'antico "Chateau" di Nizza. Sul promontorio roccioso del M. Boron che separa la celebre Baie des Anges dalla rada di Villefranche e ormai inglobato nel tessuto urbano di Nizza, si apre nei calcari giurassici la grotta del Lazaret (nota fin dal primo quarto dell'Ottocento) con resti di vertebrati (roditori, elefanti, cervi, rinoceronti, orsi, ecc.) insieme con tracce della presenza umana da circa 200 mila anni. Proseguendo verso est, poco prima di Mentone, nel territorio comunale di Roquebrune Cap Martin, fu scoperta nel 1958, alla base di una parete calcareo-dolomitica di età giurassica, una modesta cavità, la grotta del Vallonet contenente cinque livelli stratigrafici il terzo dei quali ricco di resti fossili di vertebrati appartenenti ad almeno 25 specie diverse. Studiata dal paleontologo HENRY DE LUMLEY, la grotta ha rivelato anche la presenza di industrie umane risalenti a circa 1 milione di anni fa' (Paleolitico inferiore) (DE LUMLEY, 2010).

Al confine italo-francese, a pochi passi dal litorale e alla base di una maestosa falesia tagliata nei calcari giurassici, si apre un gruppo di diciotto fra ripari sotto roccia e cavità "come grandi fenditure verticali" come scrive l'archeologo PAOLO GRAZIOSI (1906-1988) nella presentazione della sua guida dei Balzi Rossi (GRAZIOSI, 1964), "uno dei più importanti complessi di giacimenti preistorici che esistano in Europa". Note da tempo, le *Baume d'i Baussi Russi*, così chiamate localmente queste cavità per via della tinta ferruginosa della parete in cui si aprono, cominciarono ad essere oggetto di scavo verso la metà dell'Ottocento (1846) ad opera del principe di Monaco FLORESTANO I. Nell'inverno del 1858 vi effettuò degli scavi il celebre naturalista svizzero FRANÇOIS-ALPHONSE FOREL che trovò un gran numero di ossa e denti fossili tra i quali i resti di molte specie carnivore e di ruminanti (FOREL, 1860; ISSEL, 1908). La storia delle ricerche (che portarono alla luce numerosi avanzi faunistici e soprattutto manufatti e resti umani di età paleolitica media e superiore tra cui interessanti sepolture perfettamente conservate) è riassunta dallo stesso GRAZIOSI che rileva l'importanza delle scoperte compiute dal francese ÉMIL RIVIÈRE tra il 1870 e il 1875 (RIVIÈRE, 1871, 1875). Ad esse seguirono quelle avviate dal principe di Monaco ALBERTO I (fondatore dell'*Institut de Paléontologie Humaine* di Parigi) tra il 1892 e la fine del secolo per mezzo di autorevoli personalità scientifiche come MARCELLIN BOULE (1861-1942), RENÉ VERNEAU (1852-1938), ÉMIL CARTAILHAC (1845-1921) e LÉONCE DE VILLENEUVE (1858-1922) i cui risultati sulle Grottes de Grimaldi (così è denominato il complesso dei Balzi Rossi in onore del casato dei principi di Monaco) sono compendiate in due poderosi volumi (DE VILLENEUVE et al., 1906 - 1919).

Solo a partire dal 1928, sotto l'impulso dell'antropologo ALDOBRANDINO MOCHI (1875-1931), il complesso dei Balzi Rossi è oggetto, nell'ambito dell'Istituto Italiano di Paleontologia Umana, di sistematiche ricerche da parte di studiosi italiani, come LUIGI CARDINI (1898-1971), i due BLANC padre (GIAN ALBERTO, 1879-1966) e figlio (ALBERTO CARLO, 1906-1960) e lo stesso GRAZIOSI. Più di recente esso è stato oggetto di ulteriori ricerche da parte del *Musée d'Anthropologie Préhistorique* del Principato di Monaco (Grotta del Principe) e della Soprintendenza Archeologica della Liguria insieme con l'Istituto Italiano di Paleontologia Umana (Ripari Bomprini e Mochi) e il Laboratorio B. Bagolini dell'Università di Trento (Riparo Mochi). Attualmente tutta l'area antistante le cavità è stata ristrutturata con la costruzione di un edificio museale (il Museo Preistorico dei Balzi Rossi venne fondato nel 1898 da sir THOMAS HANDBURY) che espone i reperti più significativi provenienti dai vicini ipogei. Per quanto riguarda i resti faunistici estratti dalle caverne dei Balzi Rossi è sufficiente citare, relativamente ai soli vertebrati, quelli provenienti dalla Grotta del Principe: *Elephas antiquus*, *Rhinoceros mercki*, *Hippopotamus maior*, *Equus stenorhinus*, *Leo spelaeus*, *Ursus spelaeus* e ancora lince, leopardo, iena, renna, stambecco, camoscio, bisonte, lupo e numerosi roditori (TINÈ, 1983) (Fig.7).

Altro settore del Ponente ligure con interessanti caverne ossifere è costituito dall'area del Finalese con i gruppi di Toirano e delle Arene Candide. Al loro studio, fin dalla metà dell'Ottocento, si sono dedicati numerosi studiosi e semplici cultori di paleontologia, di paleontologia e di archeologia. Tra essi spicca la poderosa personalità di ARTURO ISSEL (1842-1922), professore di geologia all'Università di Genova, che nel corso del I Congresso Geografico Nazionale tenutosi a Genova nel 1892 aveva fatto presente ai partecipanti "la convenienza di promuovere l'esplorazione delle caverne d'Italia sotto l'aspetto della topografia, della idrografia sotterranea e della zoologia". Le sue ricerche sono compendiate in due corpose pubblicazioni (ISSEL, 1892, 1908) in cui vengono passate in rassegna le principali cavità ossifere insieme con i materiali che vi sono stati rinvenuti, dai resti ossei di vertebrati e di individui umani, questi ultimi rappresentati in gran parte da sepolture singole o collettive oltre che da una notevole quantità di manufatti. Egli si rifà a lavori personali svolti in molte cavità che rilasciarono resti specialmente di *Ursus spelaeus*, di felini, canidi, roditori, sull'altopiano delle Manie tra cui la Caverna delle Fate e l'Arma delle Manie, attorno al promontorio del Monte Caprazoppa, con la martoriata caverna delle Arene Candide, pochi km a nord di Finalborgo con la Caverna dell'Acqua o del Morto e la grandiosa Caverna Pollera, e ancora nel complesso della Val Varatello noto come le

grotte di Toirano (Tana della Basura con resti di *Ursus spelaeus*, Tana del Colombo con resti di *Arvicula arvalis*).

Queste e tante altre cavità furono esplorate e rilevate da appassionati cultori di scienze preistoriche le cui principali figure sono illustrate in un recente lavoro di ANDREA DE PASCALE presentato al Convegno di Bordighera su "La nascita della Paleontologia in Liguria" (DE PASCALE, 2008). Oltre ad ISSEL sono ricordati PIETRO PERRANDO (1817-1889), NICOLÒ MORELLI (1855-1920), GAETANO ROVERETO (1870-1952), GIOVANNI BATTISTA ROSSI (1859-1909), GIOVANNI BATTISTA AMERANO (1842-1819) e molti altri. A questi nomi potremo aggiungere anche quello di PAOLO BENSA che ci ha lasciato un lungo elenco di grotte (oltre 150) fino ad allora conosciute nelle Alpi e nell'Appennino Ligure (BENSA, 1900). In esso le cavità elencate sono riunite in tre gruppi: Alpi Liguri, "che comprendono tutto il versante dell'Adriatico delle Alpi Ligustiche e Marittime fino alla Bormida compresa, Riviera di Ponente, "che corre dalla Valle del Varo (Nizza) fino alla Valle della Polcèvera (Genova) compresa", Riviera di Levante, "fra la Valle della Polcèvera e la Valle della Magra". Con i dati e i rilievi può considerarsi il primo elenco catastale delle grotte liguri.

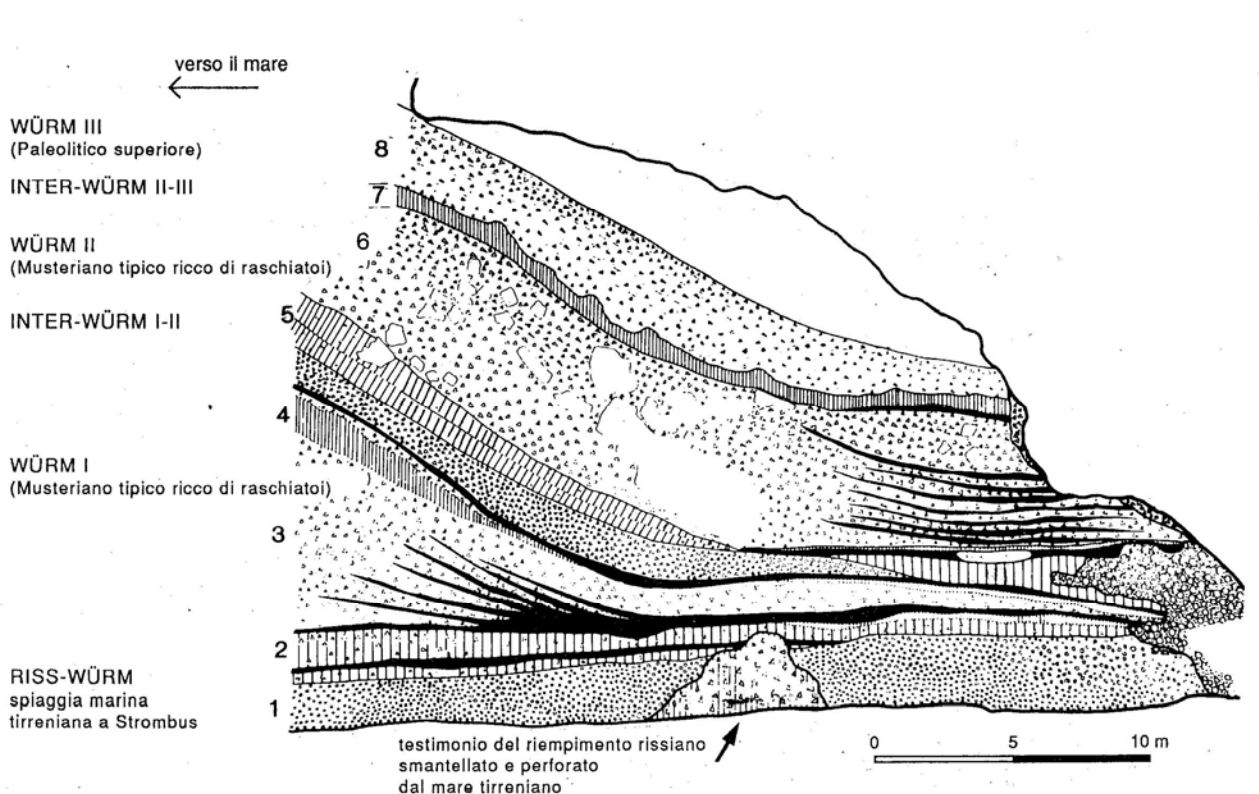


Figura 7. Stratigrafia del riempimento della Grotta del Principe (Balzi Rossi) (da TINÉ, 1983, modif.). 1 – Spiaggia fossile tirreniana con molluschi; 2 – Livello con *Elephas ant.*, *Rhinoceros mercki et al.*; 3 – Strati con *Elephas ant.*, *Hippopotamus major*, *Equus stenorion*, *Leo spelaea et al.*; 4 – pietrame e breccie; 5 – Livelli con roditori e molluschi; 6 – Terra rossa con resti di felini, *Ursus spelaeus* e superiormente fauna di ambiente artico; 7 – Livello stalagmitico; 8 – Resti di fauna con stambecco e lupo (a 22 m circa dal piano base della cavità, ubicato a circa 8 m slm)

Figure 7. Stratigraphy of the sediments into the Grotta del Principe (Balzi Rossi) (after TINÉ, 1983, modified). 1- Thyrrhenian shore with Mollusca; 2 – Layer with *Elephas ant.*, *Rhinoceros mercki et al.*; 3 – Layers with *Elephas ant.*, *Hippopotamus major*, *Equus stenorion*, *Leo spelaea et al.*; 4 - Stones heaps and breccias; 5 – Layer with *Rodentia* and *Mollusca*; 6 – Terra rossa with Felines remains, *Ursus spelaeus* and arctic fauna on the upper part; 7 – Stalagmitic layer; 8 – Fauna with *Ibex* and *Canis lupus* remains (at about 22 m from the basal surface of the cave, placed at about 8 m above the sea level).

Nella fascia costiera ligure di ponente un interesse particolare rivestono le grotte ossifere del territorio spezzino. Qui, alla fine del primo quarto dell'Ottocento (1824) un giovane naturalista pisano, PAOLO SAVI (1798-1871), poi affermato professore di geologia e botanica, penetrò in una grotta con due aperture sovrapposte sul versante sinistro della Val di Vara nei pressi del villaggio di Cassana a breve distanza dall'attuale Borghetto Vara (SAVI, 1825). Nel corso di varie ricognizioni egli raccolse alcune decine di resti ossei di vertebrati, determinandone l'appartenenza a ruminanti, erbivori, carnivori tra cui *Ursus spelaeus*. Sempre nel territorio spezzino, durante la

seconda metà dell'Ottocento operò particolarmente GIOVANNI CAPELLINI (1832-1922), nativo della Spezia e titolare della prima cattedra di geologia istituita presso l'Università di Bologna (1860). Nel 1858 egli visitò la caverna ossifera di Cassana già esplorata dal SAVI e da altri prima di questi che l'avevano depredata di una gran quantità del suo patrimonio paleontologico andato poi disperso (SAVI, 1825). Quindi il Capellini si dedicò alle grotte ossifere prospicienti il golfo della Spezia, come la Caverna di Santa Teresa (con resti di *Hippopotamus amphibius*, cervi, caprioli, roditori, chiroterteri), quella presso Pegazzano alla periferia occidentale della Spezia (CAPELLINI, 1896). Sempre a lui oltre che ad altri si devono ricerche nelle grotte dell'isola di Palmaria che chiude ad ovest il golfo della Spezia. In essa il CAPELLINI si occupò della Grotta dei Colombi (con resti di un centinaio di specie di uccelli nonché di *Gulo borealis* e *Arvicula arvalis*) e della Buca del Bersagliere (con resti di uccelli e piccoli mammiferi, oltre che di *Pyrrhocorax Alpinus*) studiate anche dal paleontologo ETTORE REGALIA (1842-1914) (REGALIA, 1900).

Considerazioni conclusive

Si chiude qui questo viaggio attraverso la storia delle ricerche e delle esplorazioni delle caverne ossifere. E' un viaggio che si è soffermato solo su alcune delle regioni che ne ospitano i siti più significativi e interessanti. Ma altre notizie si possono ricavare da ben note opere storiche, come quelle di ZITTEL (1901) e di SHAW (1992), che sono state di grande aiuto in questa ricerca. Si può dire infatti che ovunque ci siano cavità accessibili alle faune con scheletro osseo nonché agli stessi ominidi, ivi certamente giacciono i loro resti più o meno fossilizzati e cementati da incrostazioni stalagmitiche. Del resto è questa una rassegna che non pretende di essere esaustiva (e infatti non si troveranno qui i nomi di molti illustri paleontologi che si distinsero in questo campo di ricerca), ma vuole solo sottolineare l'interesse verso un aspetto delle scienze paleobiologiche che ben può coniugarsi con la passione per la speleologia. Al tempo stesso è un invito a coltivare un impegno che può fornire indubbi motivi di soddisfazione sia a livello personale che sotto il profilo del progresso delle conoscenze naturalistiche.

Bibliografia

- ABEL O., 1914. *Die vorzeitlichen Säugetiere*, Gustav Fischer, Jena.
- ABEL O., 1939. *Das Reich der Tiere. Tiere der Vorzeit in Ihrem Lebensraum*. Deutscher Verlag, Berlin. Ediz. italiana a cura di L. e G. SCORTECCI, 1944, *Animali del passato*, Mondadori, Milano.
- ACCORDI B., 1984. *Storia della Geologia..* Zanichelli, Bologna.
- AZZAROLI A., 2002-03. *Gli inizi della Paleontologia dei vertebrati in Toscana*. Atti Soc. Tosc. di Sc. Nat., S. A, 108, pp. 125-127.
- BENSA P., 1900. *Le grotte dell'Appennino Ligure e delle Alpi Marittime*. Boll. del CAI, XXXIII, 66, pp. 81-141.
- BLANCA A. C., 1940. *Industrie musteriane e paleolitiche superiori nelle dune fossili e nelle grotte litoranee del Capo Palinuro*. Atti Acc. d'Italia, Rend. Classe Sc. Fis., Mat. e Nat., s. VII, vol. I, pp.602-13.
- BUCLKNAD W., 1823. *Reliquiae Diluvianae*. John Murray, London.
- CAPELLINI G., 1889. *Sulla scoperta di una caverna ossifera a Monte Cucco*. Boll. Soc. Geol. Ital., VIII, pp.274-278.
- CAPELLINI G., 1896. *Caverne e breccie ossifere dei dintorni del golfo di Spezia*. Mem. Acc. delle Scienze dell' Istituto di Bologna, s. 5, VI, pp. 199-215.
- COCCHI I., 1865. *Di alcuni resti umani e degli oggetti di umana industria dei tempi preistorici raccolti in Toscana*. Mem. Soc. Ital. di Sc. Naturali, t. I, 7, pp. 7-38, 4 t.
- CULLINGFORD C. H. D. (ed), 1953. *British caving, an introduction to speleology*. Routledge and Kegan, London.
- DEL CAMPANA D., 1910. *Mammiferi quaternari nella Grotta di Reale presso Porto Longone (Isola d'Elba)*, Mondo sotterraneo, VI, 1-2, 21 p.
- DE LUMLEY H., 2010. *La grande histoire des premiers européens*. Odile Jacob, Paris.
- DE PASCALE A., 2008. *Le prime esplorazioni nelle caverne ossifere del Finalese: tracce, ipotesi e scoperte ad opera di Issel, Perrando, Morelli, Rovereto, Rossi, Amerano...* Atti del Convegno "La nascita della Paleontologia in Liguria ", Bordighera, pp. 233-248.
- DE VILLENEUVE L. ET ALII, 1906-1919. *Les Grottes de Grimaldi (Baoussé Roussé)* [Storia e descrizione, Geologia e

- Paleontologia, Archeologia, Antropologia], Monaco, 2 voll.
- DIEDRICH C. G., 2009. *The rediscovered cave bear "Ursus spelaeus Rosenmüller 1794" holotype of the Zoolithen Cave (Germany) from the historic Rosenmüller collection*. Acta Carsologica Slovacia, vol. 47, 1, pp. 25-32.
- DI PATTI G., CALANDRA V., 2004. *Il censimento del patrimonio paleontologico siciliano*. Il Naturalista siciliano, s. IV, XXVIII, pp. 895-917.
- ESPER J. F., ISENFLAMM J. F., 1774. *Description des zoolithes nouvellement découvertes d'animaux quadrupèdes inconnus et des cavernes qui les renferment etc*. G. W. Knorr, Nuremberg.
- FAUJAS DE SAINT FOND B., 1807. *Description géologique des brèches coquillères et osseuses du rocher de Nice, etc*. Ann. Mus. Hist. Nat., 10, Paris, pp. 409-426.
- FOREL F.-A., 1860. *Notice sur les instruments en silex et ossements trouvés en 1858 dans les frottes de Menton*. Lausanne, 15 p.
- GOLDFUSS a., 1810. *Die umgebung von muggendorf, ein taschenbuch für freunde der natur- und alterthumskunde*. J. J. Palm, erlangen.
- GRAZIOSI P., 1964. *I balzi rossi. Guida delle caverne preistoriche di grimaldi e ventimiglia*. Itinerari liguri, 2, istituto intern. Di studi liguri, bordighera, 4^a ed.
- HILPERT B., KAULICH B., ROSENDAHL W., 2005. *The zoolithenhöle near berggaillenreuth, frankonian jura, southern germany. History of research, geology, paleontology and archaeology*. Abhandl. Naturhist. Gesell. Nuernberg, 45, pp.129-142.
- ISSEL A., 1892. *Liguria geologica e preistorica*. A. Donath, genova, 2 voll.
- ISSEL A., 1908. *Liguria preistorica*. Atti soc. Ligure di storia patria, xl, pp. 5-765.
- LAURETI L. 2013. *Agli albori delle ricerche sul carsismo e la speleologia in italia*. Atto xxi congr. Naz. Di speleologia (trieste 2-5 giugno 2011): "diffusione delle conoscenze", ediz. Univ. Di trieste, pp. 149-159.
- LEIBNIZ G. W., 1749. *Protogaea*, c. L. Scheidt, göttingen.
- MALATESTA A., 1950. *Sulla grotta reale a porto azzurro (elba)*. Rivista di scienze preistoriche, vol. 5, pp. 90-94.
- MANTELL G., 1844. *The medals of creation; first lesson in geology and in the study of organic remains*. H. G. Bohn, london, 2 voll.
- MILIANI G., 1891. *La caverna di monte cucco*. Boll. Del club alpino ital., 25, 58, pp. 287-302.
- NESTI F., 1823. *Note sur l'existence de deux espèces d'ours fossile en toscane, communiquée au prof. Pictet*. Bibliot. Univers. De sc., lettr. Et arts, Genève, vol. Xxiv, p. 206-208.
- OWEN R., 1846. *A history of british fossil mammals, and birds*. Van voorst, london.
- PASSERI G. B., 1775. *Dell'istoria de' fossili dell'agro pesarese, e d'altri luoghi vicini*. Longhi, bologna, 2^a ediz.
- PICCOLI G., 1739. *Ragguaglio di una grotta, ove sono molte ossa di belve diluviane nei monti veronesi, e dei luoghi in quei contorni: e strati di pietra, tra i quali stanno i corni ammoni: e ove si ritrovano altre produzioni marittime impietrite e come in disegno si dimostra*. Fratelli merlo, verona, 42 p.
- REGALIA E., 1900. *Sulla fauna della "buca del bersagliere" e sull'età dei depositi della vicina "grotta dei colombi"*. Archivio per l'antropologia e l'etnologia, xxx, pp. 277-332.
- RIVIERE E., 1871. *Sur les cavernes à ossements des bausses rousse*. C. R. Ac. Sc., 73, paris, p. 350.
- RIVIERE E., 1875. *Faune quaternaire des cavernes des bausses rousse, en italie, dites grottes de mentone*. C. R. Ac. Sc., 81, paris, p.346.
- ROSENMÜLLER J. C., 1796. *Abbildungen und beschreibungen merkwürdiger höhlen um muggendorf im baireuthischen oberlande*. Freunde der natur und kunst, erstes heft, erlangen.
- ROSENMÜLLER J. C., 1805. *Die merkwürdigkeiten der gegend um muggendorf*. J. F. Unger, berlin.
- SAVIP., 1825. *Sopra una caverna ossifera stata scoperta in italia*. Nuovo giornale dei letterati italiani, vol. Xi, 38 p.
- SHAW T. R., 1992. *History of cave science. The exploration and study, of limestonen caves, to 1900*. Sidney speleological society, broadway (australia), 2nd ed.
- SPADONI P., 1790. *Lettera orittografica, al dottor attilio zuccagni, sulle grotte ultimamente scoperte a longone nell'isola d'elba*. Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti, presso giuseppe marelli, milano, t. Xiii.
- TINÈ S. (a cura di), 1983. *I cacciatori paleolitici*. Sagep, genova.

ZITTEL K. A., 1901. *History of geology and palaeontology to the end of the nineteenth century*. Transl. By m. Ogilvie
gordon, walcott, london.

LA FREQUENTAZIONE DELLE GROTTA DELLA GOLA DI FRASASSI E DELLA ROSSA IN ETÀ PRE-PROTOSTORICA TRA RICERCA ARCHEOLOGICA E SPELEOLOGICA.

GAIA PIGNOCCHI ¹

¹ *Archeologa libera ricercatrice, Via Cagli n. 5, 60129 Ancona; gaia.pignocchi@libero.it*

Riassunto

La Gola di Frasassi o del Sentino (Genga-AN) e la contigua Gola della Rossa (Fabriano e Serra San Quirico-AN) sono note per le numerose cavità carsiche costantemente esplorate da gruppi di speleologi e geologi, ai quali spesso va anche il merito di aver segnalato importanti ritrovamenti di carattere archeologico risalenti all'età pre-protostorica.

Grazie alle ricerche, agli scavi e agli studi condotti in alcune di queste cavità dai più importanti studiosi di archeologia nazionale e regionale già dalla fine del 1800 e alle successive segnalazioni da parte di speleologi e geologi di giacimenti ancora inesplorati o di rinvenimenti occasionali, rivelatisi testimonianze archeologiche di grande rilevanza scientifica, è possibile delineare un quadro ricco e dettagliato della frequentazione umana delle grotte, utilizzate come semplici ripari o come luoghi di culto. Archeologi e geologi in collaborazione con la Soprintendenza per i Beni Archeologici delle Marche continuano a fornire un contributo importante in quest'area che racchiude un patrimonio di straordinario interesse naturale e culturale.

Parole chiave: Gola di Frasassi, Gola della Rossa, preistoria, grotte archeologiche.

Abstract

HUMAN PRESENCE IN THE FRASASSI AND RED GORGES: ARCHAEOLOGICAL AND SPELEOLOGICAL RESEARCHES - *The Frasassi Gorge (Genga-AN) and the Gola della Rossa (the Red Gorge) (Fabriano and Serra San Quirico-AN) are known for an high number of caves, continually explored by cavers and geologists, that often reported the discoveries of significant archaeological finds or prehistoric artefacts.*

Thanks to research activities, excavations and studies conducted as early as the end of 1800 by famous national and regional archaeologists, and to reports by cavers of deposits still unexplored or of accidental discoveries of archaeological objects as well, it is now possible to reconstruct a rich and detailed picture of the human presence in some caves, used not only as shelter but also as places of worship.

Archaeologists and geologists in collaboration with the Soprintendenza per i Beni Archeologici delle Marche still make important contributions in this area preserving a rich cultural and natural heritage.

Key words: Frasassi Gorge, the Red Gorge, prehistory, archaeological caves

Storia delle ricerche

L'esplorazione delle grotte naturali è stato uno dei primi campi di ricerca per studiosi e appassionati di "cose antiche" ed è andato di pari passo con la nascita e la storia dell'archeologia preistorica in Italia (Paletnologia) (PIGNOCCHI, 2006) e soprattutto la Gola di Frasassi ha rappresentato un luogo privilegiato che fin dall'inizio (fig. 1) ha visto la collaborazione di soggetti di formazione ed interessi diversi, tra cui naturalisti e geologi, ai quali si affiancarono i primi archeologi preistorici, oltre a studiosi e dilettanti locali, con un intento ancora molto semplicistico di interdisciplinarietà.

Risale al 1872 la prima ricerca all'interno della Grotta della Beata Vergine nella Gola di Frasassi, coadiuvata da LUIGI PIGORINI, il primo grande paletnologo italiano, in compagnia del monsignore AURELIO ZONGHI di Fabriano, poi vescovo di San Severino Marche e di Jesi, del cav. DE BOSIS e del dott. LUIGI PAOLUCCI, importanti naturalisti anconetani. Essi accertarono la presenza, nel fondo e all'imbocco della cavità, di numerosi materiali archeologici attribuibili ad epoche diverse, compresa quella preistorica.

A questo primo sopralluogo seguirono nel 1879 i primi scavi regolari "nella caverna detta di Frasassi", condotti dal geologo, paleontologo e paletnologo GIUSEPPE SCARABELLI (SCARABELLI, GOMMI, FLAMINI, 1880), che operava soprattutto nell'area terramaricola, il primo in Italia ad applicare il metodo di indagine stratigrafica

proprio in una grotta, la Grotta del Re Tiberio nel Parco della Vena del Gesso romagnola, e promotore nel 1883 del 3° Raduno Geologico e Speleologico a Fabriano.

Le ricerche archeologiche nella Grotta della Beata Vergine di Frasassi proseguirono ad opera di INNOCENZO DALL'OSSO, dirigente della Soprintendenza di Marche e Abruzzi dal 1908 al 1920 (scavi Gay 1909 e Messina 1912) e di UGO RELLINI (scavi 1903 e 1910) (RELLINI, 1912; 1932), dal 1928 successore di LUIGI PIGORINI alla cattedra di Paleontologia (Univ. La Sapienza di Roma) (PIGORINI 1895) il quale condusse scavi anche nella Grotta del Prete, nella Grotta delle Moniche (1903, 1910) e nella Grotta del Vernino, in un'epoca storica (1925-1950) che segnata da una netta diminuzione dell'attività di ricerca in ambito pre-protostorico.



Figura 1. La Gola di Frasassi nei primi anni del 1900.

Figure 1. Frasassi Gorge in 1900.



Figura 2. S.M. PUGLISI all'ingresso della Grotta del Mezzogiorno.

Figure 2. S.M. PUGLISI at the entrance of the Mezzogiorno cave.

L'esplorazione archeologica delle grotte della Gola di Frasassi (anche Gola del Sentino) conobbe una vera rinascita agli inizi degli anni '50, grazie alla lungimiranza di GIOVANNI ANNIBALDI chiamato ad assumere la dirigenza della Soprintendenza alle Antichità delle Marche nell'immediato dopoguerra (PIGNOCCHI, 2014a). Proprio a seguito delle numerose segnalazioni del Gruppo Speleologico Marchigiano a partire dal 1951 volle riprendere una campagna di scavi sistematici in alcune grotte della Gola del Sentino (Grotta del Mezzogiorno, Grotta dei Baffoni, Grottone, Grotta Leonardo, Grotta del Carbone, Riparo di Frasassi). Per garantire la correttezza e la scientificità degli scavi si avvalese della collaborazione di due illustri archeologi preistorici, ANTONIO MARIO RADMILLI e SALVATORE MARIA PUGLISI che realizzarono lo scavo simultaneo di due giacimenti (la Grotta dei Baffoni e la Grotta del Mezzogiorno) (Fig 2) per avere un confronto reciproco e immediato delle sequenze stratigrafiche (PUGLISI, 1956; RADMILLI, 1953, 1956).

RADMILLI e PUGLISI, grazie all'aiuto di paleontologi e geologi, diedero per la prima volta allo studio della preistoria marchigiana un'impostazione scientifica e interdisciplinare attraverso le analisi dei sedimenti e dei resti faunistici e vegetali, accompagnate da datazioni ottenute con uno speciale procedimento analitico del contenuto di fluoro nei reperti ossei, utilizzato per convalidare i risultati dedotti dalla sequenza stratigrafica del giacimento e dall'analisi tipologica dei reperti (TONGIORGI 1956). Per la prima volta veniva così superato il dualismo tra archeologi, che basavano le loro ricerche sullo studio tipologico dei materiali, e i naturalisti, che avevano una più ampia visione del rapporto tra uomo ed ambiente grazie all'aiuto delle scienze naturali.

Tra questo gruppo di eccelsi studiosi, si inserì a partire dal 1952, una giovane archeologa, DELIA LOLLINI (LOLLINI, 1956), dal 1955 funzionario della Soprintendenza Archeologica delle Marche che poi diresse dal 1979 al 1991, indiscussa protagonista della rinascita degli studi preistorici e protostorici nelle Marche.

In occasione della riapertura del Museo Archeologico Nazionale delle Marche, nel 1958 si tenne ad Ancona il II Convegno di Studi Etruschi su "I Piceni e la civiltà etrusco-italica" nel quale SALVATORE PUGLISI (1959) e DELIA LOLLINI (1959) poterono proporre un quadro già articolato della preistoria e protostoria marchigiana

sulla base delle ricerche condotte in quegli anni soprattutto nella Gola di Frasassi, finalizzato a ricostruire anche il processo formativo della civiltà picena in un'ottica dinamica dei processi storici.

Dagli anni '60 alla fine dei '70, a seguito della stretta collaborazione tra la Soprintendenza Archeologica delle Marche e l'Istituto di Geologia dell'Università di Ferrara (G. BARTOLOMEI, A. BROGLIO, A. GUERRESCHI), furono avviate campagne di ricerca e studio dei giacimenti paleolitici di Grotta del Prete (scavi 1964, 1966) (Fig 3), Grotta della Ferrovia (scavi BROGLIO-LOLLINI 1966, 1972), e Cava Romita (scavi GUERRESCHI, 1979; si veda BROGLIO & LOLLINI, 1981), che ancora rappresentano siti chiave per la comprensione della periodizzazione del Paleolitico superiore nelle Marche.

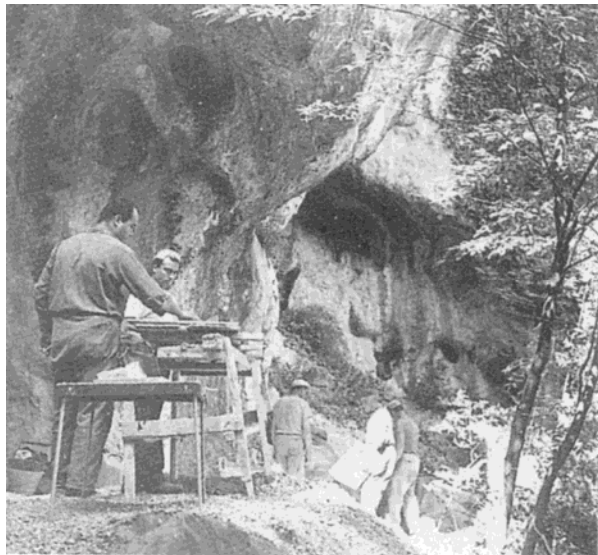


Figura 3. Gli scavi nella Grotta del Prete.

Figure 3. Archaeological excavations in the Priest Cave (Grotta del Prete)



Figura 4. Cranio umano della Grotta della Rossa.

Figure 4. Human skull from Grotta della Rossa.

In quegli anni si inserisce anche il contributo di MAURO COLTORTI, ora direttore del Dipartimento di Scienze della Terra di Siena, allora attivo nel Gruppo Speleologico di Jesi e con un particolare interesse verso le industrie paleolitiche, il quale abbinò all'esplorazione speleologica la segnalazione di alcuni rinvenimenti occasionali nella Grotta Sulfurea (COLTORTI, 1981), nella Grotta del Fiume (COLTORTI & SALA, 1978) e in altre cavità (BOCCHINI, 1990). Di grande interesse inoltre il rinvenimento, alla fine degli anni '80 ad opera del GSM di Ancona e Fabriano, in un ramo della Grotta del Fiume, di un cranio di stambecco deposto su una bassa stalagmite insieme a manufatti in selce intorno al quale sono resti di carboni, le cui datazioni al C14 hanno confermato un'età di 13.500 anni BP. Il campione, prelevato da SANDRO MARIANI (CAI di Fabriano) nel gennaio del 2002, è stato fatto datare al Laboratorio AMS Van de Graff dell'Università di Utrecht da ALESSANDRO MONTANARI (Osservatorio Geologico di Coldigioco) (MARIANI et al. 2007) (tab 1).

Campione	N. laboratorio	Materiale	Massa (g)	$\delta^{13}\text{C}$	Età ^{14}C (anni BP)
EELS-2-02-SDO	11486	carbone	2,36	-26,5	13.550 ± 90

Tabella 1. Datazione AMS al radiocarbonio 14 di residui di carbone prelevati nella Grotta del Fiume.

Table 1. Radiocarbon dating of charcoal samples collected in River Cave (Grotta del Fiume).

Negli ultimi decenni sono diminuite le ricerche programmate nella Gola di Frasassi per concentrarsi con scavi di tutela da parte della Soprintendenza per i Beni Archeologici delle Marche su altri siti del territorio tra i comuni di Genga, Serra San Quirico, Fabriano e Sassoferrato.

A MARA SILVESTRINI si devono gli scavi nella Grotta della Rossa (1997), a seguito di una fondamentale segnalazione dei resti di un cranio umano (Fig 4) e di altri reperti ossei umani le cui datazioni (5225-4034 BC cal) rientrano nell'Olocene antico (COLTORTI et al., 2005; D'AMORE et al., 2005). Da ultimo si colloca lo straordinario recupero della Venere paleolitica di Frasassi (Fig 5), realizzata su un frammento di speleotema, alta poco più di 8 cm, con le braccia protese quasi in segno di offerta. Per stile e proporzioni rientra tra le tipologie delle Veneri del Gravettiano (circa 28.000-20.000 anni fa) (COLTORTI et al., 2012) collegate al culto della fertilità. Potevano rappresentare idoli o amuleti espressamente fabbricati per favorire o proteggere la

riproduzione femminile, utilizzati in occasione di cerimonie e rituali magico-religiosi.



Figura 5. La Venere di Frasassi trovata nella Grotta della Beata Vergine di Frasassi.

Figure 5. Paleolithic Venus figurine found in Beata Vergine di Frasassi cave



Figura 6. Bottone in pasta vitrea e pugnaleto di bronzo dalla Grotta della Beata Vergine di Frasassi.

Figure 6. Glass paste button and bronze dagger from Beata Vergine di Frasassi cave.

Funzione culturale/funeraria delle grotte nella preistoria

Quanto detto introduce un argomento di grande interesse: la funzione che le grotte della Gola di Frasassi e della Rossa hanno avuto nelle varie epoche della preistoria, utilizzate non solo come luoghi di abitazione e di ricovero, ma soprattutto come luoghi di culto e funerari.

Nel Paleolitico superiore con la comparsa dell'*Homo sapiens sapiens* si sviluppa la sfera spirituale (culto dei morti, nascita dell'arte, rituali simbolici e magico-religiosi) con manufatti e rituali che a Frasassi possono essere rappresentati dalla Venere gravettiana della Grotta della Beata Vergine di Frasassi (Fig 5) e dal cranio di stambecco di età epigravettiana della Grotta del Fiume. La deposizione, probabilmente intenzionale, e la scarsità di reperti indica che questo luogo in particolare è stato frequentato per pratiche di culto con valenza simbolica piuttosto che come ricovero per attività di tipo quotidiano.

A partire dal Bronzo Antico e poi soprattutto agli inizi del Bronzo Medio nelle grotte della Gola di Frasassi si ha un notevole sviluppo di manifestazioni rituali anche complesse (offerte votive, culto delle acque, culti agrari, sepolture) spesso connesse tra loro (LUCENTINI, 1997; PIGNOCCHI, 2014b). Le grotte diventano importanti luoghi di culto e rappresentano centri di aggregazione sociale per le comunità del territorio ma anche luoghi di incontro e di scambio per gruppi provenienti dal versante tirrenico e dalla fascia appenninica.

Le grotte rappresentavano un luogo simbolico di confine e di collegamento con il sottosuolo e con il mondo degli inferi, dunque tra mondo reale e mondo ultraterreno nell'ambito di una sacralità ancora di tipo ctonio. In questo senso i rituali avevano tutti una valenza religiosa. Nella parte interna della Grotta della Beata Vergine di Frasassi fu raccolto un pugnaleto di bronzo e un bottone di pasta vitrea turchese (Fig 6), datati al Bronzo Medio 1-2, apparentemente non associati a resti umani, oggetti di prestigio appartenuti in vita ad un personaggio eminente, connotato come un guerriero, ed offerti alle divinità sotterranee (LUCENTINI 1997).

Ritualità legati allo stillicidio delle acque si riscontrano nella medesima grotta e nelle grotte dei Baffoni e del Mezzogiorno dove sono stati rinvenuti vasi decorati (olle e tazze) per raccogliere e per versare o attingere acqua, simili a quelli presenti in altre cavità naturali tra Romagna e Toscana (COCCHI GENICK, 2005) (Fig 7), indicando non solo condivisioni di modelli ceramici ma soprattutto di ideologie rituali e religiose.

Nel Bronzo Medio 3 e nel Bronzo Recente, nonostante il calo di frequentazioni delle grotte nel centro Italia, la Gola di Frasassi non perde la sua importanza come area di culto. Probabilmente legato al culto delle acque è un frammento di vaso del Bronzo Medio 3 dalla Grotta della Beata Vergine di Frasassi, senza escludere anche la probabile funzione di contenitore per offerte. Tracce di frequentazione a scopo rituale sono state rilevate anche

nella Grotta del Prete: si tratta di due vasi integri del Bronzo Recente, una tazza-attingitoio con sopraelevazione cornuta (Fig 8) e un boccale, due tipici recipienti legati alle cerimonie di culto delle acque (LUCENTINI 1997).



Figura 7. Tazze del Bronzo Medio 1-2 dalle grotte della Beata Vergine di Frasassi e dei Baffoni.

Figure 7. Middle Bronze 1-2 cups from Beata Vergine di Frasassi and Baffoni caves.

Nella Caverna dei Baffoni il rinvenimento di un complesso di oggetti per la lavorazione del bronzo (un pugnale a codolo, una forma di fusione, un affilatoio) (Fig 9) sembrano suggerire l'utilizzo della cavità per attività di tipo metallurgico. In questo caso la grotta potrebbe aver assunto una connotazione magico-sacrale legata alla figura stessa del metallurgo, artigiano specializzato che deteneva il segreto della lavorazione del metallo e che poi non a caso sarà divinizzato nella mitologia greca e romana nella figura di Efesto/Vulcano.

Nel Bronzo Finale la Gola del Sentino continua a rappresentare un luogo privilegiato per pratiche rituali non più tanto nelle grotte, ma all'aperto, come risulta dalla vasta necropoli ad incinerazione di Pianello di Genga che rivela una mutata ideologia religiosa volta al trascendente.

Archeologi, geologi e speleologi, in collaborazione con la Soprintendenza per i Beni Archeologici, hanno dunque fornito un contributo importante in quest'area che racchiude un patrimonio di straordinario interesse naturale e culturale. Ora l'obiettivo futuro sarà proprio quello di condividere a più livelli i dati disponibili frutto di anni di ricerche speleologiche, archeologiche e geologiche, integrandoli con nuovi studi e ricerche, e di creare una sinergia tra i vari soggetti che per scopi diversi gravitano in questa straordinaria area carsica nella convinzione che la conoscenza è alla base della tutela e della valorizzazione.



Figura 9. Pugnale e affilatoio del Bronzo Recente dalla Grotta dei Baffoni.

Figure 9. Recent Bronze dagger and stone sharpening from Grotta dei Baffoni

Figura 8. Tazza del Bronzo Recente dalla Grotta del Prete.

Figure 8. Recent Bronze cup from Grotta del Prete.

I materiali, di proprietà della Soprintendenza per i Beni Archeologici delle Marche, sono esposti al Museo Archeologico Nazionale delle Marche e al Museo Speleo-paleontologico e Archeologico di Genga (foto su concessione del Ministero per i Beni e le Attività Culturali – Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici delle Marche).

Bibliografia

BOCCHINI A., 1990. *Le grotte e la preistoria della zona di Frasassi e della Rossa*. In: S. GALDENZI, M. MENICHETTI (eds), *Il Carsismo della Gola di Frasassi*, Memoria Istituto Italiano di Speleologia, **4**, 199-210.

BROGLIO A., LOLLINI D.G., 1982. *I ritrovamenti marchigiani del Paleolitico superiore e del Mesolitico*. Atti 1° Convegno

- sui Beni Culturali ed Ambientali delle Marche, Roma, 27-61.
- COCCHI GENICK D., 2005. *L'area marchigiana nel contesto peninsulare dall'antica alla media età del bronzo*. Atti XXXVIII Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, **2**, Firenze, 581-594.
- COLTORTI M., 1981. *Lo stato attuale delle conoscenze sul Pleistocene ed il Paleolitico inferiore e medio della regione marchigiana*. Atti 1° Convegno sui Beni Culturali ed Ambientali delle Marche, Roma, 63-122.
- COLTORTI M., LEMORINI C., PERESANI M., POLZINETTI S., PIERUCCINI P., SILVESTRINI M., ZAMPETTI D., 2012, *La "Vénus offrant" de Frasassi (Italie centrale): un nouveau type de statuette paléolithique*. In: J.Clottes (ed.) *L'art pléistocène dans le monde / Pleistocene art of the world / Arte pleistoceno en el mundo*. Actes du Congrès IFRAO: 1275-1289.
- COLTORTI M., PIERUCCINI P., BASSETTI M., COUBRAY S., SILVESTRINI M., 2005. *La Grotta della Rossa (S.S. Quirico, Ancona): geomorfologia, stratigrafia, cronologia e aspetti paleo ambientali*. Atti XXXVIII Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, Firenze, 147-159.
- COLTORTI M., SALA B., 1978. *Resti fossili nella Gola di Frasassi*. *Natura e Montagna*, anno XXV, fasc. 1, 37-31.
- D'AMORE G., PACCIANI E., FREDERIC P., 2005. *I reperti scheletrici umani dal Riparo della Rossa a Serra San Quirico (Ancona)*. Atti XXXVIII Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, Firenze, 161-171.
- LOLLINI D., 1956. *Ricerche preliminari e saggi esplorativi nella zona di Frasassi*, *Bull. Paleontologia It.*, **65**, 491-498.
- LOLLINI D., 1959. *Appenninici, protovillanoviani e piceni nella realtà culturale delle Marche*. In: *I Piceni e la civiltà etrusco-italica*. Atti II Convegno di Studi Etruschi Italiani, Firenze, 45-60.
- LUCENTINI N., 1997. *Le grotte della gola del Sentino*. In: M. PACCIARELLI (ed.), *Acque, grotte e dei. 3000 anni di culti preromani in Romagna, Marche e Abruzzo*. Imola, 36-49.
- MARIANI S., MAINIERO M., BARCHI M., VAN DER BORG K., VONHOF H., MONTANARI A., 2007, *Use of speleologic data to evaluate Holocene uplifting and tilting: An example from the Frasassi anticline (northeastern Apennines, Italy)*. *Earth and Planetary Science Letter*, **257**, 313-318.
- PIGNOCCHI G., 2006. *La nascita della Paleontologia ed i primi anni di ricerche preistoriche nelle Marche (1860-1907)*. *Picus*, **26**, 283-340.
- PIGNOCCHI G., 2014a. *La preistoria nelle Marche dal dopoguerra ad oggi*. Atti XLVI Riunione Scientifica "150 anni di preistoria e protostoria in Italia", 573-578.
- PIGNOCCHI G., 2014b. *Luoghi di culto e culto dei luoghi nelle Marche durante l'età del Bronzo*. In: NEGRONI CATAACCHIO N. (ed.), *Preistoria e Protostoria in Etruria*. Atti XI Incontro di Studi, Milano, 349-369.
- PIGNOCCHI G., in stampa. *Dalla terra all'acqua al cielo: simbologia e appartenenza degli oggetti di ornamento dell'età del Bronzo nelle Marche*. In Negroni Catacchio N. (ed.), *Preistoria e Protostoria in Etruria*, Atti XII Incontro di Studi.
- PIGORINI L., 1895, *La Grotta di Frasassi presso Fabriano*. *Bull. Paleontologia It.*, **21**, 109-118.
- PUGLISI S.M., 1956. *Gli scavi nella grotta del Mezzogiorno*. *Bull. Paleontologia Italiana*, **65**, 499-521.
- PUGLISI S.M., 1959. *Le civiltà del Piceno dalla preistoria alla protostoria alla luce delle più recenti scoperte*. In: *I Piceni e la civiltà etrusco-italica*. Atti II Convegno di Studi Etruschi Italiani, Firenze, 29-44.
- RADMILLI A.M., 1953, *Scavi nella grotta dei Baffoni presso S. Vittore di Frasassi*. *Bull. Paleontologia It.*, **63**, 117-130.
- RADMILLI A.M., 1956, *Gli scavi nella grotta dei Baffoni*. *Bull. di Paleontologia Italiana*, **65**, 523-533.
- RELLINI U., 1912, *Osservazioni sull'etnografia preistorica delle Marche*. Atti della Società Naturalisti e Matematici di Modena, IV-V, 79-137.
- RELLINI U., 1932, *Le stazioni enee delle Marche di fase seriore e la civiltà italica*. *Monumenti Antichi dell'Accademia dei Lincei*, **34**, 129-282.
- SCARABELLI GOMMI FLAMINI G., 1880, *Sugli scavi eseguiti nella caverna detta di Frasassi (provincia di Ancona)*. *Memorie dell'Accademia Nazionale dei Lincei*, anno CCLXXVII (1879-80), 78-106.
- TONGIORGI E., 1956, *Osservazioni paleontologiche nella grotta del Mezzogiorno*. *Bull. di Paleontologia Italiana*, **65**, 535-540.

RIVISITAZIONE DI ALCUNE GROTTA STORICHE A VERTEBRATI DELL'AREA DI PALERMO

GIUSEPPE CERESÌA^{1,2}, GIOVANNI SURDI^{2,3}, CAROLINA DI PATTI²

¹A.N.S. "Le Taddarite", Via Terrasanta 46, Palermo; giuseppe.ceresia82@gmail.com

²Museo Geologico "Gaetano Giorgio Gemmellaro", C.so Tukory 131, Palermo; mgup@unipa.it

³Centro Regionale di Speleologia "Enzo dei Medici", Via Lucania 3, Roseto Capo Spulico Stazione (CS); giovanni.surdi@unipa.it

Riassunto

Durante l'ultimo milione di anni, in Europa si sono verificate una serie di glaciazioni, che hanno prodotto nel Mediterraneo un forte abbassamento del livello marino, creando un ponte di terra che univa l'Italia e la Sicilia. Attraverso questo ponte, le faune continentali hanno potuto invadere a più riprese i territori isolani e, in seguito al successivo isolamento, adattarsi al nuovo ambiente, generando due differenti endemismi: nanismo e gigantismo. La maggior parte dei resti fossili di questi animali sono stati ritrovati all'interno di grotte, che agendo come trappole naturali ne hanno accumulato le ossa, custodendole al loro interno. Tali grotte rivestono particolare importanza per lo studio della cronologia dei popolamenti che hanno coinvolto l'Isola durante il Pleistocene, ma anche per la storia relativa alla nascita della paleontologia dei vertebrati in Sicilia. Tra queste citiamo: la Grotta di San Ciro, la Grotta di Maccagnone, la Grotta dei Puntali e la Grotta di Carburangeli. Delle citate grotte le uniche ad essere state salvaguardate e attualmente fruibili sono la Grotta dei Puntali, affidata in gestione ai Gruppi di Ricerca Ecologica, e la Grotta di Carburangeli gestita da Legambiente. Lo scopo del presente lavoro il riesame delle cavità meno note, aggiornando il rilievo e la descrizione, al fine di rendere noto al grande pubblico un patrimonio da salvaguardare per non essere dimenticato.

Parole chiave: glaciazioni, Vertebrati, Pleistocene, paleontologia, nanismo, gigantismo, Palermo

Abstract

REVISITING SOME HISTORICAL CAVES WITH VERTEBRATES IN THE PALERMO AREA - During the last million years, in Europe occurred a series of glaciations, which produced a significant decrease in the Mediterranean of the sea level, creating a land bridge that connected Italy and Sicily. Through this bridge, the continental faunas were able to invade the territories of the island on several occasions and, after the subsequent isolation, to adapt at the new environment, generating two different endemism: dwarfism and gigantism. Most of the fossil remains of these animals have been found in caves, which acted as natural traps where the bones accumulated, and were preserved. These caves are of particular importance for the study of the history of the populations that have involved the island during the Pleistocene, but also for the history of the birth of vertebrate palaeontology in Sicily. Among these are: the Cave of San Ciro, the Cave of Maccagnone, the Cave of Puntali and the Cave of the Carburangeli. The only two caves, between those mentioned, that have been preserved and are currently accessible are: the Cave of the Puntali, managed by Gruppi Ricerca Ecologica, and the Cave of Carburangeli, managed by Legambiente. The objective of this work is to review the less known cavities, updating the cave survey and the description, in order to present to the public a heritage to be safeguarded and not to be forgotten.

Key words: glaciations, Vertebrate, Pleistocene, palaeontology, dwarfism, gigantism, Palermo

Introduzione

La nascita e l'evoluzione delle teorie sul popolamento della Sicilia durante il Pleistocene sono state discusse e verificate più volte nel corso degli anni, grazie alla raccolta e allo studio del materiale fossile rinvenuto all'interno di molte cavità dell'area del palermitano. Una completa bibliografia per le grotte in esame, ma anche per tutti i principali siti fossiliferi a vertebrati della Sicilia Occidentale, è presente in BURGIO et al. (2002), che però prende in esame soltanto i lavori di studio e revisione sistematica dei reperti fossili ivi ritrovati. Gli studi di natura più geologica – speleologica sulla formazione ed evoluzione delle cavità sono quasi assenti oppure si limitano ad una descrizione molto superficiale a causa del vecchio concetto di

raccolta paleontologica che prediligeva uno studio del "contenuto" piuttosto che del "contenitore".

Con il presente lavoro si vuole iniziare un'opera di revisione delle principali grotte fossilifere storicamente note del palermitano, ponendo le basi per uno studio più dettagliato che, a differenza di quanto avveniva in passato, dia particolare importanza all'area circostante tali cavità, di fondamentale importanza per la comprensione delle dinamiche che hanno portato alla formazione e al successivo riempimento delle stesse.

Grotta di San Ciro (SiPa 20)

Notizie precedenti

La grotta di San Ciro (Fig. 1) viene citata per la prima volta da FAZELLO (1558), "...nella rupe del monte è uno speco lungo poco meno di sessanta cubiti e largo venti..." (circa 24 metri di lunghezza per 8 metri di larghezza), attribuendo la scoperta ad opera di PAOLO LEONTINO nel 1547, il quale, scavando le fondamenta di una fabbrica di salnitro riportò alla luce i resti "...d'un corpo humano, ch'era grande forse diciotto cubiti..." (circa 7 metri). I resti ritrovati all'interno della cavità vennero subito attribuiti a uno dei famosi giganti, primitivi abitatori della Sicilia prima della comparsa dell'uomo; da cui il nome originario della grotta, ovvero Grotta dei Giganti. In realtà, LEONTINO aveva trovato un gigantesco deposito di ossa fossili di elefanti e ippopotami che riempiva quasi completamente la cavità.

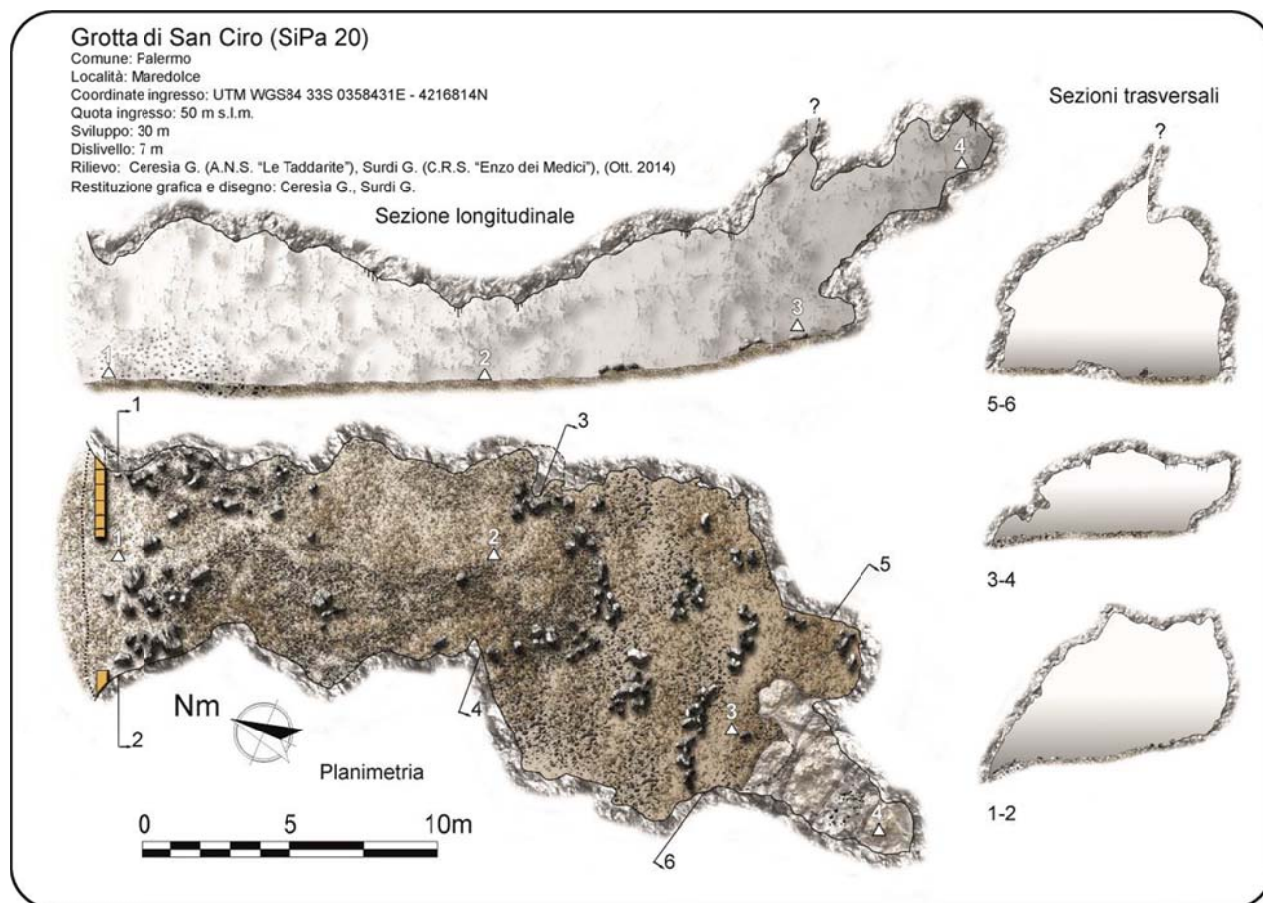


Figura 1. Rilievo della Grotta di San Ciro.

Figure 1. Cave Map of Grotta di San Ciro.

Nei secoli successivi la grotta, vista la sua vicinanza alla città, venne visitata più volte da parte di appassionati, cercatori di tesori o semplici curiosi, i quali asportarono quasi totalmente il deposito fossilifero. Per capirne l'entità, si pensi che FERRARA (1838) riferisce che nel 1830 vennero estratti 400 quintali di ossa in sei mesi, destinati alla lavorazione della canna da zucchero presso gli stabilimenti di Marsiglia.

Dopo questo ennesimo saccheggio il governo borbonico comprese l'importanza del sito e mise fine al commercio clandestino di ossa che si era venuto a creare, incaricando DOMENICO SCINÀ di far luce sulla natura misteriosa di quelle ossa. Egli organizza uno scavo i cui risultati saranno pubblicati l'anno seguente (SCINÀ, 1831) insieme alla prima descrizione della grotta, che tuttavia è analizzata con maggiore accuratezza da TURNBULL (1831) e in seguito descritta da REVELLI (1907) e da PULEO (1930).

Le ultime notizie giungono da MANNINO (comunicazione personale), che la visita alla fine degli anni '40, dicendo che: *“La metà dello sviluppo era interamente svuotato e l'accesso era leggermente in discesa. Trasversalmente il terzo inferiore aveva la forma a V di calcare grigiastro levigato, mentre nel tratto finale il riempimento era circa 3 metri più alto di quello iniziale”*. Al suo ritorno, dopo circa trent'anni, la parte iniziale era stata colmata con fabbricidi e chiusa con un cancello (di cui ancora vi sono le tracce sull'ingresso), e al suo interno era posteggiato un mezzo agricolo (MANNINO, 2008).



Figura 2. (a) Ingresso della Grotta di San Ciro. (b) Cannule sulla volta. (c) Particolare del deposito nel secondo ambiente.

Figure 2. (a) Entrance of the Grotta di San Ciro. (b) Straw stalactite on the ceiling. (c) Detail of the deposit in the second room.

Descrizione della cavità

La grotta si apre ad una quota di 50 metri s.l.m., all'interno delle dolomie della Formazione Fanusi (Lias inferiore; Carta Geologica d'Italia - Foglio 595 Palermo), sviluppandosi per 30 metri con un dislivello di 7 metri. La cavità può essere suddivisa in due parti ben distinte per morfologia e per il tipo di deposito. La prima, abbastanza rettilinea si estende pressappoco dai caposaldi 1-2, mentre la seconda, di forma grossomodo circolare, da quest'ultimo per i restanti metri di sviluppo. L'ingresso ha forma irregolare (Fig. 2a), largo circa 7 metri per 5 metri di altezza. Procedendo verso l'interno lungo la parete sinistra (a entrare) si notano numerosi fori di litodomi che si estendono ad altezza d'uomo per un tratto di circa 3 metri. La parete destra mostra invece tracce dell'antica breccia ossea molto tenace che doveva riempire la cavità all'epoca di SCINÀ, che appare a tratti come spalmature e a tratti come riempimento degli spazi tra le varie concrezioni. Al tetto, si osserva un accenno di stratificazione con immersione Est, completamente annerito per via dei diversi focolari accesi all'interno in epoca storica. Nel suo punto più alto raggiunge circa 6 metri di altezza e si abbassa gradualmente fino a circa 2,5 metri in corrispondenza della sezione 3-4, superata la quale riprende a salire. Subito dopo la sezione 3-4 inizia il secondo ambiente, molto più uniforme rispetto al precedente. Le pareti appaiono più levigate e annerite mentre al tetto spiccano alcune piccole cannule di colore bianco (Fig. 2b). In prossimità del caposaldo 3 il tetto risale lungo un camino molto stretto, raggiungendo il punto più alto misurato a circa 8 metri di altezza. Il detrito presente è molto caotico, una mescolanza di terreno sabbioso e

polveroso con blocchi spigolosi anche di grandi dimensioni (Fig. 2c), all'interno del quale si ritrovano ancora pochi frammenti ossei sparsi inglobati in una matrice calcarea. La grotta termina in un piccolo ambiente in salita a dimensione d'uomo, caratterizzato da pareti levigate a cui si accede attraverso una serie di terrazzini.

Grotta di Maccagnone (SiPa 112)

Notizie precedenti

La prima notizia sulla grotta di Maccagnone (Fig. 3) viene da FALCONER (1868) che la esplora nel 1859, accompagnato dal Professor PORCARI dell'Università di Palermo e dal Barone ANCA, il quale riferirà in seguito (1867) che la grotta era conosciuta fin dal 1830. Il lavoro di FALCONER, se da un lato è molto minuzioso nella descrizione del deposito, tanto da essere preso come riferimento da tutti gli studiosi successivi, dall'altro lascia molto perplessi per la forma della grotta, che non sembra essere quella reale. È da ipotizzare che il rilievo sia in realtà uno schizzo; questo trova conferma nella coincidenza delle misure da lui segnate, che sono all'incirca le stesse misurate in situ (Fig. 4a).

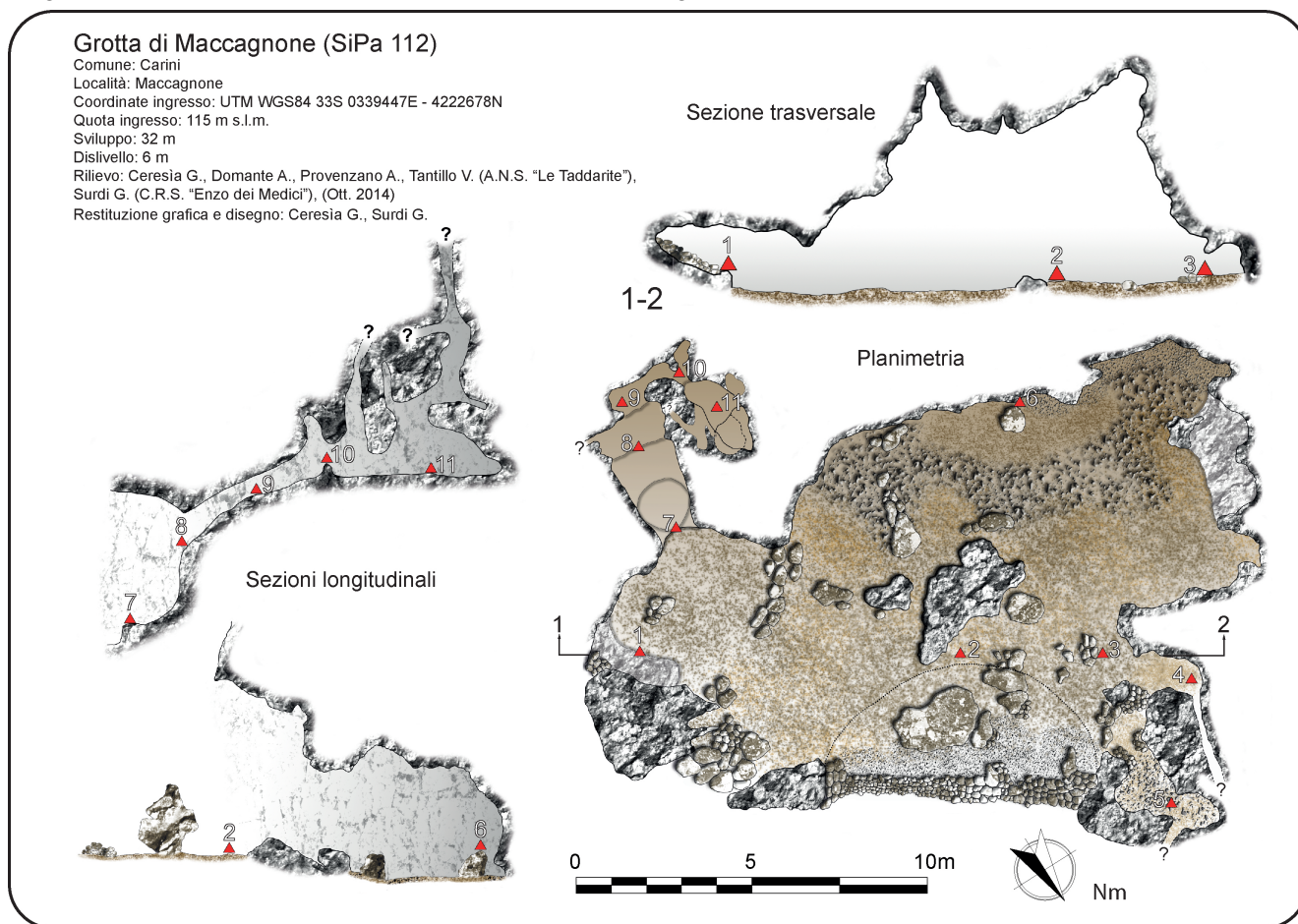


Figura 3. Rilievo della Grotta di Maccagnone.

Figure 3. Cave Map of Grotta di Maccagnone.

Successivamente, l'unica notizia che dia delle informazioni di natura speleologica è un foglio, ritrovato all'interno della scheda catastale della grotta, dattiloscritto da MANNINO su una ricognizione speleologica nei dintorni di Carini, datata 6 Novembre 1955, da cui si intuisce che la grotta è rimasta pressoché nelle stesse condizioni in cui si trova oggi.

Descrizione della cavità

La cavità si apre ad una quota di 115 metri s.l.m., all'interno dei Calcari di Piano Battaglia del Giurassico superiore (Titonico) - Cretacico inferiore (Valanginiano) (Carta Geologica d'Italia - Foglio 594-585 Partinico - Mondello), ha uno sviluppo di 32 metri per un dislivello di 6 metri. L'ingresso avviene attraverso i resti di un muretto a secco che sostiene una rete; la grotta infatti è stata usata per molto tempo come ricovero di ovini e bovini, e questo uso si riflette nel deposito al suolo che è l'esito degli episodi stabulativi che si sono svolti al suo interno. Il sedimento si presenta di colore bruno composto principalmente da resti di deiezioni bovine inglobanti massi di varie dimensioni. Nella zona centrale affiorano grandi porzioni della

roccia di base, lisciata dal passaggio degli animali che vi erano all'interno. La volta all'ingresso è mancante per i primi 3 metri; procedendo verso l'interno dal punto più alto (circa 5 metri) il tetto riduce progressivamente la sua altezza fino a mantenere una media di poco meno di 3 metri. La grotta si sviluppa principalmente nel primo grande ambiente iniziale (Fig. 4b), che presenta una lunghezza massima di circa 15 metri, per una larghezza massima di 10 metri. Sulle pareti sono presenti residui della originaria breccia ossifera esaminata da FALCONER contenente: frammenti ossei, gusci di gasteropodi e frammenti di selce. A sinistra dell'entrata si trova una profonda frattura verticale comunicante con l'esterno, riempita alla base di massi e poco più a sinistra un piccolo ambiente delimitato da altri massi a sostegno di una seconda rete interna (Fig. 4c). All'interno di questa piccola stanza vi è un altro passaggio, un breve e stretto cunicolo chiuso da pietrame, comunicante con l'esterno. Poco più a destra di questo la parete è incavata e modellata a formare un largo e liscio scivolo in cui a circa 2 metri di altezza, inizia uno stretto cunicolo in salita che porta a una saletta di circa 1 mq. Da questa partono in diverse direzioni una serie di strettissime condotte impercorribili, la più lunga delle quali è rappresentata da un camino di circa 7 metri di altezza, probabilmente comunicante con l'esterno, visto il leggero movimento d'aria verso l'alto. Questa osservazione trova conferma nella relazione di MANNINO che osserva del fumo uscire da una fessura sulla parete esterna poco distante, dopo aver acceso un fuoco all'interno della grotta.

Infine, all'estrema destra del primo ambiente, sono presenti due bassi cunicoli che presumiamo comunicanti ma che non è stato possibile verificare per la presenza di una consistente quantità di pietrame sul fondo che occlude il passaggio.

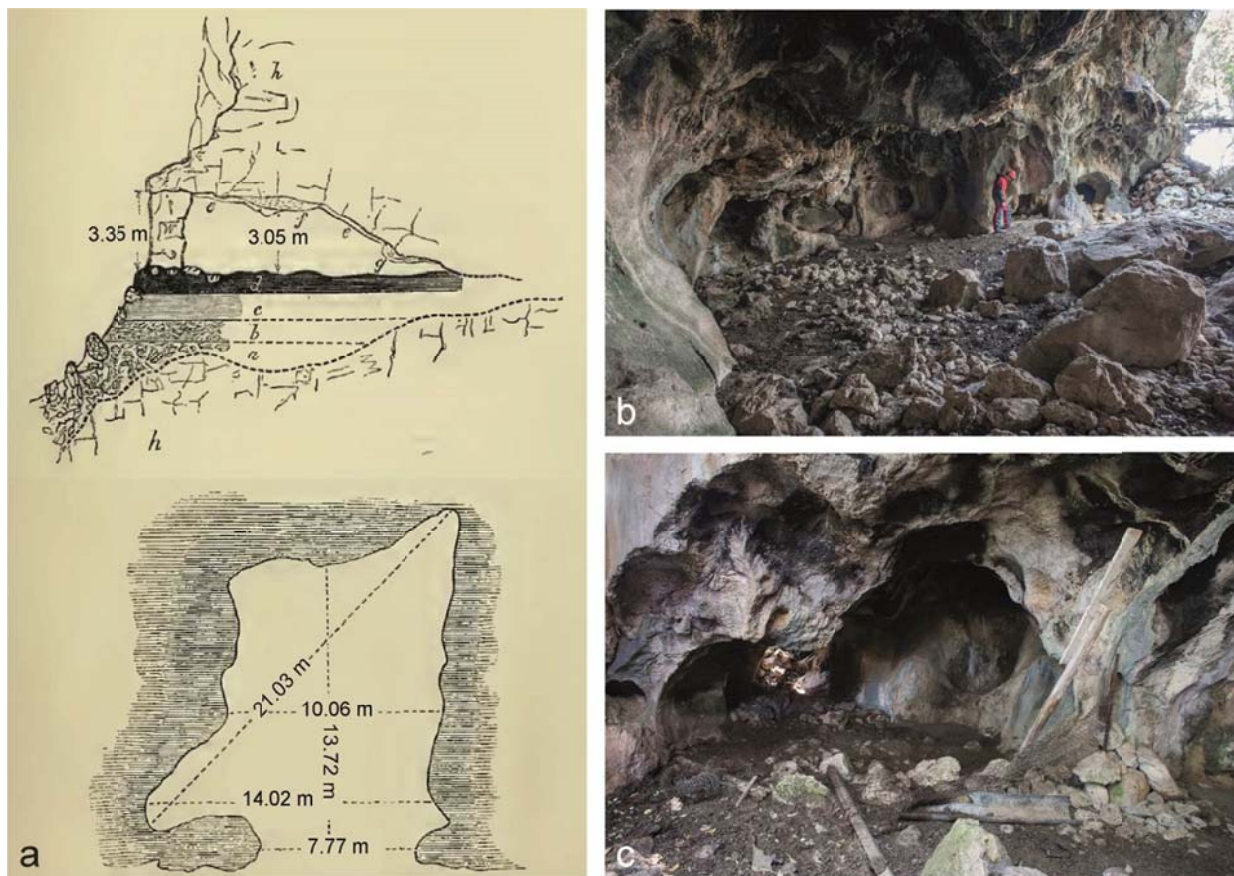


Figura 4. (a) Sezione e planimetria della Grotta di Maccagnone (modificato da FALCONER, 1868). (b) Antro principale; all'estrema destra della foto sono visibili le entrate dei due bassi cunicoli laterali. (c) Stanza laterale sinistra.

Figure 4. (a) Section and plan of Grotta di Maccagnone (modified after FALCONER, 1868). (b) Main room; the entrance of the two low lateral passages are visible to the right end of the photo. (c) Left lateral room.

Conclusioni

La grotta di San Ciro e la grotta di Maccagnone sono due tipici esempi di cavità che dopo l'esaurimento del loro contenuto fossilifero sono state accantonate dal punto di vista scientifico. Gli studi precedenti dimostrano che solo in rari casi si cercò di comprendere le dinamiche che hanno portato alla loro genesi, di

fondamentale comprensione per il loro successivo riempimento.

Nel corso delle operazioni di rilievo è emerso che tutto non si può limitare a un tacito *sic et simpliciter*, affermando, ad esempio, una formazione puramente marina per le grotte in esame. Sia all'interno che all'esterno si notano i segni della presenza di un processo carsico che, se non è stato primario nella loro nascita, sicuramente ha influito notevolmente nella loro evoluzione.

L'esame preliminare di tali cavità ha portato a comprendere la necessità di nuove rivisitazioni con una più ampia visione di insieme, di cui questo articolo vuole essere il punto di partenza.

Ringraziamenti

Gli autori vogliono ringraziare: GIOVANNI MANNINO per i consigli, la bibliografia e i ricordi; ANTONIO DOMANTE, ANGELO PROVENZANO e VALENTINA TANTILLO per l'aiuto durante le operazioni di rilievo della grotta di Maccagnone; il catasto della Federazione Speleologica Regionale Siciliana nella persona di FRANCESCO LEONE per aver fornito le schede catastali delle grotte in esame; FELICE LAROCCA per i suggerimenti sulla restituzione grafica dei rilievi.

Bibliografia

- ANCA F., 1867. *Palaeoetnologia sicula*. Giornale di Scienze Naturali ed Economiche. Palermo, 15 pp.
- BURGIO E., COSTANZA M., DI PATTI C., 2002. *I depositi a vertebrati continentali del pleistocene della sicilia occidentale*. Il Naturalista siciliano, s. IV, **26** (3-4), 229-282.
- FALCONER H., 1868. *On the Ossiferous Grotta of Maccagnone near Palermo*. Palaeontological Memoirs and Notes of late Hugh Falconer, **2**, 543-563; originally in the Quarterly Journal of the Geological Society of London, 4 May and 22 June 1859.
- FAZELLO T., 1558. *Le due deche dell'istoria di Sicilia, traduzione del 1578 dal latino di Remigio Fiorentino*. Libro I, Cap VI, Venezia, 147-148
- FERRARA A.F., 1838. *Storia generale della Sicilia*. Tomo IX, Palermo, 190-207.
- MANNINO G., 2008. *Guida alla preistoria del palermitano. Elenco dei siti preistorici della provincia di Palermo*, Istituto Siciliano Studi Politici ed Economici, 55.
- PULEO R.E., 1930. *La grotta di S. Ciro ed i suoi fossili*, Palermo, 42 pp.
- REVELLI P., 1907. *Le grotte di San Ciro. Le grotte e le caverne dei dintorni di Palermo. Gli studi speleologici in Sicilia*. Sicula, **12**, n. 2-3, , Palermo, 1-18.
- SCINÀ D., 1831. *Rapporto sulle ossa fossili di Maredolce e degli altri contorni di Palermo*. Giornale di lettere scienze ed arti per la Sicilia, T. 33, Palermo, 1-53.
- SOCIETÀ SPELEOLOGICA ITALIANA, FEDERAZIONE SPELEOLOGICA SICILIANA - CATASTO DELLE GROTTA D'ITALIA, SEZ. GROTTA DELLA SICILIA. *Scheda catastale Grotta di San Ciro (SiPa 20) e Grotta di Maccagnone (SiPa 112)*.
- TURNBULL C.A., 1831. *Sur les dépôts récent de la Sicile, et les phénomènes accompagnant leur soulèvement*. Edinburgh New Philosophical Journal, 165-210.

LE ANTICHE MINIERE DI ZOLFO DEL TERRITORIO DI SAPIGNO (RIMINI)

GIOVANNI BELVEDERI^{1*}, MARIA LUISA GARBERI^{1*}, ALESSANDRO GENTILINI¹, SABRINA GONNELLA¹,
OSCAR LEANDRI¹, FABIO PERUZZI¹, ELMIRO POGGIOLI¹, GIOVANNI ROSSI¹

¹ Federazione Speleologica Regionale Emilia-Romagna, Centro Parco "Casa Fantini", via Jussi, 171 Farneto, 40068 San Lazzaro di Savena (BO), Italia. <http://fsrer.it>; e-mail: info@fsrer.it

* Commissione Cavità Artificiali SSI

Riassunto

La Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia-Romagna (FSRER), per il periodo 2014-2015, ha varato un complesso progetto di ricerca dal titolo "Gessi e Solfi della Romagna orientale", che si prefigge di rilevare, documentare e studiare le cavità naturali e artificiali della Romagna orientale. La zona, che si estende dalla valle del Savio (provincia di Forlì-Cesena) fino al nuovo confine regionale con le Marche, ha, dal punto di vista delle cavità artificiali, un importante valore archeologico industriale, storico e sociale per la presenza di numerosissime zone minerarie di estrazione dello zolfo, appartenente alla Formazione Gessoso-solfifera. Il lavoro presenta lo studio effettuato nella zona di Sapigno, comune di Sant'Agata Feltria (provincia di Rimini), sede di un'antica attività mineraria di estrazione dello zolfo, che inizia in maniera documentata nella prima metà del 1500. A Sapigno si sono susseguite numerose ricerche ed estrazioni, in un giacimento che però è sempre stato molto avaro di materiale e che presentava lo zolfo in una giacitura molto dispersa e poco remunerativa. Le ubicazioni delle attività e alcune cartografie storiche sono state georiferite sulla CTR della Regione Emilia-Romagna e controllate in campagna, così ritrovando e rilevando tratti di antiche gallerie e pozzi che testimoniano uno sfruttamento precedente l'uso della polvere pirica.

Parole chiave: Sapigno; Romagna orientale; miniere di zolfo; speleologia in cavità artificiali.)

Abstract

ANCIENT SULPHUR MINES IN THE SAPIGNO TERRITORY (RIMINI PROVINCE, EMILIA ROMAGNA) - The Emilia-Romagna regional speleological Federation launched a complex research project: "Eastern Romagna Gypsum and sulphur", aimed at surveying and studying the artificial and natural caves in Eastern Romagna. The area stretches from Savio Valley (Forlì-Cesena province) to the new border with Marche region. Many important artificial cavities open in the area, that has a big industrial archeology, historical and social value. The mines quarried sulphur from the Gessoso-solfifera Formation. This paper describes the study in the Sapigno area, municipality of Sant'Agata Feltria (Rimini province), for which documentation on sulphur extraction exists since the sixteenth century. The sulphur field was quite poor, therefore the exploitation had alternate lucks. The vein was very disperse and the exploitation unrewarding. Being able to locate the mining activities, and using historical cartography, positioned in the Emilia-Romagna Region topographic maps, ancient galleries were found and surveyed.

Key words: Sapigno; Eastern Romagna; artificial cavities speleology; sulphur mining activity.

Introduzione

La Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia-Romagna (FSRER), per il periodo 2014-2015, ha varato un complesso progetto di ricerca dal titolo "Gessi e Solfi della Romagna orientale", che si prefigge di rilevare, documentare e studiare le cavità naturali e artificiali della Romagna orientale. La porzione di territorio investita dal progetto è stata teatro nei secoli passati da un intenso sfruttamento dello zolfo, con la presenza di più di 30 miniere e moltissime ricerche (SCICLI, 1972). La Miniera dell'Inferno, di cui si occupa il presente lavoro, si apriva in località Sapigno (Fig. 1) nel comune di Sant'Agata Feltria; oggi se ne erano perse le tracce, non ne era più conosciuto il posizionamento geografico, anche perché la miniera aveva cessato le sue attività più di un secolo fa e il territorio non più utilizzato si è rinselvatichito, cancellando completamente ogni testimonianza possibile.

Inquadramento storico

La storia documentata dello sfruttamento dello zolfo nel territorio santagatese inizia nel 16° secolo, sotto la dominazione dei Signori FREGOSO. La testimonianza certa più antica dell'estrazione dello zolfo nel territorio del comune di Sant'Agata Feltria è il documento del gennaio 1542 in cui Marino fu Filippo di Maiano di Sant'Agata promette di lavorare 20.000 libbre di zolfo e di consegnarle al compratore (BATTISTELLI, 1994). Esistono teorie che farebbero iniziare questa estrazione nell'epoca Bizantina e Romana, ma non sono state provate con certezza; l'ing. PARISIO nel 1928 riporta di aver trovato tracce di coltivazione che reputa risalire appunto a tale epoca e che mostrano i primitivi sistemi di estrazione del minerale (DOMINICI, 1931). La storia della Miniera dell'Inferno, in località Sapigno, non è ben documentata come quella della miniera di Perticara, Marazzana o Maiano, anche se non si possono escludere ricerche ed indagini anteriori a quelle di cui si hanno evidenze documentali. Alcune delle più importanti evidenze sono riportate da un Regio Decreto del 9 agosto 1808, che concede il permesso di sfruttamento della miniera per 50 anni a FILIPPO ANGELINI (VEGGIANI, 1995). La municipalità di Sant'Agata Feltria riprende possesso della concessione attraverso un altro Regio Decreto del 1865 (VEGGIANI, 1995). Tra il 1866 ed il 1893 il Comune concede in affitto la miniera ed i lavori a diversi locatari (SCICLI, 1995): nel 1872 l'affittuario è il conte BARTOLOMEO ORSI di Mondovì, che abbandonò l'impresa nel 1880, cedendo i diritti a Don FILIPPO PEDRELLI, che rinunciò nel 1884. Il Comune procedette con le opere fino al 1887, estraendo il poco minerale residuo dalle ricerche precedenti. La concessione venne definitivamente revocata al Comune con Regio Decreto nel 1893. Dal 1872 al 1893 si stima che siano state prodotte ai doppioli 180 tonnellate di zolfo. Nel 1893 il tribunale di Urbino concede all'asta i diritti di estrazione a GREGORIO ZAPPI, in società con GIUSEPPE CELLI, i quali eseguirono solo piccole opere fino al 1897. Nel 1898 non furono eseguiti lavori. Tra il 1902 ed il 1906 vennero effettuate ricerche al confine con la concessione Perticara, attraversando tutta la formazione con una discenderia di 236 metri, dopo aver attraversato a 225 metri uno straterello solfifero seguito con una galleria di 10 m (SCICLI, 1995). In quegli anni, uno scoppio di gas uccide un operaio e ne ferisce un altro; in seguito all'accaduto ed all'esiguità dei risultati i lavori non furono più ripresi. A causa della constatazione da parte dell'Ufficio delle Miniere di inconsistenza dell'avanzamento dei lavori, gli stessi vengono sospesi con Decreto Ministeriale del 11 luglio 1914. Da quel momento non si hanno più notizie di coltivazioni o ricerche svolte nell'area dell'Inferno.



Figura 1. Posizionamento geografico.

Figure 1. Geographical location.

Georeferenziazione della miniera

I riferimenti esatti di dove fosse ubicata la miniera detta Inferno o Solfataria di Sapigno erano andati persi; un testo (SCICLI, 1995) ne riportava le coordinate geografiche, ricavate dalle vecchie tavolette IGM, espresse in gradi, con sistema di riferimento ED50, e origine riferita al meridiano di Monte Mario. La longitudine è stata trasformata con un falso Est, aggiungendo la porzione di angolo che sottende la distanza tra Greenwich e Monte Mario: $12^{\circ} 27' 08,40''$; questa operazione è stata necessaria per poter posizionare la miniera sulla carta tecnica regionale della Regione Emilia-Romagna alla scala 1:5.000 con coordinate planimetriche UTM32 e sistema di riferimento WGS84. Consultando la concessione mineraria a GREGORIO ZAPPI e GIUSEPPE CELLI del 1864, conservata all'Archivio di Stato di Bologna, è stato trovato il "Piano planimetrico dell'ubicazione della Solfataria di Sapigno" che riporta i punti dove si trovavano alcune gallerie e alcuni pozzi (Fig. 2). Il piano è stato scansionato e quindi georiferito, utilizzando alcune case con toponimi presenti nel piano ottocentesco e presenti

ancora oggi sulla moderna cartografia regionale. Con il software ArcGis è stato creato uno shape file con i punti notevoli del vecchio piano, ed è stato possibile stampare una carta con la CTR in scala 1:5000 con i punti del piano.

Ricerca e ritrovamento della miniera

Gli speleologi si sono confrontati con alcuni abitanti della località Sapigno Pietra Bassa, durante il Campo Speleologico che la FSRER ha organizzato nel periodo 25-26-27 aprile 2014 per dare inizio al progetto e si sono

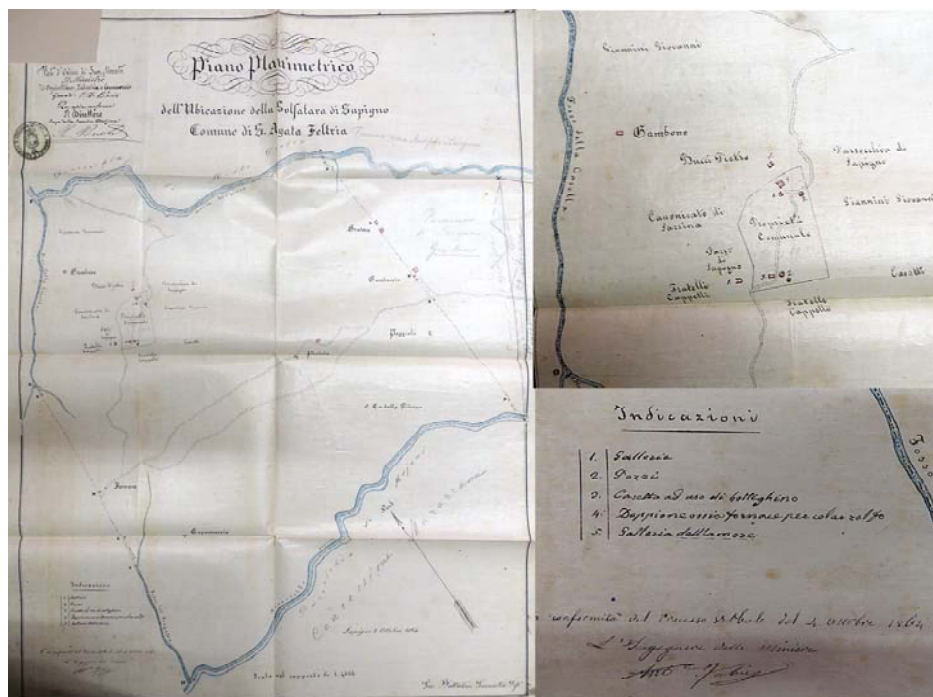


Figura 2. "Piano planimetrico dell'ubicazione della Solfataria di Sapigno", 1864.

Figure 2. Old map of Sapigno Solfataria, 1864.

accordati per effettuare una battuta di ricerca congiunta nella zona indicata dalle posizioni suggerite dal vecchio piano (Fig. 2), che coincideva con la zona che la tradizione orale voleva come ubicazione della miniera scomparsa. Durante la battuta gli abitanti hanno indicato una cavità, che si apriva ai piedi di una paretina di gesso e che si è rivelata quello che resta di una discenderia fortemente in pendenza, purtroppo occlusa da una frana imponente a circa 20 metri dall'ingresso. La cavità è stata rilevata e posizionata. È stata individuata anche una sorgente sulfurea, particolarmente ricca d'acqua (Fig. 3).

Durante la battuta è stata osservata una piccola fessura soffiante aria particolarmente fredda, ai piedi di un altro costone di gesso, in mezzo al bosco (Fig. 3). Effettuato un modesto scavo gli speleologi sono penetrati in una galleria di inequivocabile natura mineraria, fiancheggiata dalla ripiena, parzialmente ostruita da una frana, che rendeva difficoltosa la prosecuzione. A causa della corrente d'aria particolarmente fredda la miniera è stata battezzata "Il Frigo". Un nuovo lavoro di disostruzione ha permesso di continuare la ri-esplorazione in gallerie parzialmente franate, ma che permettevano il passaggio, fino a giungere in un piccolo vuoto di coltivazione, di modeste proporzioni. La saletta si presenta con un fondo inclinato a 45° e circa a metà altezza una forte corrente d'aria fredda ha condotto gli speleologi a una fessura che si è rivelata una piccola galleria intasata, che dopo un breve scavo ha condotto in altre zone della miniera

Si è rivelato particolarmente interessante un altro piccolo vuoto di coltivazione (Fig. 5), nella cui volta sono presenti evidenti tracce di scavo effettuato senza utilizzo della polvere pirica. Naturalmente in altre zone della piccola coltivazione sono presenti tracce di scavo effettuato con barramina e mazza, sicuramente antecedenti all'uso dei perforatori ad aria compressa, essendo cessata l'attività nei primissimi anni del secolo scorso. In una galleria che si diparte dal vuoto di coltivazione è stata rinvenuta una vecchia armatura che sosteneva la volta (Fig. 6), la cui lunghezza piuttosto esigua dimostra che le gallerie fossero anguste. Al termine di una galleria laterale, una frana sbarra il passo, ma lascia passare una debole corrente d'aria.



Figura 3. Posizione della miniera Frigo, della discenderia e della sorgente sulfurea.

Figure 3. Mine Frigo, winze and sulphur source position.

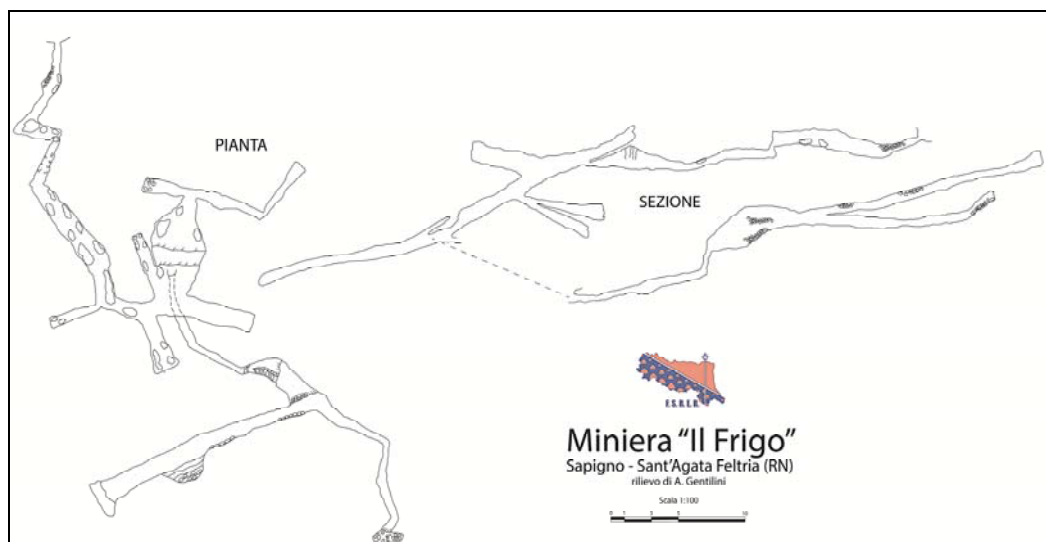


Figura 4. Rilievo della miniera Frigo.

Figure 4. Mine Frigo survey



Figura 5. Vuoto di coltivazione.

Figure 5. Excavation void.



Figura 6. Antica armatura.

Figure 6. Old reinforcement

La ricostruzione 3D

La cavità è stata posizionata sulle mappe CTR e foto aeree (Fig. 3) con coordinate GPS e successivamente rilevata (Fig. 4), la poligonale è stata restituita con il software cSurvey. La miniera ha uno sviluppo di 142 metri lineari, una superficie di 151 metri quadri e un dislivello massimo di 11 metri. Il sistema di calcolo di cSurvey è basato su Therion, un software altamente sofisticato capace di fornire un incredibile numero di funzionalità tra cui quella che consente di ricostruire la cavità in 3D, partendo dalle misure della poligonale (Fig. 7). La miniera 3D è stata agganciata anche al modello digitale del terreno (Fig. 8).

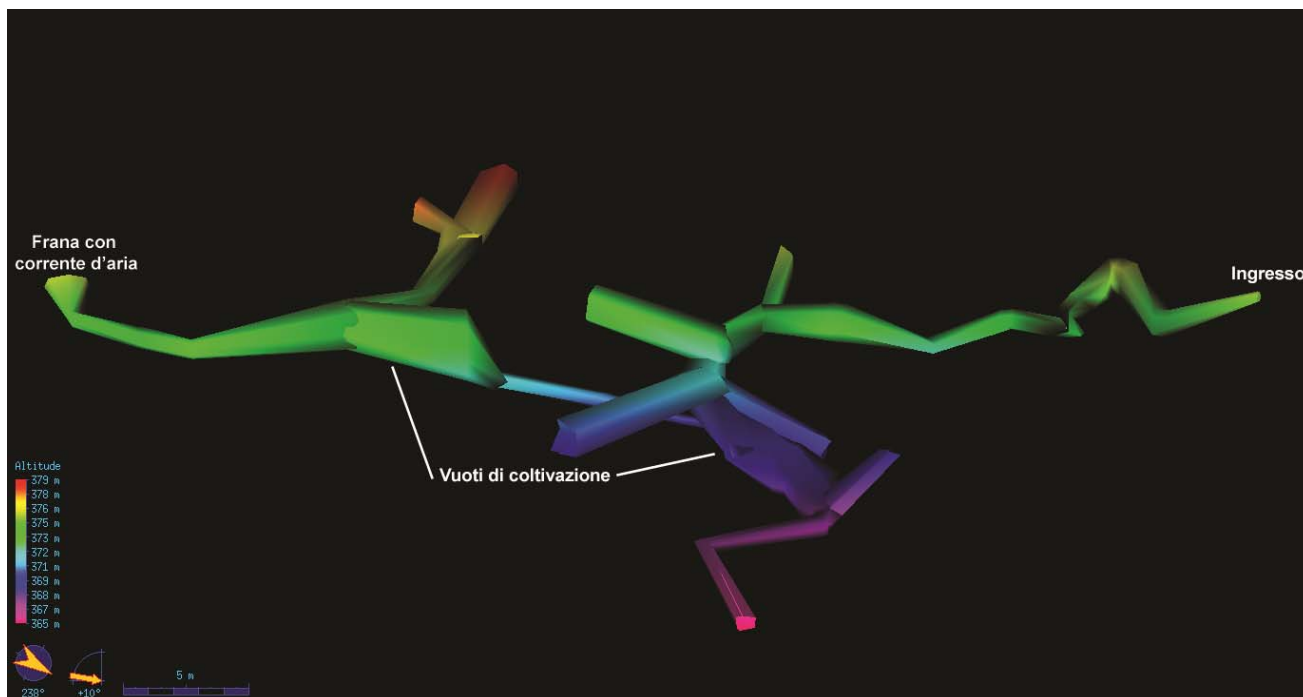


Figura 7. Ricostruzione 3D.

Figure 7. 3D model.

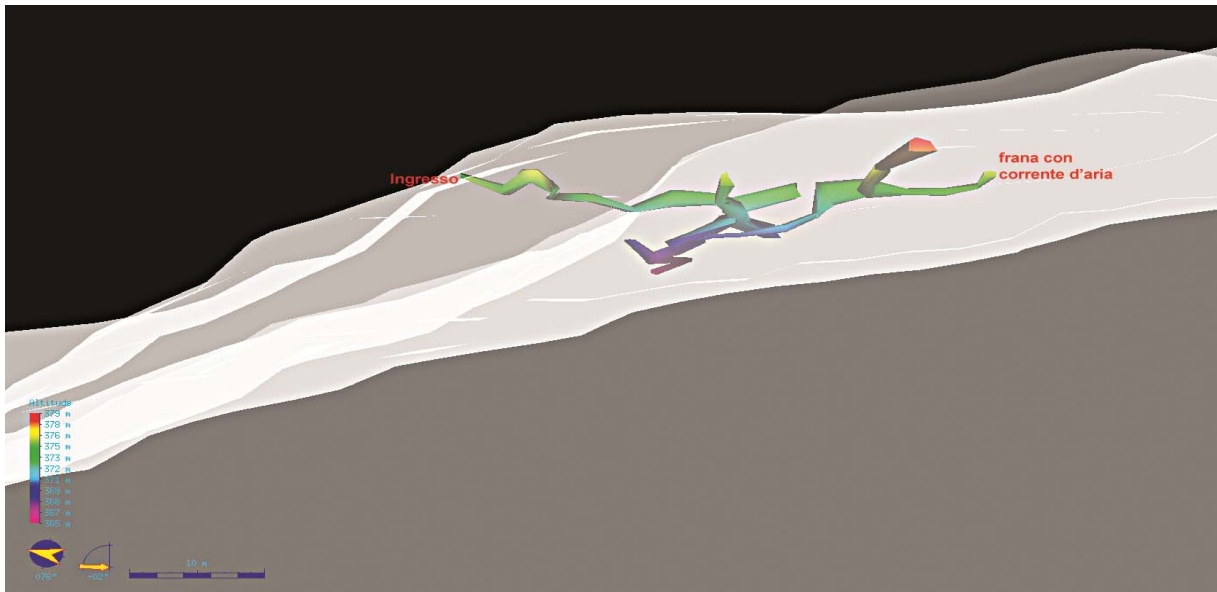


Figura 8. Modello digitale del terreno e galleria.

Figure 8. Slope 3D model and mine tunnel.

Conclusioni

La miniera detta "Il Frigo" faceva parte del sistema di gallerie scavate nella località Sapigno, ma secondo le coordinate ricavate dal testo (SCICLI, 1995) non si posiziona dove è indicata l'antica miniera (Fig. 3). La posizione risultante dalle trasformazioni di coordinate concorda in maniera perfetta con la posizione indicata nelle cartografie pubblicate sul medesimo testo, quindi le trasformazioni sono prive di errori.

La miniera "Il Frigo" è stata ritrovata dagli speleologi utilizzando il piano planimetrico contenuto nella concessione del 1864, i cui punti, georiferiti sulla cartografia regionale odierna distano circa 20 metri dalla posizione GPS misurata (Fig. 3). Considerando che il piano della concessione è molto vecchio, quindi ha subito forti deformazioni col passare del tempo, uno scarto di questa entità è da considerarsi più che accettabile. La concessione del 1864 è riferita alla "Miniera di solfo denominata Inferno", quindi esistono ottime probabilità che "Il Frigo" sia veramente parte del complesso denominato "Inferno", che non fu mai molto grande e neanche molto produttivo, perché lo zolfo era disseminato in piccole lenti, intercalate nei gessi ed il calcare solfifero fu sempre sterile, a differenza di altre miniere, come Peticara (SCICLI, 1995).

Tra gli obiettivi del progetto Gessi e Solfi durante il 2015 ci sarà l'approfondimento della ricerca in campagna di eventuali altre cavità nella zona, già investigata e anche nella zona suggerita dalle coordinate di Scicli, per capire se vi siano altre strutture relitte. Il versante è molto accidentato, funestato da alcune frane che hanno sicuramente occultato le tracce del lavoro minerario; la vegetazione di arbusti e rovi molto intricata rende poco agevole l'esplorazione. Inoltre sarà necessario provare a scavare nella frana dell'unica galleria che ancora presenta una leggera circolazione d'aria.

Bibliografia

- BATTISTELLI M., 1994, *Le miniere di zolfo di Maiano di sant'Agata*, Studi Montefeltrani, Serie monografica, **12**, 5-94.
- DOMINICI L., 1931, *Storia Generale montefeltrana*, Lanciano.
- SCICLI A. 1972, *L'attività estrattiva e le risorse minerarie della regione Emilia-Romagna*, Poligrafico Artioli, Modena, 24-155.
- SCICLI A., 1995, *I bacini solfiferi marchigiani*. In: *Lo zolfo nelle Marche, giacimenti e vicende*, Scritti e documenti, **XVI**, Accademia nazionale delle scienze, Roma, pp. 59-63.
- VEGGIANI A., 1995, *Miniere e ricerche di zolfo a Sapigno*, in *Templari, miniere e pittori nella storia antica di Sant'Agata*, Atti del 1° Convegno di studi storici, Il Ponte.

MAJE E HEKURAVE, LE GROTTI E LE TRADIZIONI DELLE MONTAGNE DI FERRO

RICCARDO CORAZZI¹, LOUIS TORELLI¹, NDOC MULAJ², LUCA ZINI³

¹Commissione Grotte "E. Boegan", Trieste; corazzi@iname.com, louist@alice.it

²Centro Ambientale Alpe, Tirana; management@alpe.al

³Dipartimento di Geoscienze, Università di Trieste – zini@units.it

Riassunto

Da decenni la Commissione Grotte E. Boegan conduce, ultimamente anche con colleghi sloveni e comunque sempre in collaborazione con esponenti del mondo alpinistico e speleologico albanese, varie spedizioni sul massiccio del "Maja e Hekurave" (Albania settentrionale, Gruppo delle Bjeshkët e Nemuna). Congiuntamente alle esplorazioni speleologiche, si è svolta una campagna di rilevamenti geomorfologici e idrogeologici in superficie ed in cavità per una preliminare caratterizzazione dei fenomeni carsici del versante SE del massiccio del Monte Hekurave. Recentemente, si sono svolti a Tirana una serie di incontri con autorità e membri del mondo culturale e scientifico locale per discutere sulle iniziative da prendere per conservare, valorizzare e rendere turisticamente sostenibile l'area del "Nikaj-Merturi" presso il distretto di Bajram Curri, zona geografica che comprende l'area carsica di questo massiccio. Ne è scaturito un programma di lavoro che prevede una approfondita conoscenza dell'idrogeologia della zona, ricerche entomologiche, studi sul folklore, analisi delle possibilità della creazione di un Parco/Zona protetta alpino-speleologica, che valorizzando le bellezze dell'ambiente possa essere di volano ad un rilancio dell'economia locale

Parole chiave: Albania, ambiente, esplorazioni, folklore, spedizioni estero.

Abstract

MAJE E HEKURAVE, CAVES AND TRADITIONS IN THE IRON MOUNTAINS - *Since decades, the Commission Grotte E. Boegan conducts, lately also with Slovenian cavers and always in collaboration with members of the Albanian mountaineering and caving scene, several expeditions to the "Maja and Hekurave" karst massif (northern Albania, Group of Bjeshkët e Nemuna). During the speleological investigations a series of geomorphological and hydrogeological surveys were realized. These allowed a preliminary characterization of the karst phenomena present on the southern side of the Mt. Hekurave massif. Recently, a series of meetings with authorities and members of the local scientific and cultural worlds were held in Tirana to discuss the steps to be taken to conserve, enhance and make sustainable the tourist area of the "Nikaj-Merturi" (Bajram Curri district), the geographical area including this karst massif. The result is a work program addressed at an in-depth knowledge of hydrogeology, entomology, folklore studies, analysis of the possibility of creating a park or protected alpine-caving area, enhancing the beauty of the environment that may be a flywheel to a revival of the local economy.*

Key words: Albania, explorations, environment, water resources, foreign expeditions

Introduzione

Negli ultimi anni l'Albania è cambiata, forse più di ogni altro paese in questo angolo d'Europa, diventando un paese accessibile ed aperto. A scoprire l'eccezionale potenziale speleologico delle regioni alpine albanesi sono stati alcuni club italiani e bulgari all'inizio degli anni '90. L'avventura speleologica albanese degli uomini della Commissione Grotte "E. Boegan" di Trieste inizia nel 1993 (PEZZOLATO, 1993), nonostante le avversità politiche e ambientali, nel pieno delle ultime guerre balcaniche e con le enormi incognite sulle strade e sulle problematiche sociali interne.

In vent'anni di campagne di ricerca, ultimamente effettuate con colleghi sloveni e con la preziosa collaborazione con NDOC MULAJ, presidente dell'associazione ALPE di Tirana, sono state esplorate e rilevate diverse decine di cavità, anche di notevole interesse.

Inquadramento geografico ed avvicinamento

L'area presa in esame si trova nella catena montuosa delle cosiddette *Bjeshkët e Nemuna*, gruppo delle Alpi Dinariche distribuita tra Albania, Montenegro e Kosovo. Il nome di questo esteso e isolato gruppo montuoso ha lo stesso significato espresso sia in lingua slava (*Prokletije*) che albanese, e sta a significare "Montagne maledette", espressione che ben illustra la severità e difficoltà di accesso.

La zona in esame, distretto di Tropojë, si può raggiungere entrando in Albania da N, attraverso il confine montenegrino-albanese di Sukobin-Muriqan oppure, opzione migliore, da E dal Kosovo. Qualunque sia il tragitto prescelto, bisogna mettere in preventiva chilometri di strade non asfaltate, affrontabili solo con un buon fuoristrada e lunghi percorsi a piedi con l'uso di cavalli o muli per il trasporto dei materiali.

Zone carsiche e cavità principali

L'altipiano e le zone d'accesso delle Hekurave, durante le 10 spedizioni effettuate, sono state raggiunte ed indagate da vari versanti, escludendo le vie d'accesso che risultano sostanzialmente inaccessibili. Le migliori soluzioni sono l'accesso da W, con il campo base presso il villaggio abbandonato di Qerec Mulaj (ottimo punto d'appoggio per le esplorazioni in Shpella Zeze e dintorni) e da E, attraverso la valle glaciale del Liqeni Ponarit. Il raggiungimento della zona richiede una giornata intera fra organizzazione e lunghe marce di avvicinamento con i muli (PADOVAN, 2008).



Figura 1. La valle di Qerec-Mulaj: sullo sfondo al centro, l'evidente ingresso di Shpella Zeze (foto archivio CGEB)

Figure 1. The valley of Qerec-Mulaj: on the center of the photo, the clear entrance of Shpella Zeze cave system. (photo CGEB archive)

Zona esplorativa del villaggio di Curraj Eperm

Area individuata nel 1994 presso il villaggio di Curraj Eperm (735 m s.l.m.), situata a SW degli altipiani delle Hekurave. Il villaggio è dominato da NW dal massiccio del Monte Boshit (2366 m s.l.m.). Qui venne esplorata la *Grotta del Perr Boshit*; nella valle di Curraj Eperm, sulle sponde del fiume *Lumi i Currajve-Pajes*, vennero esplorate e rilevate della cavità segnate sulle cartine militari, tra le quali *Shpella e Gjate*, *Shpella Dreles*, *Shpella Lumit*, *Shpella Braunikut* e *Shpella Kakverrit* ma i rilievi ci vennero rubati (in Italia...). Recentemente il Gruppo Speleologico Faentino ha esplorato non distante dal paese la *Shpella Mark*. Nel 2014 è stata riesplorata la *Perr Boshit*, con un più agile avvicinamento dal paese di Teth, ed è stato scoperto un pozzo profondo presso Kakverrit.

Zona esplorativa del villaggio di Qerec Mulaj

Area individuata nel 1994 e rivisitata in tutte le successive spedizioni, zona del campo base principale. Ci sono nei pressi le tre risorgive di *Qerec Mulaj (I, II, III)*, le grotte *Dea*, *FKK* e soprattutto *Shpella Zeze*, il fulcro esplorativo delle ricerche speleologiche. Da tale zona (Fig. 1) si può salire in quota lungo ripidi canali orientati SSW che portano alla sella *Drockes* (2108 m s.l.m.), trampolino di lancio per il plateau sommitale ove sono stati esplorati dei pozzi nel 2006 e nel 2009.

Zona esplorativa del Lago Ponarit

Area parzialmente visitata durante la spedizione scialpinistica primaverile del 2012. Valle di chiara origine glaciale che incide le propaggini SE dell'altipiano del *Maja e Hekurave*, ospita un lago alpino a 1390m s.l.m. Presenti sporadici fenomeni carsici. Attorno al lago ci sono alcune grotte-risorgive fossili.

Zona esplorativa dell'altipiano Est del Maja e Hekurave

Vasta e complessa zona carsica alpina individuata nel 2012 (CORAZZI, 2012) e poco esplorata nel 2013 e 2014. Si sviluppa direttamente sotto la cima del *Maja e Hekurave* e scende verso ESE con pianori e valli con evidenti fenomeni carsici (valli chiuse, doline, pozzi, campi solcati) a quote tra i 2100 e 2400 m s.l.m (Fig. 5). La zona, parzialmente servita da sentieri, è raggiungibile con circa un'ora di cammino dal campo-base situato presso dei ruderi di malghe (*Stanet*) a 2080 m s.l.m. sopra il lago Ponarit; nessuna possibilità di trovare acqua, presenti miniere abbandonate di bauxite. Decine di cavità posizionate, ampi margini esplorativi.

Zona esplorativa dell'altipiano Ovest del Maja e Hekurave

Raggiungibile con 4 ore di marcia dal campo di Qerec Mulaj, attraverso ripidissimi canali senza sentieri; sorgente d'acqua temporanea a 1700 m s.l.m. Parzialmente esplorata nel corso della spedizione del 2009 con un campo di tre giorni, individuati e discesi alcuni ingressi che chiudono in frana con materiale ghiaioso, in ogni caso assolutamente da rivedere in quanto zona di possibile ingresso alto di *Shpella Zeze*.

Zone esplorative minori

Nel corso delle ricerche sono molte le zone indagate, prima, durante e dopo la scoperta di quelle più interessanti. Indagini sia esterne che interne, nelle brevi cavità tettoniche ritrovate, sono state svolte sugli altipiani dei monti *Lucu i Thiut* (2108 m s.l.m.), sul versante E del monte *Dhive* (2334 m s.l.m.), sui versanti N sopra il lago *Liqeni Ponarit* e sui versanti E verso la cittadina di Bajram Curri. Nel versante opposto, ad E nella valle di Dragobi, è stata trovata una grossa risorgiva che probabilmente porta alla luce parte delle acque dell'altipiano dell'Hekurave. Diversi pozzi sono stati visti sugli altipiani tra i monti *Kakise* e *Boshit*. E' stato perlustrato un settore quasi a ridosso delle falde del *Mali Boshit*, un'area ricchissima di ingressi, anche parzialmente ostruiti da neve, tra cui un tavolato caratterizzato da formazioni di conglomerato affacciate su un polje tra i 1400 e 1700 m s.l.m.; a circa 1650m s.l.m. è stato individuato in questa formazione un grande ingresso con una fortissima corrente d'aria in aspirazione, rivelatosi una cavità chiusa a -40 m e con 110 m di sviluppo. Accanto a tale zona, è stato identificato un altro settore di altipiano carsico di estensione circa doppia al precedente, incuneato tra il *Grikati te Hapta* e *sella Drockes*, non raggiunto.

Descrizione della Shpella Zeze (Bira e Zeze)

All'entrata della grotta Zeze, un portale di 20x10 m, esce una forte corrente d'aria fredda proveniente dalle gallerie interne; l'aria è avvertibile già un centinaio di metri prima di giungere al portale. *Shpella Zeze*, risorgenza di troppo pieno del versante SW, è il terzo e più importante sbocco sinora individuato delle acque raccolte sull'altipiano del *Maje e Hekurave*. La struttura è abbastanza semplice: due grosse gallerie di cui la principale (Fig. 2), dopo un primo tratto a NNW prosegue in direzione NNE, è periodicamente interessata da forti piene del torrente temporaneo ipogeo. Nella parte iniziale le dimensioni sono imponenti per una grotta alpina, il letto del fiume è composto da grossi ciottoli arrotondati mentre in certi punti, dove il flusso idrico rallenta, sono presenti depositi sabbiosi a matrice piuttosto fine; lunghi tratti sono interessati da crolli, anche di grandi dimensioni. La grande siccità estiva del 2009 è stata determinante per il superamento di alcuni punti allagati che avevano precluso l'avanzata nelle spedizioni precedenti (TORELLI, 2009). La zona mediana è

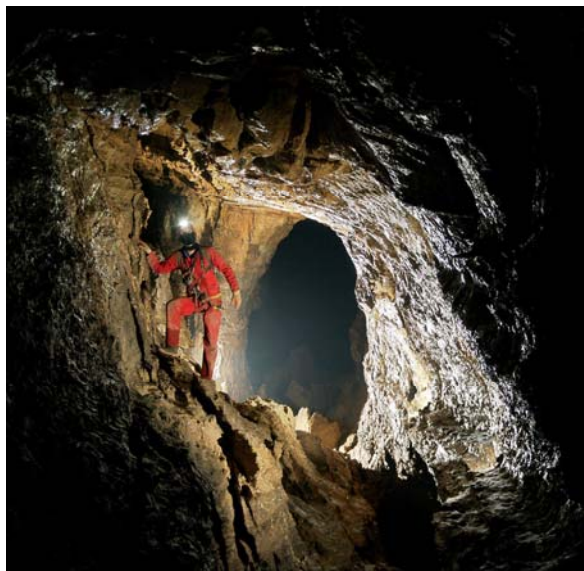


Figura 2. Primi vasti ambienti fossili di *Shpella Zeze* (foto archivio CGEB)

Figure 2. First large fossile spaces in *Shpella Zeze* (photo CGEB archive)

caratterizzata da laminatoi in salita, dei veri e propri *bypass* delle zone inferiori dei sifoni, investiti per di più da un violento turbinio di aria (temperatura 8°C) mista a sabbia finissima.

La galleria principale, dopo una deviazione a NNW, è chiusa dal 3° sifone (Fig. 3); la grotta continua in alto, prima della deviazione dove è presente l'immane, violenta, corrente d'aria. Dopo un tratto in salita e quindi in discesa in cui si dirige a NE, la cavità prosegue in due diramazioni principali, ambedue che si internano verso ESE: il corno superiore e il corno inferiore (SEDMAK & STOPAR, 2009). Entrambi sono costituiti da gallerie in parte tettoniche di 2x2m che in alcuni tratti si trasformano in condotte forzate delle dimensioni di 1x1m: le condotte forzate richiedono la progressione in zone epifreatiche a possibile rischio d'allagamento, quindi d'improbabile esplorazione durante lunghi periodi piovosi e nel disgelo. Il corno superiore è stato oggetto delle recenti esplorazioni che, dopo aver passato una zona ostica (meandro-fessura lungo 20 m), prosegue per oltre 500 m in basse gallerie interrotte da brevi pozzi e risalite, con orientamento sempre verso NE. Diverse diramazioni attendono ancora di essere topografate ed esplorate; nelle ultime punte è stato raggiunto un collettore che precipita

dalle zone superiori ignote dell'altipiano. Allo stato attuale la cavità presenta uno sviluppo planimetrico di 4108 m, dislivelli -66/+53 m.

Il corno destro, rivisto nel corso del 2013, ha dato ulteriori possibilità esplorative nei primi tratti, ove alcune diramazioni secondarie hanno svolto funzione di *bypass* al temibile meandro-fessura del corno superiore: attraverso una condotta di raccordo è stato così aggirato. I due rami in ogni caso, nei tratti terminali, tendono a confluire con direzione E, sovrapponendosi in un reticolo di condottine e meandri ancora da vedere e topografare: il corno destro verso la fine devia decisamente in direzione NNE per 500 m, intercettando un collettore ove si sono temporaneamente fermate le esplorazioni. Tutta questa zona, a circa 6 ore dall'ingresso, si sviluppa a quota -4/+4m dall'ingresso: solo nel tratto finale ci si innalza a raggiungere +52,5 m. Un'altra struttura importante della cavità è quella fossile, diramandosi a 600 m dall'ingresso e proseguente verso W; in questo tratto sono presenti alcune notevoli formazioni calcitiche, e la circolazione d'aria è più "lieve": anche qui un'attenta rivisitazione dei vari passaggi già documentati ha dato soddisfacenti risultati, con la scoperta di circa 300 m di nuovi passaggi.

Rilevamenti geomorfologici ed idrogeologici

Il massiccio del Monte Hekurave con la sua cima di oltre 2500 m s.l.m. rappresenta una delle aree carsiche più interessanti dell'Albania. Durante l'estate 2010 il versante SW del massiccio è stato interessato da una campagna di rilevamenti geomorfologici ed idrogeologici volti ad una preliminare caratterizzazione della carsificazione dell'area (ZINI, 2010). Nell'area affiora una potente successione carbonatica triassica sede di un importante acquifero che alimenta la sorgente del torrente Kuqit.

L'area di ricarica della sorgente è rappresentata principalmente dalle aree sommitali del massiccio dove l'incarsimento della massa rocciosa unitamente all'assenza della copertura del suolo favorisce la rapida e veloce infiltrazione delle precipitazioni. In questo settore le forme carsiche che si osservano sono prevalentemente verticali e si sviluppano lungo i principali lineamenti strutturali dell'area. La presenza di conche e depressioni favorisce l'accumulo delle copiose precipitazioni nevose invernali che, con la fusione estiva, rappresentano una risorsa aggiuntiva durante i periodi siccitosi.

Le acque sgorgano in destra idrografica del torrente Kuqit nei pressi dell'abitato di Qerec Mulaj grazie alla presenza di argilloscisti che creano una barriera al deflusso ipogeo. Al di sopra di tale soglia si rilevano la sorgente ed alcune cavità con funzione di troppo pieno, tra queste la più importante è il complesso ipogeo di *Shpella Zeze*. Il complesso si estende per alcuni km verso NNE sviluppandosi seguendo i piani di strato ed alcune discontinuità orientate NE-SW e secondariamente NW-SE. Solo alcuni settori della cavità sono ben concrezionati, ma per la maggior parte si rilevano morfologie legate al deflusso con condotte, forre e scallops. Il fondo, soprattutto dei rami iniziali dove gli ambienti sono più ampi, è spesso interessato da detriti e crolli anche di notevoli dimensioni presenti soprattutto nei tratti nei quali si intersecano diversi sistemi di discontinuità.

Nei tratti più profondi sono stati rilevati 3 sifoni completamente allagati il più profondo dei quali in connessione idraulica diretta con la sorgente del torrente Kuqit. Gli altri due, come testimoniato dalle ricerche speleosubacquee, sono interessati da acque sospese. Durante le piene più intense gran parte della cavità si allaga in quanto la sorgente del torrente Kuqit non riesce a drenare tutte le acque che velocemente si infiltrano, tanto che talvolta la grotta stessa si attiva come sorgente temporanea di troppo pieno. Durante i periodi siccitosi la sorgente continua a rimanere attiva evidenziando un bacino di alimentazione esteso e la presenza di riserve che sostengono la portata anche nei momenti di magra. Nell'agosto 2010 dopo diversi giorni senza precipitazioni le portate erano superiori ai 500 l/s. Essa rappresenta l'unica alimentazione del torrente che a monte della sorgente risulta in secca.



Figura 3. Galleria d'ingresso al III sifone, *Shpella Zeze* (foto archivio CGEB)

Figure 3. Entrance gallery to siphon III, *Shpella Zeze* (photo CGEB archive)

Le acque sono oligominerali, in facies bicarbonato calcica ad affinità magnesiacca e presentano una bassa conducibilità elettrica peculiare di acque che transitano velocemente all'interno dell'acquifero e quindi non hanno tempo di arricchirsi in soluti. I tenori estremamente bassi di cloruri, solfati e potassio sono tipici di sorgenti carsiche e confermano l'alta qualità delle acque sorgive e l'assenza di inquinamento antropico. Il sistema carsico nel suo complesso risulta di notevole pregio naturalistico scientifico ed ambientale ma è estremamente vulnerabile e per la sua conservazione necessiterebbe di tutele specifiche.

Folklore

Il ricco folklore pervade la vita nella zona: canti, strumenti musicali, abbigliamento, matrimoni e gli arcaici riti funerari testimoniano un'etnocultura unica e affascinante che si tramanda da generazione a generazione: ci sono proverbi, racconti e favole, leggende sui *Kreshnik*, mitici eroi delle montagne, draghi, streghe, malocchio ed altro ancora.

Non ci sono testimonianze che le grotte siano mai state usate in alcun modo dagli abitanti, viste le antiche credenze, secondo cui erano abitate da Fate, Draghi ed altre mitiche creature. Ogni grotta e caverna ha la sua particolare leggenda. In *Bira e Zeze* nessuno era mai entrato fino al nostro arrivo. Qui, si racconta, hanno vissuto e compiute le loro sovrumane imprese MUJI e HALILI (i due eroi mitologici albanesi), e forse qualcosa di vero ci può essere, visto che gran parte delle opere facenti parte del patrimonio spirituale e folcloristico nazionale che parla di loro sono state raccolte in questi luoghi. Si racconta che quando la polvere da sparo fece la sua comparsa, MUJI si sparò a una mano per provare l'effetto di questa novità. Dato che il proiettile lo trapassò, triste perché consapevole della potenza dell'arma che non faceva distinzione di muscoli, e pensando alle sue ormai numerose vittime e alle faide ancora aperte, decise di entrare nella *Bira e Zeze* e di non uscirne mai più! E nessuno lo rivide!

Nikaj-Merturi, Proposta di un progetto per una speleologia rispettosa dell'ambiente

Fra la prima spedizione e l'ultima abbiamo purtroppo notato un notevole degrado ambientale prodotto dal modello di consumismo occidentale introdotto verso la fine del secolo scorso, associato all'abbandono delle masserie più isolate che ha portato, di conseguenza, al disuso di stradine e sentieri montani. C'è il reale pericolo che zone sino a ieri sede di un ecosistema in cui l'uomo era perfettamente integrato, possano divenire oggetto di speculazione e vengano alterate o distrutte come già successo in altre parti del pianeta. Dopo la spedizione dell'agosto 2009, i cui ottimi risultati sono stati implementati fino al 2014, la Boegan ha ritenuto opportuno disciplinare le future ricerche con un piano operativo dei lavori, il "Progetto Nikaj-Merturi" prevedente una serie di azioni, alcune di immediata concretizzazione, altre diluite nel tempo:

- Definizione dei limiti della zona interessata dalle indagini, tramite cartografia, sopralluoghi diretti con strumentazione satellitare, perlustrazioni invernali con gli sci;
- individuazione, esplorazione, rilievo e documentazione fotografica delle grotte;
- indagine geologico-strutturale (in collaborazione con le università di Trieste e di Tirana);
- individuazione dei bacini di raccolta afferenti le varie risorgive, al fine di determinare i vari sistemi idrici e loro collegamenti; caratterizzazione idrogeologica del bacino acquifero carsico;
- ricerche biologiche – entomologiche e speleo botaniche;
- raccolta di informazioni sulla presenza di miti e leggende relativi alle grotte e al fenomeno carsico;
- studio di fattibilità per la creazione di una "Zona Protetta" o "Parco" da destinare alla fruizione ambientale, naturalistica e speleologica, con l'eventuale recupero e salvaguardia della cultura locale attraverso il ripristino dei manufatti rurali ancora esistenti; questo percorso prevede il coinvolgimento di tutti gli enti albanesi preposti e l'aiuto e la consulenza di professionisti per l'attivazione di enti e ministeri italiani
- (stanziamenti della comunità europea).

Questa serie di lavori dovrebbe essere propedeutica alla presentazione al Ministero albanese competente di una proposta per la costituzione di un parco alpino-speleologico, da noi ritenuto indispensabile per la salvaguardia dell'integrità delle bellezze naturali, epigee ed ipogee, di questo settore dell'Albania.

Ringraziamenti

Ringraziamo per il supporto il prof. FRANCO CUCCHI (Dip. Geoscienze, Univ. di Trieste), l'ambasciatore

italiano a Tirana dott. MASSIMO GAIANI, il console italiano a Scutari, dott. STEFANO MARGUCCIO; un ringraziamento speciale al sindaco di Lekbibaj, sig. GESIM MESHI, e con lui a tutti gli abitanti e montanari di Nikaj-Merturi che ci hanno aiutato sugli altipiani carsici della loro affascinante vallata.

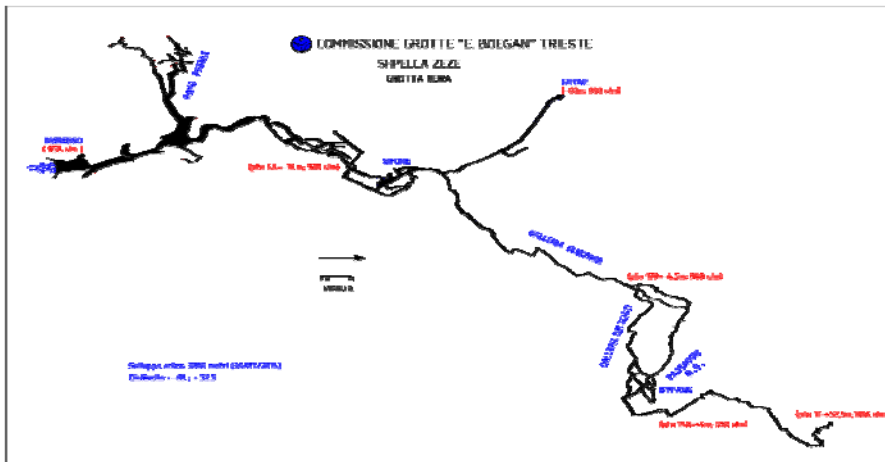


Figura 4. Pianta topografica di Shpella Zeze (immagine CGEB/Diqual).

Figure 4. Topographic plan map of Shpella Zeze cave system (image CGEB/Diqual).



Figura 5. Discesa di un P.60 a 2128 m s.l.m. (foto LUCIO COMELLO).

Figure 5. Descent of a sixty-meter shaft at 2128 m a.s.l. (photo LUCIO COMELLO).

Bibliografia

- COMELLO L., BALZARELLI A., 2011. *Spedizione hekurave settembre 2011*. Progressione, **58**, 85-89.
- CORAZZI R., 2010. *Hekurave mountain caving expedition 2010*. Progressione, **57**, 48.
- CORAZZI R., 2012. *Maja Hekurave, dall'altra parte*. Progressione, **59**, 44-49.
- GHERBAZ P., TORELLI L., 2009. *Descrizione della Shpella Zeze ed estratti dal diario di spedizione*. Progressione, **56**, 81-83.
- PADOVAN E., 2008. *Sui monti di Albania*. Progressione, **55**, 84-95.
- PETRI M., 1996. *Resoconto della spedizione della C.G.E.B. sul Monte Boschit*. Progressione, **34**, 33-37.
- PEZZOLATO P., 1993. *Viaggio nel paese delle aquile*. Progressione, **29**, 49-52.
- SEDMAK I., STOPAR R., 2009. *Slovensko-italijanska jamarska odprava v Albanijo*. Jamar, 40-41.
- SEDMAK I., STOPAR R., 2009. *Spedizione italo-slovena in Albania (hekurave 2009)*. Progressione, **56**, 83-86.
- STOPAR R., 2012. *Hekurave 2012*. Jamar, 36-37.
- TORELLI L., 2009. *Spedizione hekurave 2009 Diario di una spedizione*. Progressione, **56**, 68-81.
- TORELLI L., 2010. *Hekurave 2010*. Progressione, **57**, 52-61.
- TORELLI L., 2012. *Spedizione Nikaj-Merturi 2012*. Progressione, **59**, 51-54.
- TORELLI L., SEDMAK I., STOPAR R., 2010. *Albania 2009 Spedizione Hekurave*. Speleologia, **62**, 46-53.
- ZINI L., 2010. *Shpella Zeze e dintorni, rilevamenti geomorfologici ed idrogeologici*. Progressione, **57**, 76-78.
- Per tutti gli altri riferimenti bibliografici si fa riferimento al sito: <boegan.it>, <nikaj-merturi.com>**

IL MASSICCIO DEL GRIGNONE: UN ESEMPIO DI ESPLORAZIONE CONDIVISA

LUANA AIMAR¹, MARCO CORVI², ANDREA MACONI³, MARZIO MERAZZI⁴,
ANTONIO PREMazzi⁵, PAOLA TOGNINI⁶

¹*Progetto InGrigna!, S. C. CAI Erba, via Novelli 37, Varese; speleolu@libero.it*

²*Progetto InGrigna!, Via Borgo Antico 7, Recco (GE); marco.corvi@gmail.com*

³*Progetto InGrigna!, G. G. Milano CAI-SEM, via Amedeo d'Aosta 5, Milano; andrea.maconi@fastwebnet.it*

⁴*Progetto InGrigna!, S. C. CAI Erba, via Piani 5, Imperia; marziom@email.it*

⁵*Progetto InGrigna!, S.C. CAI Erba, via Novelli 37, Varese; antonio.premazzi@libero.it*

⁶*Progetto InGrigna!, G.G.Milano CAI-SEM, via Santuario Inf. 33/D, Barzago (LC); paolatognini@iol.it*

Riassunto

Il massiccio carsico del Grignone è situato nelle Prealpi lombarde centro-occidentali: anche se l'area non è molto estesa rispetto ad altre zone carsiche d'Italia, le ricerche speleologiche sono in corso da decenni ed il potenziale esplorativo è tutt'altro che esaurito. La densità delle grotte, che si aprono per lo più con pozzi a cielo aperto, è elevatissima, tra le maggiori d'Italia.

La storia delle esplorazioni è emblematica del fatto che la condivisione dei dati e la divulgazione delle conoscenze acquisite sono principi basilari per condurre sistematicamente attività in aree complesse come quella in esame. Negli anni '60 i primi pionieristici lavori da parte di pochi speleologi sono consistiti nell'accatastamento e nel rilievo delle cavità più evidenti. Negli anni '80 invece comincia una frequentazione più regolare e numericamente significativa da parte di vari gruppi lombardi e non solo. Vengono così esplorati importanti e profondi abissi che portano il massiccio del Grignone alla ribalta del panorama speleologico nazionale. Nei decenni successivi tuttavia le attività calano e le ricerche vengono condotte in maniera sporadica da singoli gruppi che talvolta nemmeno divulgano e condividono i dati acquisiti: questo modo di operare ben presto limita le possibilità esplorative stesse e fa calare l'interesse nei confronti dell'area.

Due importanti eventi sono tuttavia destinati a interrompere questa fase di stasi: nel 1998 viene pubblicata un'importante monografia che raccoglie tutte le conoscenze del carsismo profondo e superficiale del Grignone; inoltre a partire dal nuovo millennio – in Lombardia, così come in altre regioni d'Italia – si diffonde una nuova impostazione nella logica con cui vengono condotte le esplorazioni, una mentalità basata sulla reciproca collaborazione e sulla condivisione dei dati. Nasce così il Progetto intergruppi InGrigna!: in 13 anni di ricerche il numero delle cavità note viene raddoppiato, passando dalle oltre 500 del 2002 alle oltre 1000 catastate attualmente; in particolare cambia la visione delle grotte del massiccio, che prima venivano percepite come entità separate e distinte le une dalle altre, mentre ora si configurano nella loro sostanziale unità. Il Complesso del Grignone è scaturito dalla giunzione di ben 14 grotte e, con una profondità di poco inferiore ai 1200 m e uno sviluppo superiore ai 20 km, può essere considerato una delle grotte più estese ed importanti della Lombardia, oltre che la più profonda.

Parole chiave: esplorazione, Lombardia, Grignone, Progetto InGrigna!

Abstract

THE KARSTIC MASSIF OF GRIGNONE: AN EXAMPLE OF SHARED EXPLORATION - *The massif of Grignone is located in the Lombardy Prealps. Although the area is not very large compared to other karst areas in Italy, after decades of speleological exploration there is still potential for new discoveries. The density of caves, which usually have a pit entrance, is among the highest in the country.*

The history of the speleology in Grigna underlines the fundamental importance of sharing the data and disclosing the knowledge about caves to effectively undertake a speleological activity in complex areas like this one. In the 60's the cavers that first pioneered on this mountain surveyed only the most conspicuous caves, and registered them in the cave cadastre. In the 80's the caving activity in Grigna became more regular, involving a larger number of speleologists from several caving clubs in Lombardy and other parts of Italy. The first important explorations are from these years. The discovery of deep caves made of Grignone the area with the deepest caves in Lombardy and one of the most important in Italy. In the following years there was a decline of

activity, due to the lack of new discoveries. The speleological research was carried on by small groups that sometimes did not even communicate their finds, and did not share the acquired knowledge. This closed approach hampered the explorations, and the caving interest in the area dropped.

Two events concurred to end this phase of low interest. The first was a milestone work collecting all the knowledge about the karst of the Grignone, published in 1998. The second was the new approach to cave exploration that began with the new millennium, in Lombardy as well as in other regions, based on the collaboration in the explorations, and in knowledge and data sharing. The Project InGrigna! was born out of this new frame of mind. In 13 years the number of known caves doubled, from about over 500 in 2002 to over 1000. Most importantly, following the discovery of several connections between the major and deepest caves, the caves were no longer regarded as separate entities, but as part of a system. At the moment the Complesso del Grignone, collecting 14 caves, with a total length over 20 Km, and a depth of almost 1200 m, is one of the longest caves in Lombardy, and the deepest of the region.

Key words: exploration, Lombardy, Grignone, Project InGrigna!

Inquadramento

Il massiccio delle Grigne (Lombardia – Lecco) rappresenta la parte più occidentale delle Alpi Orobie. La sua complessa struttura geologica può essere semplificata come il sovrascorrimento da N verso S di quattro scaglie (Grignone, Grignetta, Coltignone e una quarta scaglia sepolta che costituisce il sottosuolo della città di Lecco). Tutte le scaglie presentano una stratigrafia pressochè analoga. La parte superiore è costituita da grandi bancate di Calcarea di Esino, interdipendenti con gli strati più sottili della Formazione di Buchenstein e di Wengen e con i calcari scuri e ricchi di sostanza organica della Formazione di Perledo-Varenna, che appoggiano sul Calcarea di Angolo, a stratificazione sottile. Questa situazione fa sì che ogni scaglia si comporti come una struttura idrogeologica indipendente. La scaglia della Grigna settentrionale in particolare risulta sovrascorsa su quella della Grignetta all'altezza del Buco di Grigna ed è caratterizzata da una struttura sinclinale a scala chilometrica immergente da SE verso NW.

Le forme carsiche di superficie (doline, campi solcati, *bogaz*, etc.) sono largamente diffuse e oltre i 2000 m s.l.m. risultano facilmente visibili a causa dell'assenza di copertura vegetale. L'area sommitale in particolare presenta una delle più elevate densità di ingressi, spesso costituiti da pozzi a cielo aperto, dell'intero territorio nazionale.

Ricerche e esplorazioni

Nonostante i fenomeni carsici più vistosi (Fiumelatte e Ghiacciaia del Moncodeno) fossero stati indagati già da eminenti naturalisti del passato, la ricerca speleologica sistematica del massiccio delle Grigne prende avvio solo nel secondo dopoguerra. Sono tre soci del Gruppo Grotte Milano CAI SEM i primi a redigere un elenco catastale della Grigna settentrionale comprendente 67 cavità. Uno di essi sviluppa l'argomento qualche anno più tardi nell'ambito di una tesi di laurea (SERVIDA, 1954). Questi primi lavori innescano nel gruppo l'interesse per l'area. Nei tre decenni successivi (1950-70) il G.G.M. si fa così promotore di diverse campagne di ricerca concentrando la propria attività in Moncodeno, ovvero il versante settentrionale della montagna più semplice da percorrere (BINI et al., 1977). I mezzi rudimentali con cui le esplorazioni vengono condotte, le difficoltà di avvicinamento e una scarsa dose di fortuna fanno sì che in trent'anni di attività non vengano percorsi abissi la cui profondità supera i 200 m. L'aspetto di gran lunga più importante di queste ricerche tuttavia riguarda la cartografia dell'area che rappresenta ancora oggi un riferimento per le ricerche speleologiche. Gli speleologi milanesi, con un lavoro durato diversi anni, topografano accuratamente il territorio riportando in carta tutte le forme carsiche presenti (FOCARILE et al., 1960). La grande maggioranza delle grotte catastate viene inoltre individuata univocamente scrivendo a vernice il numero di catasto in prossimità dell'ingresso. Per contro la topografia degli ambienti ipogei viene eseguita in maniera meno attenta: di diverse cavità infatti viene realizzato solo un rilievo speditivo e di uno dei maggiori abissi (Abisso sul Margine del Medio Bregai) viene stesa solo la sezione.

Gli anni '80 segnano un momento di svolta per quanto riguarda la conoscenza sotterranea dell'area. Vengono individuati numerosi abissi che, grazie alle tecniche di progressione su sola corda diffuse a partire dagli anni '70, sono rapidamente esplorati e percorsi fino a ragguardevoli profondità. Vale la pena ricordare l'esplorazione di Maron Glaces, avvenuta tra l'81 e l'83, che permette di superare per la prima volta nel massiccio la profondità di -500 m e, sul finire degli anni '80, di W le Donne, il primo -1000 dell'intero arco alpino italiano che rappresenta tutt'ora la parte più profonda del Complesso del Grignone. Nel corso dei primi anni '90 le

scoperte si susseguono con lo stesso ritmo. Alle esplorazioni partecipano numerosi speleologi italiani e stranieri senza una precisa organizzazione tra i soggetti impegnati. Questa mancanza di coordinamento si rispecchia nella qualità della documentazione e della topografia. Diverse grotte, talvolta anche significative (Prudenza Sempre, Viakal, Ghiaccio Bollente, Gambaresa) sono state percorse, ma non rilevate; di altre la topografia è palesemente incompleta (Il Tigre, I Ching). Verso la metà degli anni '90 si verifica un tentativo di creare un coordinamento tra gli speleologi interessati alle esplorazioni del massiccio senza però riuscire a dare continuità al progetto.



Figura 1. L'area sommitale della Grigna settentrionale presenta una delle più elevate densità di ingressi dell'intero territorio nazionale. Nell'immagine l'ingresso dell'abisso Giordano (foto A. FERRARIO).

Figure 1. The top area of Northern Grigna has a density of cave entrances among the highest in the whole country. In the picture the entrance of Abisso Giordano (photo A. FERRARIO).

Nel 1998 viene dato alle stampe il libro "Il carsismo del Moncodeno" a cura di A. BINI e A. PELLEGRINI. La pubblicazione, oltre a fare il punto sulla conoscenza geologica e speleologica del massiccio delle Grigne, riporta l'elenco catastale completo di tutte le grotte esplorate, comprensivo di rilievo dove esistente. Quest'opera rappresenta un punto di riferimento fondamentale per chi si avvicina per la prima volta all'area carsica con l'intenzione di svolgere nuove ricerche. Questa condizione si verifica proprio negli anni immediatamente successivi quando nuovi, giovani soggetti iniziano a frequentare la montagna. Sono i soci di Speleo Club CAI Erba e Speleo Club Valceresio, in particolare, a riprendere le ricerche speleologiche nell'area dopo un brevissimo periodo di relativa stasi (FERRARI, 1999). I risultati iniziali sono modesti, fino a quando gli Erbesi hanno un'intuizione che si rivela fondamentale per la conoscenza sotterranea dell'area: estendere le ricerche in maniera sistematica anche al circo di Releccio, il versante lago della montagna, che si presenta molto più impervio del Moncodeno.

Nel breve volgere di qualche uscita vengono individuati gli ingressi di numerose cavità. Una settimana di ricerche rende evidente agli scopritori che per proseguire le esplorazioni non bastano le risorse e i materiali di un singolo gruppo. Con una decisione ponderata, ma in alcuni casi non scevra di polemiche, estendono quindi l'invito alla collaborazione a tutti gli speleologi interessati.

Il 2002 è l'anno di nascita di Progetto InGrigna!, l'associazione informale che unisce tutti i gruppi e le persone interessate all'esplorazione del Grignone sotterraneo. Uno dei primi risultati tangibili ottenuti riguarda i dati catastali. Sull'esempio della pubblicazione del 1998 vengono infatti recuperati, oltre ai disegni, anche i dati di poligonale dei rilievi. Per gli abissi più importanti i cui dati sono andati perduti, quando possibile, vengono

desunti dei dati fittizi dalla restituzione. I dati di poligonale così costituiti vengono gestiti tramite il software Compass. L'immagine d'insieme ottenuta con questo programma rende ancor più evidente come ogni singolo fenomeno carsico esplorato rappresenti solo una piccola parte di un grande e complesso sistema e mette in evidenza la tridimensionalità dei vuoti all'interno della montagna.



Figura 2. La morfologia più diffusa all'interno degli abissi della Grigna settentrionale è costituita dai pozzi, spesso anche di grandi dimensioni e profondità. Nell'immagine il pozzo di 35 m dell'Abisso Viakal (foto M. GEROSA).

Figure 2. Shafts, often large and deep, are the most common feature that can be observed in the caves of Northern Grigna. In the picture a 35 m pit in Abisso Viakal (photo M. GEROSA).

L'entusiasmo per la nuova iniziativa garantisce nei primi due anni di attività una notevole presenza numerica che diminuisce sensibilmente nel corso degli anni successivi. Il progetto di ricerca prosegue comunque, sempre mantenendo una certa vitalità, tanto che durante il mese di agosto è sempre stato organizzato un campo esplorativo aperto a tutti gli interessati della durata di due settimane.

La diffusione delle tecnologie informatiche ha contribuito in maniera determinante allo sviluppo del progetto. In particolare nel 2006 viene creata una lista mail per facilitare le comunicazioni tra gli esploratori. La lista si rivela presto uno strumento fondamentale per organizzare le attività di ricerca e condividere le esperienze e i risultati. Inoltre l'informatizzazione delle conoscenze (oltre ai dati catastali anche le descrizioni, i rilievi e la documentazione video-fotografica) ne facilita enormemente la diffusione (AIMAR et al., 2006).

Particolare cura è dedicata fin dall'inizio del progetto alla divulgazione dei risultati esplorativi ottenuti attraverso la realizzazione di diversi articoli e filmati. Nel 2007 viene realizzato un sito internet dedicato alle esplorazioni speleologiche nel massiccio delle Grigne e dal 2008 è attivo un notiziario aperiodico in formato elettronico, "La Grigna al Contrario". Negli ultimi tre anni si è intensificato il tentativo di comunicare i risultati delle esplorazioni speleologiche anche alla comunità locale. L'invio di comunicati stampa in occasione delle esplorazioni più significative ai giornali locali sembra ottenere un buon riscontro, garantendo la pubblicazione di articoli formalmente corretti.

Al di là delle esplorazioni effettuate l'approccio alla ricerca attuato da Progetto InGrigna! ha dei meriti incontestabili:

- i dati di rilievo sono raccolti in maniera abbastanza uniforme e fluiscono costantemente nella banca dati della Federazione Speleologica Lombarda, incrementando il patrimonio di conoscenze acquisite. Il curatore si fa

- carico di distribuire rapidamente gli aggiornamenti a tutti i soggetti interessati. Questo permette a chiunque di avere una visione complessiva dello stato delle esplorazioni ipogee della montagna;
- i materiali d'armo che raggiungono le pendici della montagna diventano comuni e normalmente vengono portati a valle solo nel momento in cui vengono dismessi. Questo permette di avere a disposizione un parco materiali che viene incrementato di anno in anno. In questo modo diverse esplorazioni possono essere condotte simultaneamente e possono essere affrontati riarmi molto onerosi in termini di materiali, come ad esempio quello di W le Donne;
 - la diffusione delle conoscenze e l'unità di intenti permette di contribuire in maniera determinante alle esplorazioni anche a speleologi che frequentano la montagna in maniera sporadica. Non è un caso se negli ultimi quattro anni hanno partecipato alle esplorazioni anche una trentina di speleologi polacchi; proprio da una loro iniziativa ha preso avvio una delle esplorazioni più significative tutt'ora in corso (Abisso delle Spade).

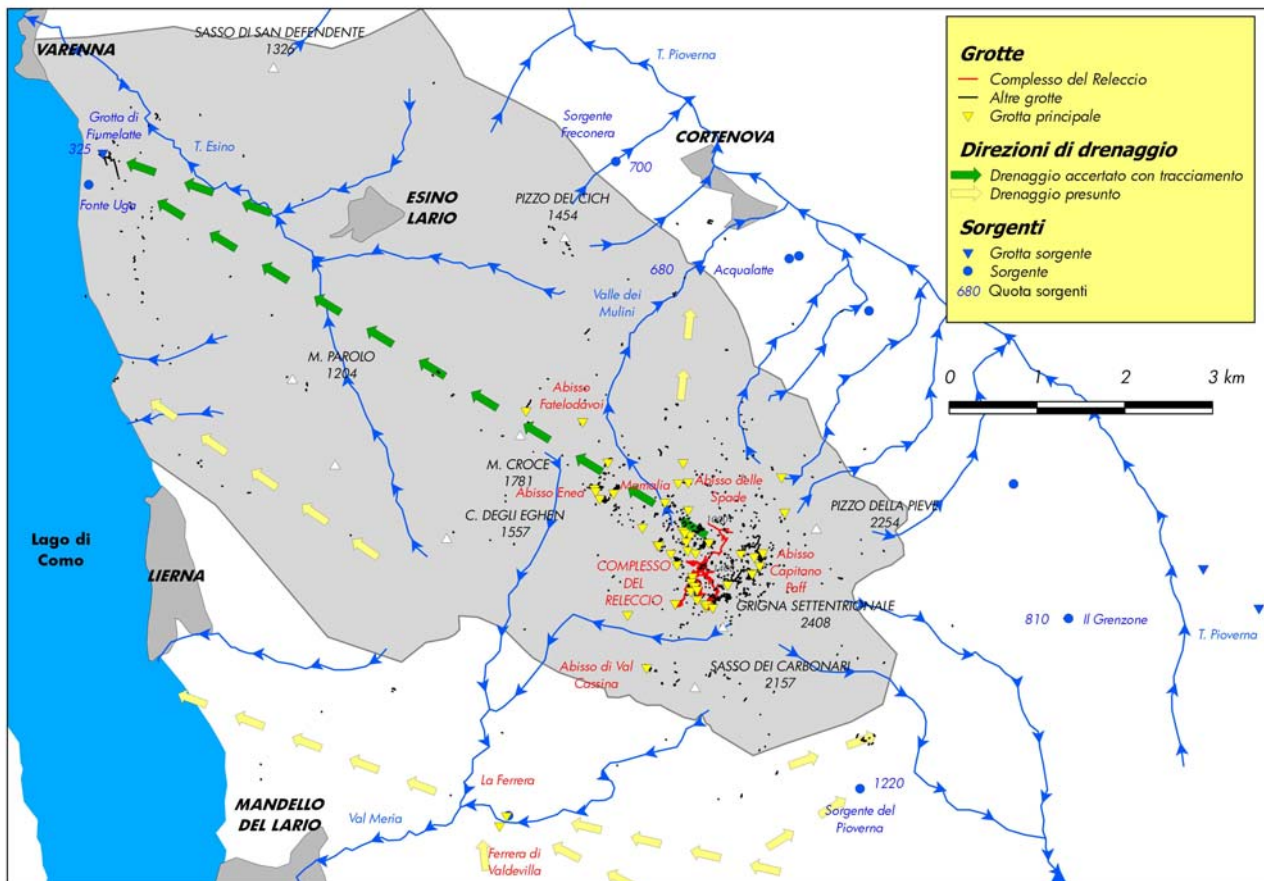


Figura 3. Pianta del sistema carsico della Grigna settentrionale, con indicazione dei deflussi idrici (elaborazione grafica M. MERAZZI).

Figure 3. Map of the karst system of Northern Grigna, with the lines of water drainage (drawing M. MERAZZI).

In dodici anni di attività i risultati esplorativi non sono mai mancati (AA.VV., 2008; PREMAZZI et al., 2010). La ricerca è stata estesa con la stessa attenzione a tutte le aree del massiccio, anche a quelle più periferiche la cui connessione con il resto del sistema non è certa. Il numero delle grotte catastate è stato notevolmente incrementato passando dalle 450 del 1998 alle oltre 1000 attuali. Analogamente lo sviluppo spaziale topografato è passato da circa 13 km a 65 km. Salvo casi eccezionali, tutte le grotte esplorate sono state rilevate. Allo stesso modo tutte le grotte revisionate di cui mancavano i dati di poligonale o dove sono state individuate prosecuzioni sono state topografate. Il rifacimento della topografia è stato inoltre esteso anche ai principali abissi esplorati in passato in cui è stata svolta attività significativa (W le Donne, Orione, I Ching). Questo ha permesso, oltre a verificare la correttezza delle topografie precedenti, di unire al rilievo in maniera univoca i nuovi rami esplorati.

Uno dei risultati più vistosi dell'attività esplorativa svolta nel massiccio riguarda sicuramente la formazione del Complesso del Grignone. Il Complesso è scaturito da una serie di giunzioni tra grotte esplorate in maniera indipendente, alcune delle quali già note da diversi anni. Alcune giunzioni sono avvenute in maniera casuale, altre si sono verificate come naturale conclusione dell'esplorazione in corso, ma alcune sono frutto di un'attenta ricerca condotta con particolare attenzione riguardo la topografia delle cavità percorse.

Bibliografia

- AA.VV., 2008. *Grotte della Grigna e del lecchese*. A.G. Bellavite, Missaglia (LC).
- AIMAR L., MACONI A., MARIENI A., MERAZZI M., PREMAZZI A., 2006. *Sotto quel ramo del lago di Como*, *Speleologia*, **54**,14-29.
- BINI A., PELLEGRINI A. (eds.), 1998. *Il carsismo del Moncodeno. Ricerche sugli aspetti del fenomeno carsico profondo nel Gruppo delle Grigne (Lombardia)*. *Geologia Insubrica*, **3** (2).
- BINI A., CAPPA G., PELLEGRINI A., 1977. *Ricerche sugli aspetti del fenomeno carsico profondo del Gruppo delle Grigne (Lombardia): V - il carsismo nella zona Bregai – Val laghetto (Circo di Moncodeno) parte II*. *Le Grotte d'Italia*, **6**, 5-72.
- FERRARI G., 1999. *Ricerche sugli aspetti del fenomeno carsico del gruppo delle Grigne (Lombardia)*. *Atti del XV Congresso di Speleologia Lombarda*, S, Omobono Imagna (BG), 2-3 ottobre 1999, 47-69.
- FOCARILE A., CIGNA A., CAPPA A., 1960. *Ricerche sul fenomeno carsico profondo nel gruppo delle Grigne (Lombardia)*. *Atti Soc. It. Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale, Milano*, **99** (I), 25-168.
- PREMAZZI A., AIMAR L., MACONI A., MERAZZI M., CORVI M., FERRARIO A., 2010. *Il Complesso del Releccio: cronaca e storia dell'evoluzione*. *Speleologia*, **62**, 30-39.
- SERVIDA E., 1954. *Fenomeni carsici del Gruppo delle Grigne*. Tesi di laurea, Università Cattolica 1953/54, Milano.

LA "RISORGENZA DI SETTE FONTANE" IN VAL DI VARA: UNA NUOVA IMPORTANTE EMERGENZA CARSIKA ATTIVA DELLA LIGURIA ORIENTALE

GIANPIERO BROZZO¹, STEFANO NICOLINI², MAURO VALERIO PASTORINO³, EMILIO POGGETTI⁴,
ADRIANO RONCIONI⁵, LUCA TINAGLI⁴, LUCIA TRONCONI²

¹ ACAM Acque S.P.A. Via Trasversale Cinque Terre 3, La Spezia; gianpiero.brozso@fastwebnet.it

² TNTeam Via Olivella 9 Casarza Ligure; architetto_nicolini@yahoo.it lucia.tronconi@gmail.com

³ Gruppo Speleologico Ligure "Arturo Issel" Via Garrè 80, Savignone; mvpastor@tiscali.it

⁴ Gruppo Speleologico Archeologico Livornese Via degli Asili, Livorno; emiliopoggetti@gmail.com ltinagli@interfree.it

⁵ Gruppo Speleologico Lucchese Via del Loreto I 2200 B, Lucca; a.roncioni59@gmail.com

Riassunto

A distanza di ben sedici anni dal primo accesso ricognitorio al sito, nel corso del quale fu possibile ipotizzare da subito l'esistenza di un grande sistema carsico e provvedere all'ampliamento di una strettoia, è nel 2013 che è stato possibile accedere a un nuovo ed importante complesso ipogeo attivo, le cui acque sono captate da un acquedotto posto immediatamente a valle. Il complesso si apre con numerosi emuntori di eccedenza, da cui la denominazione locale di *Sette Fontane*, a monte della frazione Cembrano in Comune di Maissana (SP) alla confluenza del rio Fontana Ricca nel torrente Cesinella Grossa.

Nel corso degli anni successivi a quel primo accesso i tentativi di forzare le diverse bocche, tutte di dimensioni non praticabili, ma caratterizzate dalla presenza di più o meno forti correnti d'aria, ed intrapresi congiuntamente dal G.S.L. A. Issel e dal Gruppo Speleologico Lunense, non sono stati coronati da successo. Solo nell'agosto 2013, un'ulteriore ricognizione effettuata dal TNTeam, ha permesso di individuare, in una delle bocche già note, l'esistenza di un breve cunicolo ascendente attraverso il quale è stato possibile accedere all'interno dell'imponente e suggestiva cavità oggetto della presente comunicazione.

Al momento la prima fase esplorativa, che ha permesso di rilevare un percorso sotterraneo della lunghezza di circa 950 m e di avviare un complesso progetto d'indagine morfologica, idrogeologica e biospeleologica che vede il solidale coinvolgimento di numerose forze speleologiche regionali ed extraregionali, è terminata con il superamento (luglio 2014) di un tratto di gallerie sifonanti per uno sviluppo di 40 metri e con un diametro massimo di circa 5 m. Oltre il sifone la cavità prosegue con una parete di circa 5 m risalita la quale potremo raggiungere un sovrastante tratto a galleria già osservato dal basso. Prevediamo una sicura prosecuzione vadosa dell'ipogeo, con incoraggiante prospettiva di ulteriori e significative fasi esplorative di una cavità che, già fin d'ora, rappresenta per la Liguria una scoperta, ancorché non inattesa, importante ed eccezionale.

Parole chiave: (Sette Fontane, Val di Vara, risorgenza, Maissana)

Abstract

THE "SEVEN FOUNTAINS" SITE IN VAL DI VARA: A NEW IMPORTANT ACTIVE KARST SPRING IN EASTERN LIGURY
- Only in 2013, more than thirty years after the discovery of the entrance, we finally could enter the cave system locally named *Sette Fontane* (La Spezia province, Liguria). Speleologists from two Italian groups, the G.S.L. Arturo Issel and the Gruppo Speleologico Lunense, during the last sixteen years have tried several times to force the narrow passes characterized by strong wind, but with scarce results. Finally, TNTeam discovered a short rising tunnel, which allows entering the system.

The first exploration phase (July 2014) came to an end after the passage of two sumps, 40 m long and 5 m of maximum diameter, with a totale of 950 m of mapped passages. Beyond the last sump a wall about 5 m high suggests a continuation of the vadose passages allowing to reach an visible upper portion of the gallery.

At the moment caving groups from several regions are collaborating in a multidisciplinary project to study the cave's morphology, hydrogeology and biospeleology. The exploratory and scientific prospects seem encouraging, however this cave already represents an important speleological site in Liguria Region.

Key words: *Sette Fontane, Val di Vara, sump, Maissana*

Introduzione

Nel presente lavoro sono presentate le notizie relative alla storia esplorativa di quella che oggi prende il nome di Risorgenza di Sette Fontane, e si forniscono i primi risultati inerenti le indagini documentative avviate.

La storia di questa esplorazione inizia negli anni '70 periodo in cui gli interessi del Gruppo Speleologico Ligure Arturo Issel si focalizzarono con una certa continuità sulla Provincia di La Spezia. Ad opera di un piccolo nucleo di speleologi facente capo ad E. MASANTE ed A. SANNA, a partire dal 1972 e per alcuni anni successivi, furono effettuate in contemporanea numerose ricognizioni in media Val di Vara nel corso delle quali gran parte delle emergenze, che sarebbero state oggetto di studio e di esplorazione negli anni a seguire, vennero individuate pur senza divenire oggetto di effettiva esplorazione. In particolare, a seguito dell'alluvione del 1984 fu possibile accedere, attraverso un'apertura da sfondamento ad opera di una piena sotterranea che rimase aperta alcuni mesi, ad una risorgenza che si sarebbe rivelata in seguito come uno dei maggiori complessi ipogei attivi della Liguria: il Muin de Strie. Fu solo nel 1988 che, con il coinvolgimento dell'intero Gruppo, furono avviate ricerche ed esplorazioni che portarono alla scoperta ed all'esplorazione del Muin de Strie, dello Scigno del Borsa e di altre cavità minori situate nella medesima zona.

Grazie alle intuizioni ed indicazioni scaturite dalle ricerche dei membri del Gruppo Speleologico Ligure A. Issel, anche l'area oggetto della presente comunicazione fu individuata come potenziale zona di indagine.

Cronache dell'esplorazione

A partire dal gennaio 1995, il Gruppo Speleologico Issel avviò una proficua collaborazione con l'allora ricostituito Gruppo Speleologico Lunense del CAI di La Spezia, e il 2 marzo 1997 fu effettuato un primo accesso ad un sito, già individuato da MASANTE e collaboratori, che venne a lungo definito *Fontana Ricca di Cembrano* (in realtà l'esatta denominazione è quella di *Sette Fontane*, mentre Fontana Ricca è la soprastante sorgente lungo il Rio omonimo che alimenta l'acquedotto di Ossegna).

Nell'agenda di uno degli autori è annotato testualmente: "*Conferma presenza grande sistema - Stefano apre una prima strettoia*". Proprio per la presenza delle sette bocche, tutte più o meno interessate dalla circolazione di aria in fase non attiva, e non direttamente praticabili, l'accesso al sistema si rivelò da subito problematico. Dette bocche, costituiscono il livello di *troppo pieno* della sottostante risorgenza, captata poco più in basso da un acquedotto.

Nei successivi quindici anni, i due Gruppi sono stati impegnati in ricerche che presentavano carattere di priorità rispetto al tentativo di accedere a Sette Fontane,

realizzando spedizioni al sito saltuarie e non conclusive. Nell'agosto 2013, nel corso di un ulteriore accesso ad opera di due degli autori, ci fu la svolta definitiva grazie ad una felice intuizione e alla concomitanza di nuove condizioni nella circolazione dell'aria. La frattura, chiamata successivamente *Inginocchiatoio*, dove per anni era stato stipato il materiale dei precedenti scavi, ad un tratto aveva attirato l'attenzione e persuaso gli speleologi ad

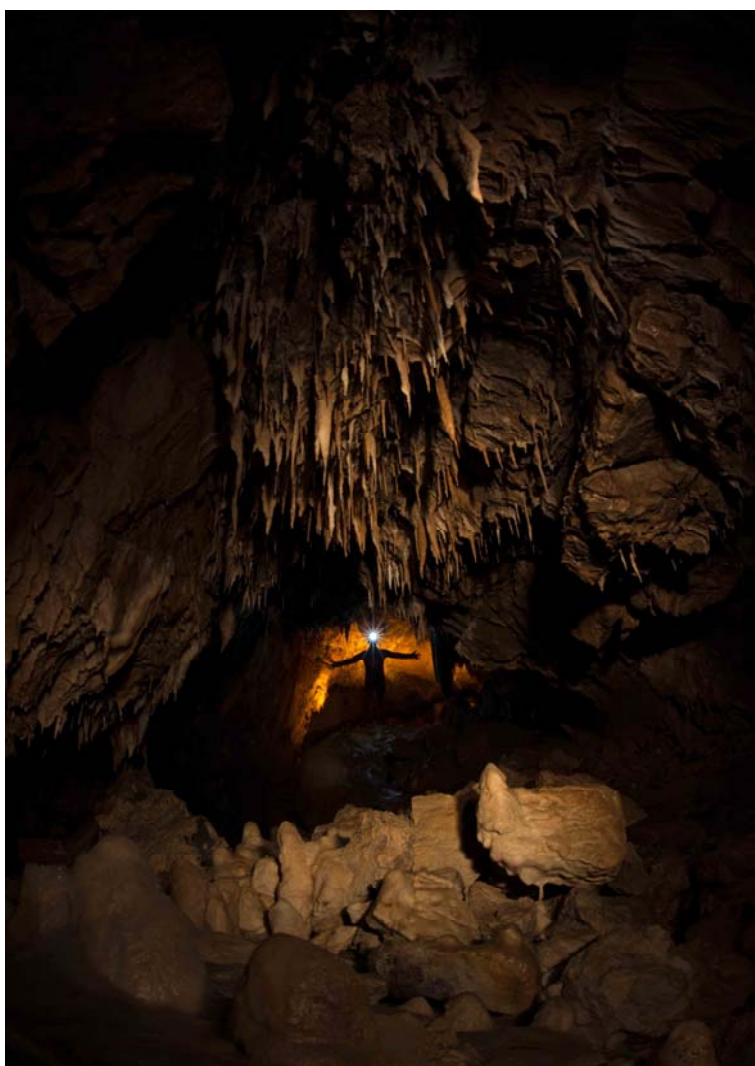


Figura 1. Ambienti fossili (foto C. PIA)

Figure 1. Fossil sector of the system (photo C. PIA)

abbandonare il vecchio percorso, svuotando quel passaggio verso il basso che pareva terminare sul livello allagato.

Solo da quella prospettiva, dietro una quinta di roccia compatta e volgendo la testa verso l'alto, si è potuto individuare un camino stretto, di qualche metro di lunghezza, dal quale proveniva aria con forza. Oltre il camino, attraverso un passaggio ostruito parzialmente da rocce, fu possibile accedere alla prosecuzione della grotta, caratterizzata da ambienti grandi e perfettamente percorribili (Fig. 1).

Inquadramento geografico e geologico generale

La Val di Vara, la più grande valle della Liguria, si sviluppa in direzione NW-SE parallelamente alla Riviera di Levante ed è da questa separata (crinale di sinistra) da una serie di montagne comprese fra i 600 e i 900 m slm. È in tale ambito appenninico che si è sviluppato il sistema carsico che alimenta la Risorgenza di Sette Fontane. Ad E della valle, il crinale di destra giunge ad innalzarsi con cime comprese fra i 900 e i 1600 m slm. Dalla vallata principale si dipartono numerose valli secondarie in direzione della costa o dell'entroterra: attraverso una di queste, la Val di Vara è collegata al capoluogo La Spezia mediante il Passo della Foce. Nel settore della Liguria orientale, nell'Alta Val di Vara, affiorano le Unità Liguri Interne rappresentate da una sequenza ofiolitica (Giurassico Med.-Sup.) sormontata dalla rispettiva copertura sedimentaria (Giurassico Sup. - Paleocene Inf.). In quest'area, tra le liguridi interne affiorano tre unità tettoniche: l'Unità Colli Tavarone, l'Unità del Monte Gottero e l'Unità Bracco-Val Graveglia (Marroni & Meccheri, 1990,1993).

La Grotta delle Sette Fontane si sviluppa proprio in quest'ultima unità, con l'ingresso che si apre nella formazione dei Calcari a Calpionelle.

Inquadramento geologico ed idrogeologico

Il complesso carsico della Risorgenza di Sette Fontane interessa i calcari Mesozoici della formazione dei Calcari a Calpionelle (Titoniano sup. - Valanginiano), costituita da calcari bianchi stratificati talora selciferi. Questa formazione nella serie stratigrafica è sovrapposta alle radiolariti stratificate della formazione dei Diaspri del Monte Alpe (Calloviano medio sup. - Titoniano) ed è sottostante alle argilliti e calcari marnosi della formazione delle Argille a Palombini (Valanginiano - Santoniano). Le formazioni citate sono coinvolte nelle importanti strutture plicative che caratterizzano i rilievi dell'Alta Valle del Vara. (Comuni di Varese Ligure e di Maissana) descritte magistralmente per la prima volta da Elter e Decandia (DECANDIA & ELTER, 1972).

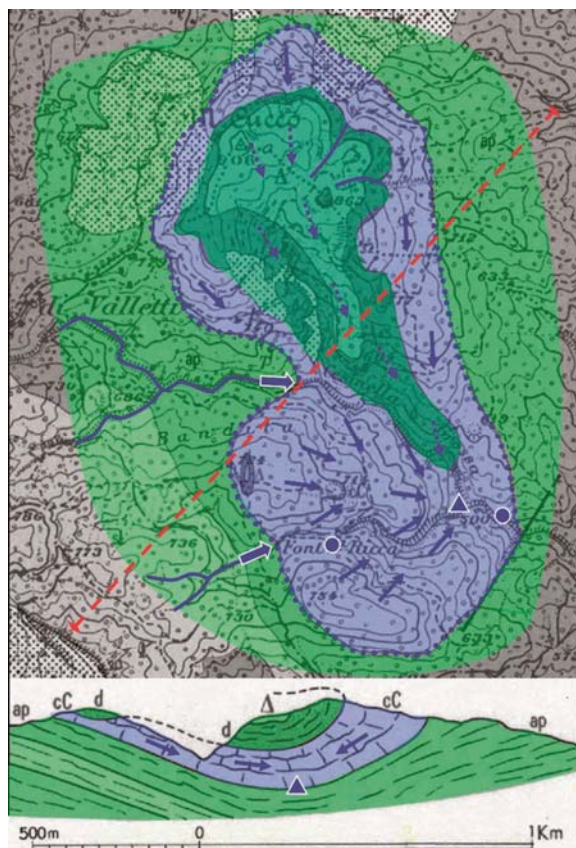
In particolare, nella zona di Ossegna, le formazioni sono interessate da una piega sinforme, parte di un'estesa anticlinale rovesciata che interessa i rilievi compresi tra il monte Porcile ed il monte Cucco, quest'ultimo in prossimità del complesso carsico. Di questa struttura geologica, in gran parte obliterata dall'erosione, nella zona della risorgenza rimane il fianco rovesciato con gli affioramenti calcarei e argilliti della formazione delle Argille a Palombini in serie invertita. Questo assetto strutturale ha importanti implicazioni dal punto di vista idrogeologico: infatti i calcari permeabili sono sovrapposti ad una formazione a bassa permeabilità (Argille a Palombini) costituente l'acquicludo che condiziona la circolazione idrica sotterranea del complesso carsico.

La cavità carsica della risorgenza di Sette Fontane è una grotta attiva percorsa da un corso d'acqua perenne. Essa alimenta un'importante sorgente in parte captata per l'approvvigionamento di acqua potabile degli abitati di Cembrano e S. Pietro Vara. I diversi punti di scaturigine sono situati in prossimità della confluenza del torrente Cesinella Grossa e del corso d'acqua proveniente dalla località Fontana Ricca, nell'area morfologicamente più depressa del massiccio carbonatico, ed in corrispondenza del contatto con la formazione poco permeabile delle Argille a Palombini. Tale sito rappresenta dunque la combinazione di elementi geomorfologici ed idrogeologici più favorevole per la concentrazione del flusso sotterraneo e la venuta a giorno delle acque.

Il modello idrogeologico preliminare dell'acquifero carsico che alimenta la cavità carsica (Fig. 2) può essere così riassunto:

- L'area di infiltrazione è rappresentata dall'affioramento calcareo (estensione di circa 0.95 km²) a monte della Risorgenza di Sette Fontane e si immerge al di sotto dei diaspri nella zona del M. Cucco. L'area comprendente anche i carbonati sottostanti i terreni poco permeabili del M. Cucco è di circa 1.75 km².
- L'infiltrazione proviene in modo diffuso dagli affioramenti calcarei esposti ed in modo concentrato dai corsi d'acqua alloctoni (torrente Cesinella e corso d'acqua di Fontana Ricca) al contatto tra litologie poco permeabili (Argille a Palombini) e litologie carbonatiche.

- Le acque di infiltrazione alimentano l'acquifero carsico sostenuto dagli strati argillitici e l'emergenza delle acque sotterranee avviene, come già descritto in precedenza, nel settore più depresso degli affioramenti calcarei in corrispondenza del contatto con le sottostanti litologie poco permeabili.



Legenda carta e sezione idrogeologiche (modificate da: Decandia F.A. & Elter P., 1972. La zona ofiolitica del Bracco nel settore compreso tra Levante e la Val Graveglia. Mem. Soc. Geol. It., 11: 503-530)

	Litologie da impermeabili a poco permeabili
	Calcarei permeabili per fessurazione e carsismo
	Ipotetiche direzioni del flusso delle acque sotterranee nell'acquifero carsico (tratteggiate le linee al di sotto delle coperture impermeabili del M. Cucco)
	Corsi d'acqua alloctoni e probabili principali punti di infiltrazione localizzata
	Limite degli affioramenti calcarei (area di infiltrazione)
	Sorgenti e risorgenti
	Cavità carsica
	Traccia della sezione

Figura 2. Carta e sezione Idrogeologica

Figure 2. Hydrogeological map and profile

della mora per poi restringersi nuovamente e sbucare nella 2a stanza della mora. Qui la grotta prosegue verso sinistra fra blocchi di frana superati i quali è possibile raggiungere una grande sala (10x30 m), alta inizialmente sei metri ed il cui soffitto si abbassa progressivamente sino a raggiungere l'altezza di un metro per riportarsi poi a sei. Qui si trova in alto, da un lato, ciò che rimane di una galleria fossile e, dall'altro, una condotta ascendente, mentre la via principale è rappresentata dalla prosecuzione al centro, dalla quale arriva distintamente il rumore dell'acqua. Si scende per un paio di metri e si arriva sull'alveo in secca (in periodo estivo) del fiume sotterraneo.

In quel punto la grotta è rappresentata da una galleria di probabile origine freatica del diametro di 4 metri. E' possibile scegliere fra due diverse vie di prosecuzione. Verso sinistra si può percorrere la condotta (2 m di diametro) affacciandosi su splendide vasche fossili che, oltrepassate, conducono a condotte di piccole dimensioni riccamente concrezionate che tornano lungo la galleria percorsa dall'acqua (costantemente attiva nel corso dell'anno). Oppure proseguire attraverso un meandro, allagato sino ad altezza della cintura, che bypassa le

Osservazioni geologiche ed ipotesi speleogenetiche

A partire dall'ingresso, la cavità a sviluppo prevalentemente orizzontale, prosegue, con piccoli dislivelli, verso una facies di transizione, caratterizzata da una graduale alternanza di strati calcarei, sempre più sottili, e strati pelitici, via via più spessi; in pianta si mantiene costante in direzione N-E seguendo, all'incirca, l'asse dell'anticlinale sinforme che si sviluppa dal M. Cucco. Il tratto finale della cavità è caratterizzato da livelli pelitici centimetrici che testimoniano il passaggio verso la Formazione delle Argille a Palombini.

Al nucleo di questa piega affiorano formazioni più antiche come basalti (che si possono ritrovare in prossimità della vetta del M. Cucco) indicando quindi una sequenza rovesciata; ciò è evidenziato dalla stratigrafia visibile in grotta dove i Calcari a Calpionelle (più antichi) si trovano sopra le Argille a Palombini (più recenti).

Nella Grotta delle Sette Fontane è testimoniata la complessa storia deformativa polifasica che ha coinvolto le Unità Liguri Interne dando così vita alla catena appenninica; tali testimonianze sono varie strutture tra cui pieghe d'interferenza a spese delle Argille a Palombini.

Descrizione della cavità e prospettive dell'esplorazione

Attualmente la grotta rilevata ha uno sviluppo di circa 950 metri (Fig. 3), 40 dei quali sono costituiti dalla lunghezza del sifone terminale. L'ingresso si apre in prossimità della confluenza del rio Fontana Ricca nel torrente Cesinella Grossa a una quota di 490 m slm. Il tratto iniziale è dato da una classica condotta forzata con pareti levigate dalla circolazione dell'acqua in pressione che si attiva con le piogge. Dopo una quindicina di metri l'aspetto della condotta cambia e la sezione diventa obliqua. Si prosegue per altri dieci metri fino ad uno sfondamento sul pavimento. Di qui, abbassandosi verso destra e risolvendosi oltre una quinta di roccia, ci si trova alla base di una condotta ascendente (diametro circa 80 cm), che dopo un paio di metri si amplia a formare la 1° stanza

vasche. Questa (mediamente 3x5 m) prosegue con andamento meandriforme (direzione media 305° N) per circa 80 m sino a giungere alla base di una cascata. Dalla sommità di questa si prosegue per 50 m seguendo sempre l'acqua, fino a raggiungere un bivio. La prosecuzione è a destra in corrispondenza del primo sifone e della partenza del suo bypass. Il sifone si aggira abbandonando l'acqua e percorrendo una condottina ascendente, *Punta di trapano*, lungo la quale è necessario procedere carponi e strisciare per circa 30 m. Qui si alternano tratti di condotta forzata a blocchi di frana incastrati. Si raggiunge così un salto di 6 m da scendere in corda per via della sua franosità, arrivando così nuovamente sul fiume. È in tal modo possibile dopo 15 m arrivare al post sifone, dove la magnifica concrezione a forma di vela e la roccia sommersa, bordo limite del sifone, ricorda due mezzelune. Continuando a risalire il corso sotterraneo, si osservano nell'alveo blocchi di argilla a palombini assai scivolosi; proseguendo per altri 20 m e ci si trova di fronte ad un laghetto di 7x4 m e 1,5 m di profondità. Qui il soffitto è basso (circa 1 m). Attraversato il laghetto, giunti a metà si osservano: da un lato, una lingua di conglomerato concrezionato sopra il livello dell'acqua, con un passaggio basso che porta ad ambienti di crollo concrezionati; dall'altro invece l'inizio di una galleria allagata, denominata *Qanat* (Fig. 4). Percorsi i 50 m di quest'opera di ingegneria idraulica naturale si esce progressivamente dall'acqua e si arriva ad una sala di crollo da cui l'acqua si immette nella galleria allagata, sgorgando da una polla a pavimento. Proseguendo per una ventina di metri lungo la sala di crollo di 20x5 m, dal soffitto inclinato di Argille a Palombini, lungo l'ipotetica prosecuzione della galleria allagata, si osserva che la sezione diventa più ampia estendendosi in larghezza. Si prosegue per altri venti metri salendo leggermente e si arriva ad un ambiente (5x5 m) interrotto da massi di crollo incastrati e concrezionati, le cui pareti e il pavimento sono i resti di una condotta forzata nel calcare, mentre al soffitto si osservano strati di Argille a Palombini. Di fronte si apre una nuova condotta forzata, leggermente in discesa, che porta al 2° sifone, chiamato *Al di là*, che, esplorato nel luglio del 2014, presenta una lunghezza di 40 metri su un diametro di 5 m ed una profondità massima di 8 m. La galleria sommersa termina in prossimità di una parete di circa 5 m che, risalita, permetterà di raggiungere un sovrastante tratto a galleria già osservato dal basso.

Biocenosi del complesso carsico

Nel corso delle prime fasi dell'indagine esplorativa non è stato avviato uno studio faunistico specifico dell'ipogeo. Si è comunque provveduto a raccogliere e a indirizzare a studio specialistico i reperti faunistici individuati. Al momento è stata documentata la colonizzazione ad opera della specie trogloba *Niphargus*, crostaceo anfipode reperito nelle pozze residue della prima parte della cavità, e segnalata la

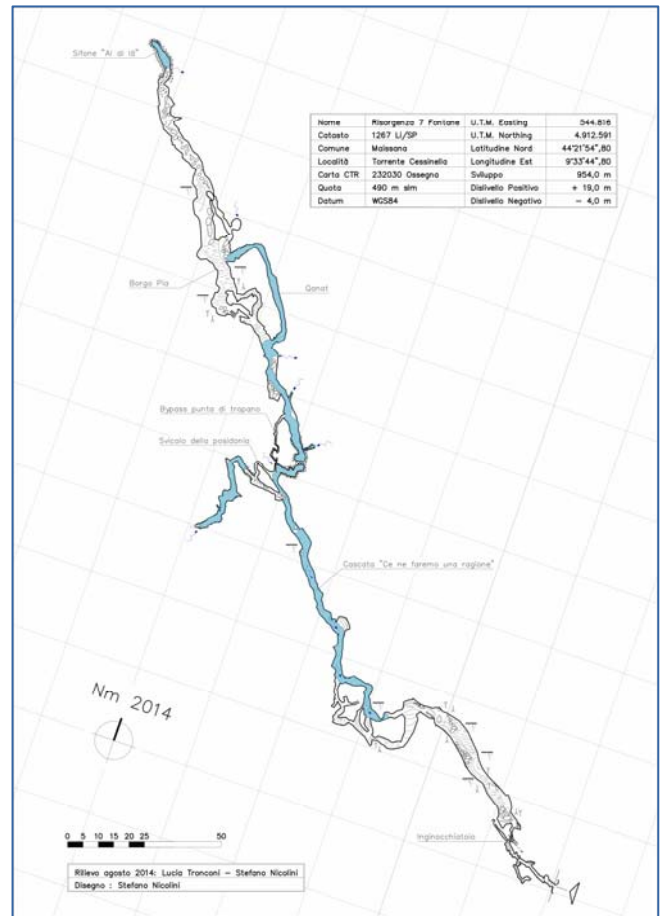


Figura 3. Sette Fontane - pianta

Figure 3. Sette Fontane map



Figura 4. Galleria allagata denominata Qanat (foto G. DELLAVALLE)

Figure 4. Flooded passage named Qanat (photo G. DELLAVALLE)

presenza dell'Hydromantes (Speleomantes) *strinatii* cfr. *ambrosii*. I primi reperti, inviati al Museo di Storia Naturale dell'Università di Firenze (sezione di zoologia 'La Specola'), sono stati rappresentati invece da Plecotteri in fase larvale (Fig. 5), Ditteri (Mosca: *Helina* sp o *Phaonia* sp; Limonia: *Limonia* sp), Lepidotteri (Farfalle: *Triphosa dubitata*, *Scoliopterys libratix*), Aracnidi (*Tegenaria* sp, *Metellina* sp), Anellidi (*Sanguisuga* sp), a testimonianza, per il momento, di una prevalente presenza di troglodifi.



Figura 5. Plecottero in fase larvale (foto C. PIA)

Figure 5. Plecoptera in larval stage (photo C. PIA)

Conclusioni

Le potenzialità dell'area carsica SP39 (*Localizzazione Aree Carsiche Liguri ai sensi L.R. 14/90*), e in particolare del settore 5 denominato Fontana Ricca, con questa esplorazione diventano tangibili realtà. Le indagini avviate hanno iniziato a fornire dati e, al momento (inverno 2015), siamo in attesa che la risorgenza, in fase attiva, si renda nuovamente accessibile per proseguire le necessarie immersioni speleosubacquee che ne verificheranno le possibili prosecuzioni.

Nel frattempo si intende approfondire la conoscenza del territorio. Oltre al rilievo della cavità, si è difatti iniziato il rilievo dei due torrenti in esterno al fine di individuare, o escludere, possibili zone di infiltrazione fra questi e la grotta.

Alcune battute esterne hanno portato ad individuare possibili ingressi meteo alti. Questi ci inducono a pensare possa esistere una zona superiore a quanto rilevato fino ad oggi, con probabile presenza di eventuali livelli di gallerie fossili.

Bibliografia

- DECANDIA & ELTER 1972. *La zona ofiolitefera del Bracco nel settore compreso fra Levanto e la Val Graveglia (Appennino Ligure)*; Mem. Soc. Geol. It.
- MARRONI M., MECCHERI M., 1990. *Carta geologica-strutturale dell'Alta Val di Vara (Appennino Ligure) C.N.R.*; Centro di studi per la geologia strutturale e dinamica dell'Appennino; Gruppo di Lavoro sulle Ofioliti Mediterranee; LAC Firenze;
- MARRONI M., MECCHERI M., 1993. *L'Unità Colli-Tavarone in Alta Val di Vara (Appennino Ligure): caratteristiche litostratigrafiche ed assetto strutturale*; Bollettino Società Geologica Italiana 112.

GROTTA VENTARA DELLA SCORZELLA (MONTELLA, CAMPANIA)

GIROLAMO GALASSO¹, ALESSANDRO DE CRISTOFARO¹

¹*Gruppo Speleologico CAI Avellino, Avellino; girolamo.galasso@poste.it , ale.decrisofaro@hotmail.com*

Riassunto

La Grotta "Ventara della Scorzella" è una risorgenza carsica situata non lontano dalla località Valli Cinquanta di Montella (AV) e fa parte del contesto idrogeologico delle sorgenti Scorzella, Troncone e Tronconcello . le cui falde alimentano l'acquedotto dell'Alto Calore di Avellino. Conosciuta probabilmente già da tempi antichi (da segnalare il ritrovamento all'interno di interessanti reperti archeologici) è stata esplorata per la prima volta a livello speleologico nell'anno 2011. In tale anno, partendo da uno stretto ingresso sifonante sito alla base di un canalone, si è arrivati a rilevare oltre 300 m di grotta in sviluppo planimetrico, fermandosi attualmente ad un sifone che in più occasioni si è tentato di svuotare estraendo, con pompe elettriche, centinaia di metri cubi di acqua. Finora è stato vano il tentativo di passaggio da parte di speleosub. Trattandosi di una risorgenza, tutte le attività a carattere esplorativo possono svolgersi esclusivamente dalla fine di agosto a quella di ottobre, momento in cui la portata scende a zero e consente quindi l'ingresso. Un paio di rami promettono di proseguire le esplorazioni nel prossimo futuro.

In questo lavoro vengono descritti i primi risultati sull'assetto idrogeologico/geomorfologico della grotta e le attività speleologiche svolte, tuttora in evoluzione.

Parole chiave: Scorzella, risorgenza, M. Terminio, carsismo, Campania

Abstract

VENTARA OF SCORZELLA CAVE (MONTELLA, CAMPANIA) - The Ventara of Scorzella Cave is a karst spring located not far from the village of Montella (Campania), in Valli Cinquanta locality, and is part of the hydrogeological context of the Scorzella springs, whose waters feed the provincial aqueduct of Avellino. Probably already known from ancient times (with interesting archaeological finds), it was explored by cavers for the first time in 2011. That year, starting with a tight sump at the base of a gully, we discovered over 300 meters of cave, stopping at a sump which on several occasions we tried to empty by extracting with electric pumps, hundreds of cubic meters of water. Since this is a resurgence all exploratory activities may be carried out by the end of August to October, when the flow rate drops to zero. A couple of branches promise to allow further explorations in the near future. In this paper we describe the hydrogeological and geomorphologic features of the cave, and the future activities.

There is no earlier work everything is the fruit of research and discoveries continued with ongoing commitment by G.S. CAI Avellino.

Key words: Scorzella, spring, Terminio Mt., karst, Campania

Introduzione

Nell'anno 2011 il socio CAI MASSIMO GRAMAGLIA segnalava la presenza di una cavità in località adiacente a Valli Cinquanta del Comune di Montella (AV) dicendoci che, normalmente, vi era un flusso d'acqua praticamente ininterrotto da inizio inverno fino ad estate inoltrata ma che diminuiva in corrispondenza della fine dell'estate esaurendosi completamente in autunno. Incuriositi dalla segnalazione siamo andati a verificare di persona appurando che l'accesso, sito alla base di un impervio vallone, presentava addirittura un discreto soffio d'aria in uscita. Da qui l'intenzione immediata di vedere cosa ci fosse all'interno, intenzione premiata dai risultati, consistenti in circa 300 metri di cavità sub-orizzontale.

Inquadramento e descrizione cavità

La cavità è situata nell'ampio contesto carsico dei Monti Picentini e precisamente sul lato della Sorgente Scorzella che, insieme ad altre in zona , alimenta l'acquedotto dell'Alto Calore. L'acquifero è costituito da calcari Cretacei tettonizzati e carsificati, di cui queste emergenze costituiscono gli sfiori più alti, collegati ad un sistema di pianori tettono-carsici (Campolaspierto, Piani d'Ischia, Acquenere e Verteglia), come è stato

accertato mediante prove con traccianti (CALCATERRA et al., 1999).



Figura 1. Accesso della grotta.

Figure 1. Cave entrance.

La vegetazione, talvolta fitta, vede la presenza della quercia, del faggio, del cerro, dell'olmo e dell'acero con presenza mista di alto fusto e arbusti. Il sottobosco è ricco di erbe officinali come pure abbondante è la fauna, grazie all'habitat ancora vergine e poco frequentato dall'uomo. La Ventara della Scorzella è una risorgenza attiva praticamente 10 mesi su 12 che dall'ingresso presenta un sifone che risale leggermente verso l'interno della montagna.

Appena dopo l'accesso (Fig. 1) si attraversa un primo sifone che si prosciuga in maniera molto rapida subito dopo l'estate. Dopo una breve arrampicata ed un percorso in cunicolo si raggiunge il secondo e più grande sifone (Fig. 2) nel quale permane per molto tempo uno strato d'acqua, e che prima di svuotarsi dà origine ad un laghetto della profondità di circa 1-2 metri. Superato questo, si raggiunge la suggestiva sala dedicata all'amico speleosub MARIO MANTIO (prematamente scomparso in un incidente) e dotata di varie forme carsiche dalla quale si raggiunge l'ultimo sifone (Fig. 3) dove l'esplorazione è ferma. Altro ramo laterale, ancora oggetto di esplorazione, si diparte dalla sala verso destra ma sarà probabilmente necessaria una piccola disostruzione visto lo stretto passaggio. Inoltre è presente un ramo alto che parte con un piccolo cunicolo, ma qui necessiterà il completamento di una risalita in artificiale. Nei punti più bassi e soprattutto nei sifoni si ritrovano spessi strati di depositi sabbiosi legati alla presenza di piroclastiti rimaneggiate dai vicini campi carsici (Fig.2).

Per quanto riguarda la genesi la grotta rappresenta un tipico canale carsico in rete che verso l'alto tende a stringersi ma che localmente potrebbe essere in comunicazione con piccoli inghiottitoi e doline, oggi in parte ostruiti da depositi piroclastici e suolo. Al momento non è conosciuto un punto di ingresso unico e questo lascerebbe pensare che la grotta potrebbe avere uno sviluppo anche considerevole. La grotta si sviluppa in calcari ben stratificati impostandosi su faglie ad andamento appenninico ed antiappenninico come ben visibile dal rilievo, la volta spesso si imposta lungo la stratificazione.

Metodi ed attività

Nel futuro si spera di poter gestire delle analisi chimiche di acqua e sedimenti per meglio caratterizzare l'ambito speleogenetico. Le attività esplorative e logistiche principali, che speriamo proseguiranno in futuro, consistono

in:

- 1) Rilievo e documentazione fotografica dei tratti esplorati;
- 2) Svuotamento del III° sifone sito a circa 300 metri dall'ingresso ove è presente una grande quantità di acqua. Si è cercato di svuotare il sifone utilizzando una pompa sommersa da 20 mc/h circa collegata ad un gruppo elettrogeno esterno da 5 kw e varie manichette antincendio UNI45 per portare acqua all'esterno. Il gruppo elettrogeno, sito a monte del vallone, era collegato alla pompa tramite una linea elettrica di almeno 500 m. Il collegamento in grotta è stato garantito dall'utilizzo degli appositi telefoni collegati con doppino. Purtroppo, nonostante l'evacuazione di circa 1.000 mc d'acqua in 4 giorni consecutivi di lavoro, non ci è stato possibile superare il sifone (profondità stimata in 10 m);
- 3) Effettuazione di una risalita per cercare di raggiungere un buco individuato sulla sommità della sala denominata Mario Mantio;
- 4) Esplorazione di un nuovo piccolo e suggestivo ramo che parte sul lato destro dalla stanza Mario Mantio e rilievo (da completare).

Dati e risultati

Di seguito le principali risultanze:

Provincia del sito:	AVELLINO
Comune del sito:	MONTELLA
Toponimo / Località:	VENTARA DELLA SCORZELLA
Coordinate:	N 40° 48' 18" – E 14° 58' 44"
Quota ingresso:	984 m s.l.m.
Sviluppo planimetrico:	CIRCA 300 MT CON PROFONDITA' MASSIMA +20 MT DALL'INGRESSO
Rilievo:	VEDI FIG. 4
Quantità d'acqua emunta dal III° sifone durante il I° tentativo di svuotamento	CIRCA 1.000 METRI CUBI
Attività Speleosubacquea	2 tentativi di passaggio

Va segnalato, infine, il ritrovamento nella grotta di alcuni reperti archeologici tra cui il più importante sembra essere un utensile di selce utilizzato come strumento da taglio. Tale ritrovamento potrebbe far presupporre l'utilizzo come luoghi di rifugio dei primi passaggi della cavità.

Conclusioni

Il presente lavoro documenta le attività sinora svolte, per le quali enormi sono stati gli sforzi esplorativi. Nulla esclude che una migliore organizzazione ed un campo ad inizio autunno di una stagione particolarmente secca possano dare ulteriori frutti, dal punto di vista esplorativo e scientifico.

Ringraziamenti

I doverosi ringraziamenti vanno ai ragazzi del G.S. CAI Avellino per la continua ed instancabile attività prestata giorno e notte, col caldo e col freddo, nella più pura tradizione speleologica; BERARDINO BOCCHINO e ROSSANA D'ARIENZO per il prezioso aiuto operativo, logistico e documentale; NICOLINO BARRICELLI, ANTONIO CAPOBIANCO e relativi assistenti per i tentativi speleosubacquei di passaggio del sifone; LAURA DE NITTO per il proverbiale supporto informatico;

alla sezione CAI di Avellino per l'aiuto "spirituale" e per aver in parte finanziato l'attività; a tutte le persone amiche, anche al di fuori del mondo speleo, che si sono comunque prodigate a vario titolo per le attività esplorative.



Figura 2. Il II° sifone.

Figure 2. The second sump.



Figura 3. Il III° sifone (foto scattata durante il I° tentativo di passaggio in assetto speleosub)

Figure 3. The third sump (photo taken during the first attempt of cave diving).

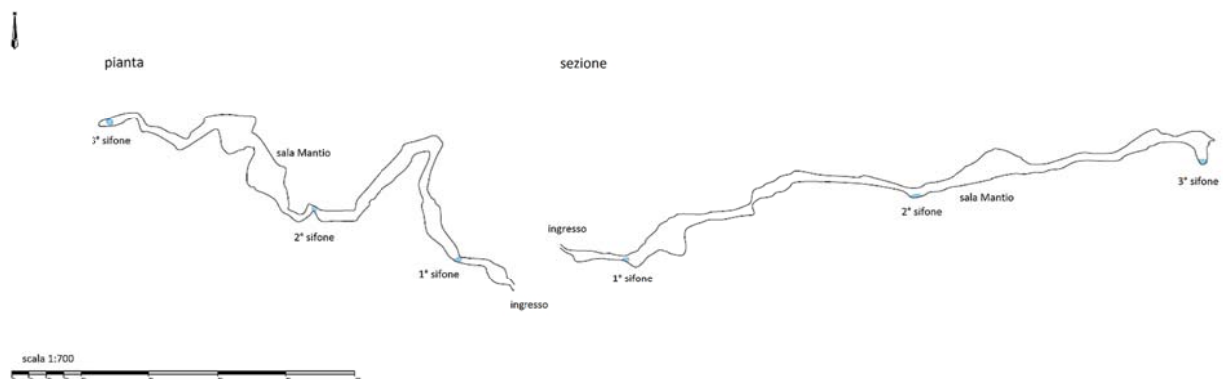


Figura 4. Rilievo Grotta Ventara della Scorzella

Figure 4. Survey Grotta Ventara della Scorzella.

Bibliografia

- BUDETTA, DUCCI, CORNIELLO, PAPONI (VERIFICA) 2008. AQUINO S., 2001. *Protezione e gestione delle risorse idriche del massiccio carbonatico del Terminio-Tuoro (Irpinia) mediante l'analisi dei dati meteorologici acquisiti da rete di monitoraggio*. Atti della Tavola Rotonda "Acque del Terzo Millennio", Castellana Grotte (BA), 31 Marzo 2001.
- AQUINO S., 2005. *Protezione da rischi di inquinamento e sovrasfruttamento delle risorse idriche del Parco Regionale dei Monti Picentini mediante l'analisi dei dati meteorologici, idrogeologici ed ambientali acquisiti in tempo reale: l'esempio del Monte Terminio-Tuoro*. Atti 1° Assemblea Nazionale dei Parchi Regionali Italiani - Castano Primo (Mi), 22 - 24 Aprile 2005.
- AQUINO S., ESPOSITO V., AQUINO A.M., FABBROCINO S., 2001. *Idrogeologia del massiccio carbonatico del Terminio-Tuoro (Campania)*. Atti Programma Operativo Multiregionale 940026/1/1, Febbraio 2001.
- CALCATERRA D., DUCCI D., SANTO A., 1994. *Aspetti geomeccanici ed idrogeologici nel settore sud-orientale del M.te Terminio (Appennino Meridionale)*. *Geologica Romana*, **30**, 53-66.
- CALCATERRA D., DE RISO R., DUCCI D., SANTO A., AQUINO S., 1994. *Analisi dell'idrodinamica di massicci carsici mediante uso integrato di dati: un esempio nel settore SE del M.Te Terminio (Appennino Meridionale)*. Atti IV Geoenvironment Int. Congr.: Soil and Groundwater Protection, **2**, 587-596.
- CELICO P., MANGANO F., MONACO L., 1982. *Prove di colorazione nel massiccio carbonatico del Monte Terminio - Monte Tuoro (Avellino)*. *Notiz. Club Alpino Italiano, Napoli*, anno XXXVI, 1, 73- 79.
- CIVITA M., 1969. *Idrogeologia del Massiccio del Terminio-Tuoro (Campania)*. *Mem. e Note Ist. Geol. Appl., Napoli*, **11**, 92 pp.
- RUSSO N., DEL PRETE S., GIULIVO I., SANTO A., 2005. *Grotte e speleologia della Campania*. Elio Sellino Ed.

UN SISTEMA CARSIKO NEL GHIACCIAIO DEL BELVEDERE (VB)

JURI BERTONA¹, LIA BOTTA¹, VALERIO BOTTA¹, GIAN DOMENICO CELLA¹,
LUCIANO GALIMBERTI¹, ETTORE GHIEMMETTI²

¹Gruppo Grotte CAI Novara, Vicolo S. Spirito, 4 28100 Novara; segreteria@gruppogrottenovara.it

²Gruppo Speleologico Biellese CAI

Riassunto

Il ghiacciaio del Belvedere si estende con moderata pendenza per oltre 3 km alla base della parete Est del Monte Rosa; raccoglie i tributi di sette ripidi ghiacciai che vi convergono. Frequentemente, in corrispondenza dei cospicui flussi idrici sotterranei che lo attraversano, alcuni originati dai ghiacciai affluenti, si sviluppano cavità glaciali di una certa lunghezza. Negli anni 2009-2014 sono state esplorate da speleologi novaresi e biellesi una quindicina di grotte, tra cui merita ricordare Tre Amici (sviluppo 135 m; profondità 70 m), Sistema Zamboni (sviluppo >500 m, profondo 54 m) e Effimera (sviluppo >700 m, di cui 578 topografati; profondità 78 m) attualmente, per quanto da noi conosciuto, la grotta glaciale più estesa dell'arco alpino.

Vengono date la descrizione, il rilievo topografico e discussa la genesi delle principali grotte esplorate.

Parole chiave: Ghiacciaio del Belvedere, Effimera, pseudocarsismo, grotte glaciali, Sistema Zamboni.

Abstract

A KARST SYSTEM IN THE BELVEDERE GLACIER (PIEDMONT) - The Belvedere glacier (Macugnaga; Piedmont, North-Western Italy) extends with moderate slope for almost three km from the east wall of Monte Rosa; it collects seven steep glaciers. Frequently, in correspondence of large underground rivers, many originating from the tributary glaciers, long ice caves are present, which develop not always at the ice/rock contact. In the years 2009-2014 cavers from Novara and Biella have explored about fifteen caves; the most interesting are Tre Amici (development 135 m, 70 m deep), Zamboni system (> 500 m development, 54 m deep) and Effimera (development > 700 m, 587 m of which are surveyed, depth 78 m). The last one, as far as we know, is the largest ice cave of Alps.

A description and topographic survey of the most important caves is given here, and their possible genesis is discussed.

Keywords: Belvedere Glacier, Effimera cave, Zamboni cave, pseudokarst, glacial caves.

Inquadramento

Il monte Rosa è il gruppo montuoso più glacializzato delle Alpi. Esso comprende una ventina di cime che superano i 4000 m di quota e dà origine a sette grandi vallate. Al termine della Valle Anzasca, un posto di rilievo è ricoperto dal Ghiacciaio del Belvedere, alla base della parete Nord-Est del massiccio, la parete più alta, maestosa, se non più bella, delle Alpi. E' uno dei ghiacciai italiani più studiato per via dell'eccezionale evento del Lago Effimero, che tanta preoccupazione ebbe a dare negli anni 2001-2003.

E' un tipico ghiacciaio nero, essendo in buona parte ricoperto da una coltre detritica che può raggiungere il metro di spessore. Ha origine a quota 2200 m circa, quindi si divide in due lobi: quello di sinistra che termina a quota 1785 m (Pedriola), e quello di destra che termina a quota 1818 m. La lunghezza è di circa 3400 m (2009). I ghiacciai che lo alimentano sono, partendo da quello più settentrionale, quelli di Castelfranco, del Fillar, del Nordend, del Monte Rosa, del Signal, del Tre Amici e delle Locce. Il catasto dei ghiacciai italiani nel 1961 gli attribuiva una superficie, comprensiva dei suoi tributari, di 7.5 km²; attualmente stimiamo che la superficie del solo Belvedere sia di poco inferiore ai 2 km².

La denominazione Belvedere è subentrata all'originario toponimo Ghiacciaio di Macugnaga o Ghiacciaio del Monte Rosa, usata fino ai primi del '900 e dall'IGM fino al 1925. Il ghiacciaio è stato oggetto di descrizione e studio da parte di viaggiatori, alpinisti e scienziati già a partire dal '700: tra gli altri, ci piace ricordare le figure

di padre AMORETTI (1780), DE SAUSSURE (1789), VON WELDEN, FORBES (1845), l'abate STOPPANI (1870), GNIFETTI, ZUMSTEIN, DAINELLI (1902), MONTERIN (1922), SACCO (1930); un'ottima sintesi di quanto noto è riportata da MORTARA & TAMBURINI (2009), ove viene trattata in particolare l'emergenza Lago Effimero.

Le ricerche indirizzate ad accertare la presenza di sistemi sotterranei hanno avuto inizio nell'anno 2009, ad opera di speleologi novaresi, in seguito supportati dai colleghi di Biella. Nel 2009 è stata discesa la grotta del Fillar; nel 2012 sono state scoperte ed esplorate le grotte Risorgenza, Effimera e Nordend; nel 2013 Locce, Tre Amici, Due Gemelle; nel settembre 2014 è stato scoperto il sistema Zamboni, ancora non del tutto esplorato, mentre a ottobre sono stati rinvenuti nella zona centrale una serie di mulini glaciali.

Le grotte

Le grotte finora individuate (ottobre 2014) sono almeno una quindicina. Nel seguito presentiamo le principali; in uno dei prossimi numeri della rivista Labirinti potrete trovare una presentazione più dettagliata.

Sigla	Nome	Quota GPS	Quota CTR*	Coordinate (UTM-ED50)	Sviluppo (m)	Dislivello (m)
1	Risorgenza lobo N	1765	1804	416703E 5091377N	73	+3
2	GrottiCella	1827	1830	416605E 5091437N	7	-2
3	Grotta Fillar	1930	1920	416009E 5090916 N	40	-18
4	Effimera	1972	2009	415907E 5090556 N	>587	-78
5	Inghiottitoio Nordend	2080	2092	415474E 5090706N	57	-32
6	Grotta Nordend	2183	2155	415244E 5089662N	>40	-
7	Sistema Zamboni (ingr. settentrionale)	2082	2102	415952E 5089686N	>500	-54
8	Inghiottitoio M. Rosa Est	2083	2117	415630E 5089212N	22	-10
9	Inghiottitoio M. Rosa Ovest	2106	2118	415275E 5089118N	19	-9
10	Grotta delle Locce	2077	2128	415865E 5089191N	48	-14
11	Grotta Tre Amici	2182	2182	415358E 5088533N	135	-70
12	Gemella 1	2184	2189	415312E 5088567N	14	-8
13	Gemella 2	2184	2189	415308E 5088563N	18	-11

Nota: CTR Regione Piemonte a scala 1: 10.000, fogli 71030 e 71040, edizione digitale 2001

Tabella 1. Dati speleometrici delle principali grotte scoperte

Table 1. Speleometric data of the main explored caves



Figura 1. Il ghiacciaio del Belvedere visto da Sud (Capanna Resegotti)

Figure 1. View of Belvedere Glacier looking Northward (Resegotti refuge)

Risorgenza del lobo Nord

Si tratta della grotta che ospita l'emissario settentrionale del ghiacciaio; misure GPS hanno evidenziato che nel periodo 2012-2014 la fronte si è ritirata di circa 30 m. Nel periodo estivo vi fuoriesce un impetuoso torrente con portate dell'ordine del m³/s che la rende inaccessibile. Con il gelo e la conseguente cessazione dell'attività idrica è stato possibile risalirla per una settantina di metri. Con il progredire della stagione, la grotta si riduce progressivamente di lunghezza, fino a scomparire. Caratteristiche dell'acqua (14.9.2014): temperatura 0.2 °C; conducibilità 39 µS/cm; pH 7.5.

Grotta del Fillar

Acquisisce le acque di scioglimento dei ghiacciai di Castelfranco e del Fillar; al contatto con il ghiacciaio si è originata una marcata depressione del diametro di un'ottantina di metri, facilmente visibile anche nelle immagini satellitari. Nell'anno 2003, a seguito della rottura del Lago Effimero, l'intera depressione si è trasformata in un lago che ha dato origine a un deposito di sedimenti che è perdurato alcuni anni.

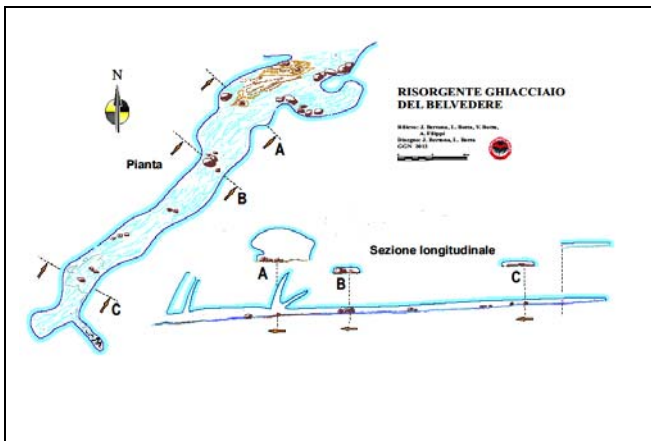


Figura 2. Rilievo topografico Risorgenza Lobo Nord

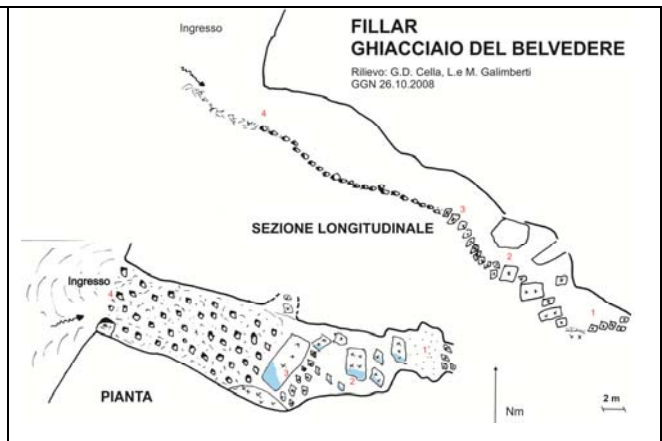


Figura 3. Rilievo topografico grotta del Fillar

Figure 2. Survey of northern Belvedere glacial lobe blowout Figure 3. Survey of Fillar cave

Nel periodo estivo è percorsa da un violento torrente, con portata dell'ordine di 200 l/s. Il 26.10.2008 la portata era di 5 l/s, la temperatura dell'acqua 6.9 °C, quella dell'aria 1.2 °C. Consiste in un ripido pendio inclinato ingombro di massi, che dà su una saletta occupata da blocchi di ghiaccio. Durante l'esplorazione sono stati avvertiti vari scricchiolii; in effetti, in corrispondenza della grotta, la superficie del ghiacciaio presenta uno sprofondamento circolare attraversato da profonde fratture.

Effimera

La grotta, scoperta nel settembre 2012, inizia con un pozzo profondo una trentina di metri interamente scavato nel ghiaccio; si raggiunge così il meandro attivo, in moderata pendenza, che si inoltra nel ghiacciaio sia a monte che a valle per oltre 700 metri.

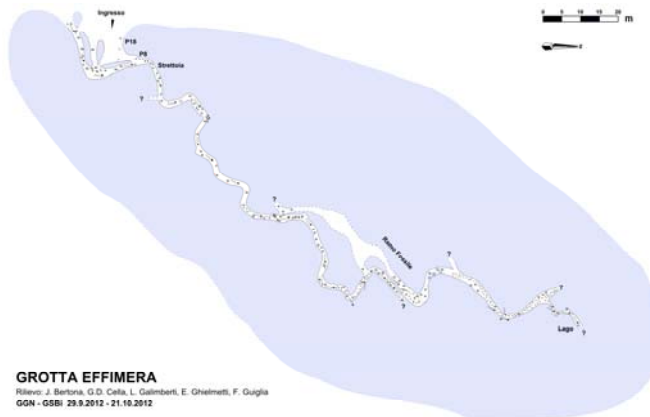


Figura 4. Grotta Effimera: planimetria

Figure 4. Effimera cave: plan view



Figura 5. Grotta Effimera: ingresso

Figure 5. Effimera cave: the entrance

La galleria, che presenta un percorso meandreggiante, si sviluppa a una profondità compresa tra i 40 e i 60 metri dalla superficie esterna e presenta numerose diramazioni inesplorate, alcune palesemente fossili; non si presenta mai particolarmente ampia e alterna tratti interamente scavati nel ghiaccio ad altri che poggiano su un basamento roccioso o su rocce fluitate; non mancano suggestive salette. La progressione richiede attenzione per la presenza del torrente e di vari salti e scivoli di ghiaccio. La provenienza del torrente non è nota: raccoglie copiosi tributi locali e forse una parte delle acque drenate dall'inghiottitoio Nordend; una piena ha purtroppo asportato i rilevatori predisposti per accertarne il collegamento. Il rilievo si è fermato in corrispondenza di un laghetto, ove la volta di ghiaccio si era pericolosamente abbassata; solo un paio di settimane prima era stato agevolmente superato, accedendo a rami con forte circolazione ventosa, in prossimità con la vicina Grotta del Fillar. Negli anni successivi non è risultato più possibile accedere alla grotta, a causa della ristrettezza dei vani di accesso, sempre parzialmente allagati; la presenza del sottostante torrente era però nettamente avvertibile. Alcuni di noi ipotizzano che il pozzo che ne permetteva l'accesso derivasse dall'azione di acque provenienti da varie fonti, ma principalmente dalla fusione dell'alta parete glaciale soprastante l'ingresso, forse convogliate da un piccolo bacino temporaneo: a causa dell'abbassamento del ghiacciaio, ora la parete è pressochè scomparsa, e quindi queste condizioni non si sono più ripetute. Per quanto di nostra conoscenza, al momento si tratta della grotta glaciale alpina di maggior sviluppo.

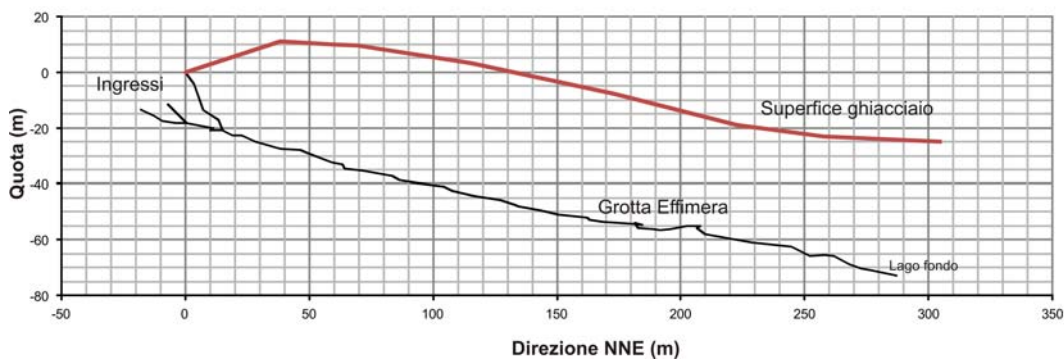


Figura 6. Grotta Effimera: spessore del ghiacciaio lungo il suo sviluppo.

Figure 6. Glacier thickness above Effimera cave.

Inghiottitoio Nordend

Il ghiacciaio Nordend chiude la sua corsa gettandosi in un ampio lago glaciale, non riportato in cartografia. L'emissario, dopo aver costeggiato l'omonima morena, giunto al contatto con il ghiacciaio del Belvedere sprofonda fragorosamente in un pozzo. Nel novembre 2012 è stato possibile discenderlo. Un salto di pochi metri dà su una sala di una decina di metri di diametro occupata da poderosi massi, nei cui pressi un modesto rigagnolo scompare. La grotta prosegue con una larga e bassa galleria inclinata, dal pavimento roccioso, ricoperta da massi sparsi di varia dimensione. A 32 m di profondità la galleria diminuisce di altezza, divenendo impercorribile. Risalendo sulla destra, si raggiunge un basso e inclinato cunicolo endoglaciale parallelo, di lunghezza inferiore.

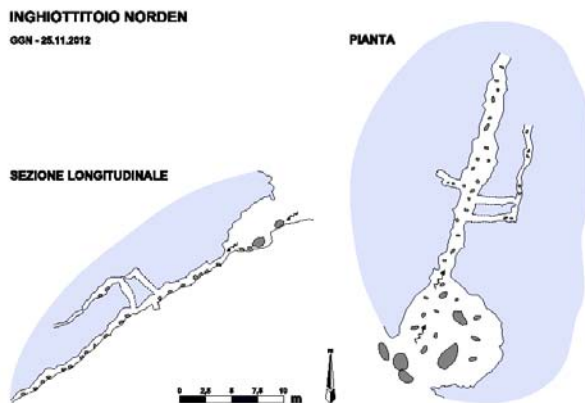


Figura 7. Rilievo della grotta Nordend
 Figure 7. Survey of Inghiottitoio Nordend



Figura 8. Meandro nel Sistema Zamboni
 Figure 8. Meander inside Sistema Zamboni

Grotta Nordend

A rigore non cade nell'area del Belvedere, ma merita di essere ricordata per il suo bel portale che si affaccia sull'omonimo lago glaciale. E' stata risalita per una ventina di metri: chiude su grossi blocchi di ghiaccio crollati dal soffitto, collassato.

Sistema Zamboni

Nel settembre 2014, nei pressi del rifugio Zamboni, è stato scoperto ed esplorato, con il determinante contributo degli speleologi biellesi, questo interessante sistema. Al momento, lo sviluppo supera i 500 m. Una serie di pozzi paralleli permette di accedere a un meandro attivo, che è possibile risalire per diverse centinaia di metri; a valle la grotta assume un percorso più verticale e pare inabissarsi in direzione del settore centrale del ghiacciaio, con portata del torrente viepiù consistente (non meno di 100-200 l/s). Ci si è arrestati in corrispondenza di una cospicua cascata, ma prosegue. L'acqua proviene in parte dall'emissario del lago delle Locce, distante circa 800 m; il tempo di transito è di circa 24 ore. Il 20 settembre, ore 12, la temperatura era di 0.1 °C, il pH 8.8 e la conducibilità 64 µS/cm.

Grotta delle Locce

Si apre al centro del ghiacciaio, in una zona pianeggiante. Uno scivolo dà in una salettina, ove un pozzo permette di accedere al meandro sottostante. Il lato a monte conduce a un ulteriore ingresso, quello a valle dà in una sala cosparsa di blocchi di ghiaccio e di roccia; da qui ci si può affacciare su una galleria molto estesa, totalmente allagata.



Figura 9. Rilievo delle Grotte delle Locce

Figure 9. Survey of Locce cave

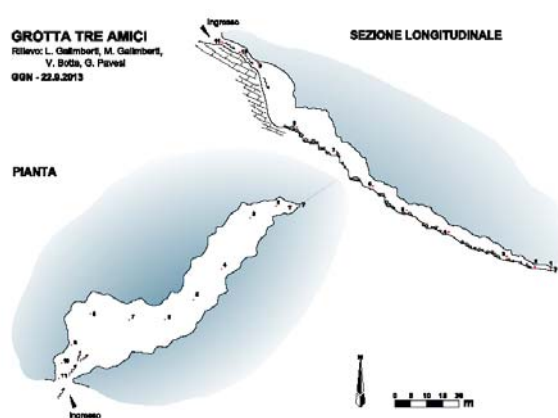


Figura 10. Rilievo grotta Tre Amici

Figure 10. Survey of Tre Amici cave

Grotta Tre Amici

Alla base del ghiacciaio Tre Amici un torrentello, dopo un breve percorso esterno, si inabissa all'interno del ghiacciaio del Belvedere. Dopo un tratto poco inclinato, le acque si gettano in un pozzo dal pavimento roccioso profondo circa 30 m, perdendosi poi alla sua base. La grotta prosegue alternando tratti variamente inclinati, riducendosi progressivamente di altezza. Il pavimento alterna tratti ghiacciati a tratti rocciosi. Il giorno 13 settembre 2014 alle ore 18 la portata del torrente era di circa 20 l/s, con temperatura 4.2 °C, pH 8 e conducibilità 46 µS/cm; a distanza di una settimana la portata era notevolmente diminuita, il pH passato a 7.1 e la conducibilità salita a 70 µS/cm.

Conclusioni

Le esplorazioni svolte hanno permesso di mettere in luce lacerti, anche consistenti, di un sistema carsico sconosciuto, e forse neppure sospettato. Le grotte scoperte possono venire inquadrate in 3 gruppi:

1 *Mulini glaciali*. sono stati scoperti nel periodo di stesura di questo lavoro, nella zona centrale del ghiacciaio: Sotto Vuoto sPintos, l'unico finora disceso, raggiunge una trentina di metri di profondità.

2 *Grotte di contatto*. Sono caratterizzate da sezioni piuttosto larghe e schiacciate, progressivamente più ridotte; l'andamento è tendenzialmente rettilineo, la lunghezza non eccessiva. Si aprono alle sorgenti del ghiacciaio o in corrispondenza di arrivi laterali (Fillar, Nordend, Tre Amici).

3 *Grotte di tipo "endoglaciale"*. Si tratta di grotte attive con andamento meandriforme, lunghezza importante, sezioni piuttosto verticali: alternano ampi tratti scavati completamente nel ghiaccio a tratti scavati tra il ghiacciaio e quello che pare il basamento roccioso o morenico. Sulle pareti del meandro a volte sono testimoniati i diversi livelli del torrente.

L'accesso a queste grotte (Effimera, Locce, Zamboni) è legato a fattori accidentali. Sono percorribili solo in presenza di una portata idrica consistente, che riteniamo renda disponibile il calore necessario a mantenere percorribili le gallerie. La riduzione delle portata (e della temperatura) comporta a breve una marcata riduzione della sezione delle condotte, a causa dello scorrimento plastico del ghiaccio. Test di tracciamento al lago Effimero (anni 2002-2004) facevano ipotizzare la presenza di un torrente ipogeo, adiacente la morena occidentale. Attualmente un flusso importante, sito a breve distanza dalla morena orientale, è intercettato dal Sistema Zamboni; un tracciamento ha dimostrato che raccoglie le acque del Lago delle Locce. I lunghi tempi di rilascio sono coerenti con la presenza di bacini sotterranei intermedi: la grotta delle Locce potrebbe addirittura averne intercettato uno.



Figura 11. Ingresso grotta Tre Amici

Figure 11. Entrance of Tre Amici cave



Figura 12. Meandro nel Sistema Zamboni

Figure 12. Active meander inside Sistema Zamboni



Figura 13. Vista d'insieme delle grotte esplorate

Figure 13. Overall view of explored caves

Ringraziamenti

Desideriamo ringraziare particolarmente il personale della seggiovia del Belvedere, che ci ha riservato mille cortesie, così come il presidente del CAI Macugnaga Teresio Valsesia e il Sindaco Stefano Corsi. Hanno collaborato alle esplorazioni Fiorenzo Guiglia, Alex Mancin, Alberto Agnesina, Paolo Bertacco, Jork Cavallari, Maria Rosa Cerina, Massimiliano Ciocca, Rosella Favino, Andrea Filippi, Marco e Paolo Galimberti, Angela Guiglia, Cesare Galli, Claudia Mellano, Gabriele Morel, Pierfranco Pintus, Paolo Testa.

Bibliografia

- MORTARA G., TAMBURINI A., 2009. *Il Ghiacciaio del Belvedere e l'emergenza del Lago Effimero*. Soc. Met. Subalpina, Bussoleno (To).
- CELLA G.D., GALIMBERTI L., 2009. *Grotta al Ghiacciaio del Belvedere*. *Labirinti*, **29**, 63-66.
- BUSCAINI G., 1991. *Monte Rosa*. CAI-TCI Milano.

SPEDIZIONE INTI MACHAY 2014: ESPLORAZIONE E RISULTATI OTTENUTI

NORMA DAMIANO¹, MELISSA GALVAN BERNAL, CECILIO LOPEZ TERZERO², GUSTAVO VELA TURCOTT³,
JORGE DEL CAMPO ADEVA², JOSE GUERRERO ALEGRIA⁴, MONICA TORRE, GERALDINE SOLOGNAC,
ROBERTO ROJO

¹ GS CAI Napoli, Via Trinità degli Spagnoli n.41, Naples; speleologia@cainapoli.it

² Club de Espeleologia GEODA, Madrid

³ Sociedad Mexicana de Exploraciones Subterranas, Ciudad de Mexico

⁴ Espeleo Rescate Mexico, Ciudad de Mexico

Riassunto

Nel mese di settembre del 2014 un gruppo di speleologi ha organizzato una spedizione internazionale nel nord del Perù nella regione di Chachapoyas, in una zona selvatica dell'Amazzonia denominata Lugar Tranquilo, Leymebamba. E' dall'anno 2003 che il Grupo Espeleokandil lavora in quest'area esplorando grotte di grande interesse archeologico. Il loro obiettivo era ricercare e studiare i reperti della cultura Chachapoyas trascurando il resto delle grotte. Lo scopo della spedizione Inti Machay è stato proprio l'esplorazione di due grotte con un forte potenziale esplorativo: la Cueva de Inti Machay, scoperta nell'anno 2013 con molti reperti archeologici ed un possibile potenziale di 1000 m di profondità; e la Sima de la Tranquilidad, scoperta nel 2009 ed esplorata solo in parte.

Durante la spedizione si sono esplorati alcuni rami nuovi della grotta Sima de la Tranquilidad, di cui uno chiude senza possibilità di prosecuzione, uno ritorna su una parte già conosciuta della grotta, ed un terzo formato da un meandro in cui scorre l'acqua finisce con un passaggio stretto senza possibilità di prosecuzione per l'uomo. L'esplorazione più interessante è stata fatta nella Cueva Inti Machay dove è stata esplorata solo la via principale fermandoci a circa -400 m di profondità con uno sviluppo di circa 1 km; la grotta prosegue lungo la direzione del flusso dell'acqua. Inoltre, mancano da esplorare e rilevare ancora molti rami laterali.

I risultati ottenuti possono essere considerati le basi per un'ulteriore spedizione in cui lo scopo potrà essere sia scientifico che archeologico.

Parole chiave: Perù, esplorazione, spedizione, Inti Machay

Abstract

INTI MACHAY EXPEDITION: EXPLORATION AND RESULTS - In September 2014 a group of cavers organized an international expedition in northern Peru, in the Chachapoyas region, in a wilderness area of the Amazon called Lugar Tranquilo, Leymebamba. Since 2003 the Grupo Espeleokandil is working in this area exploring caves of great archaeological interest. Their goal was to research and study the artifacts of the Chachapoyas culture, neglecting the rest of the caves. The purpose of the expedition Inti Machay was actually exploring two caves with strong possibility for exploration: the Cueva de Inti Machay, discovered in the 2013, with many archaeological findings and a possible depth of -1000 m, and the Sima de la Tranquilidad, discovered in 2009 and only partly explored.

During the expedition we explored some new branches of the Sima de la Tranquilidad, one ending with no possibility of prosecution, the other returning to a known part of the cave, and a third, formed by a bend where the water flows, that ends up with a narrow passage without the possibility of passage for man. The most interesting exploration was made in the Cueva Inti Machay where only the main passage was explored, stopping at about -400 m depth with a development of about 1 km. The cave continues along the direction of water flow. In addition, there are yet many lateral branches to explore and survey.

The results obtained can be considered as the basis for a further expedition whose purposes will be both scientific and archaeological.

Key words: Perù, exploration, expedition, Inti Machay

Introduzione

La spedizione internazionale che si è svolta nel mese di settembre 2014 in una regione selvatica dell'Amazzonia a nord del Perù, è nata dall'intenzione di esplorare alcune grotte dell'area conosciute solo per le prime centinaia di metri. La squadra è composta da speleologi provenienti dalla Spagna, dal Messico, dalla Francia e dall'Italia, ed ha realizzato un campo a circa 3200 m di altezza nell'area denominata Lugar Tranquilo, in Leymebamba, nella regione di Chachapoyas. I primi a lavorare in questa zona sono stati speleologi appartenenti al gruppo speleologico EspeleoKandil di Madrid, il cui obiettivo principale era l'esplorazione e lo studio di reperti archeologici ritrovati in grotta. Dal 2003 il gruppo EspeleoKandil lavora nel territorio di Chachapoyas in cavità di interesse archeologico e in luoghi inaccessibili agli archeologi. In base ai loro interessi l'esplorazione delle grotte terminava nel punto in cui non si trovavano più resti archeologici, per questo molte delle cavità incontrate sono rimaste, da un punto di vista esplorativo, sconosciute. Da questa situazione nasce l'obiettivo della spedizione: proseguire con l'esplorazione e la documentazione in particolare di due grotte, la Cueva Inti Machay, scoperta nell'anno 2013 con molti reperti archeologici ed un possibile potenziale di 1000 m di profondità, e la Sima de la Tranquilidad, scoperta nel 2009, e anch'essa esplorata solo in parte.

Inquadramento geologico

L'area esplorata si trova nella parte settentrionale della Cordigliera delle Ande comprendendo la fascia subandina con l'alternarsi di valli e picchi elevati con morfologia accidentata e brusca. In particolare, essa si trova ad una quota di circa 3200 m di altitudine s.l.m., tra i fiumi Marañon e Utcubamba (Fig. 1) nella regione denominata Ceja de Selva; questi fiumi rappresentano il drenaggio principale dell'area e sono alimentati dal disgelo e dalle continue precipitazioni pluviali. Inoltre, essi formano delle valli di erosione la cui evoluzione dipende dalle caratteristiche del fondo e delle pareti, condizionate dalla litologia e dalla struttura geologica. La Valle del Marañon rappresenta il collettore principale tra il punto di incontro della Cordigliera Occidentale ed Orientale, e segue la direzione SE-NW.

Da un punto di vista geologico la roccia è formata principalmente da calcari del Gruppo Pucarà del periodo Triassico-Giurassico, questa formazione influisce molto sulla morfologia permettendo lo sviluppo di un rilievo ricco di forme carsiche quali doline e grotte. I calcari contengono noduli ed inclusioni silicee di forma irregolare, e sono presenti molti macrofossili; in alcune zone sono intercalati da materiale limoso-argilloso, anch'esso ricco di fossili. Al di sopra di questa formazione si incontra la Formazione Corontachaca formata da circa 400 metri di materiale di breccia, conglomerati calcarei originati da una rapida sedimentazione associata a forte sollevamento ed erosione del Gruppo Pucarà.

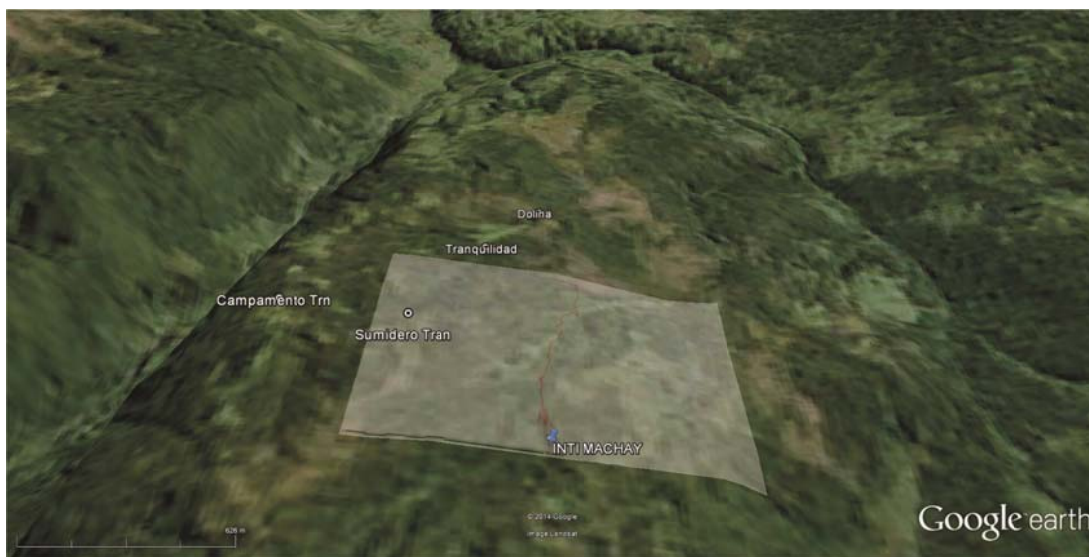


Figura 1. Inquadramento cartografico dell'area di interesse, con ubicazione delle grotte esplorate.

Figure 1. Area interested with indication of the caves explored.

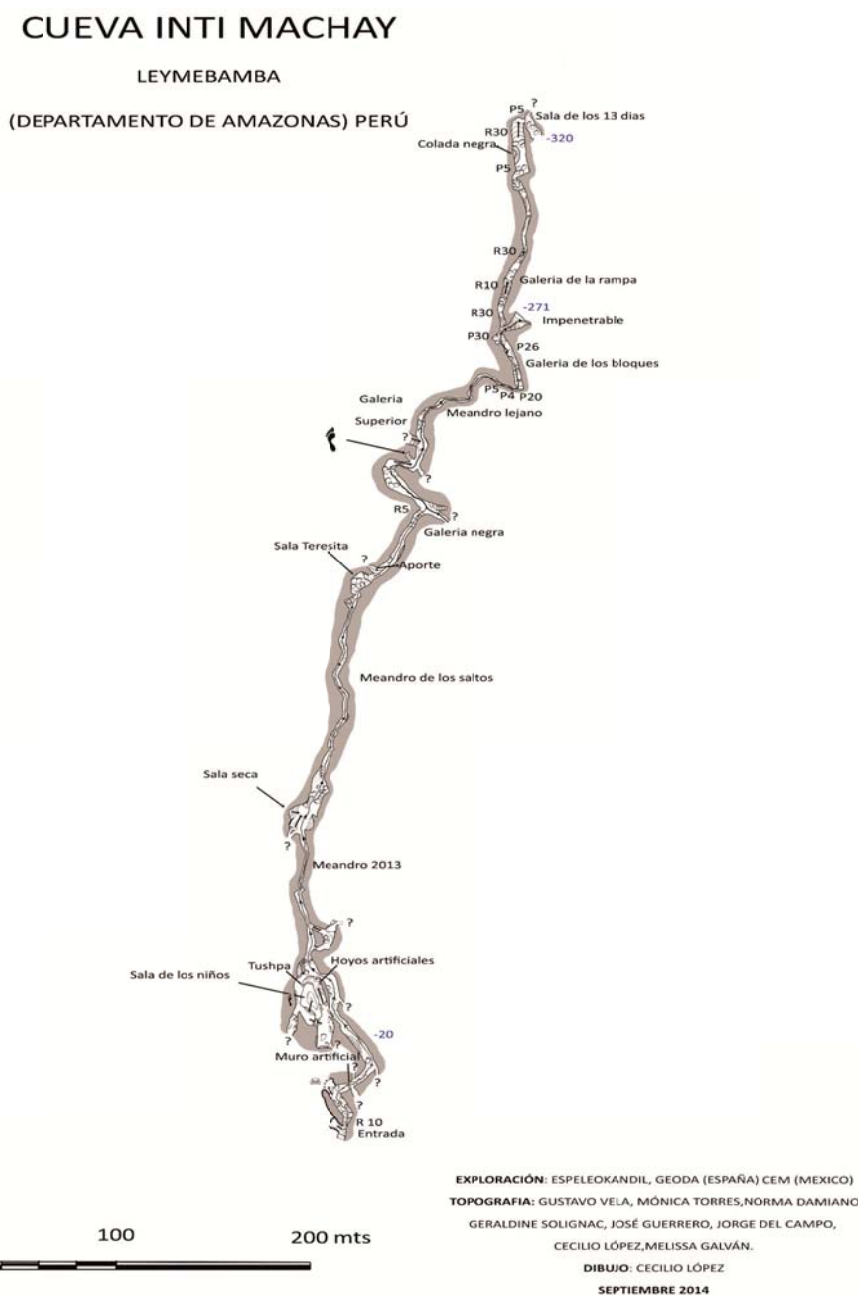
La formazione calcarea ha subito deformazioni formando grosse pieghe asimmetriche distorte per la presenza di faglie, principalmente inverse, con direzione prevalente NNW-SSE; esse occupano il fianco occidentale di una piega anticlinale con al nucleo la sequenza di roccia del periodo Paleozoico (AGAPITO SANCHEZ, 1995). La sequenza di roccia del Paleozoico è formate da rocce pelitiche, arenarie, limonite e limoso-argillose di colore grigio-verde che passano ad arenarie rosse.

Esplorazione

La spedizione prevedeva 4 settimane di lavoro, di cui 3 di esplorazione e qualche giorno iniziale e finale da dedicare all'organizzazione e sistemazione del campo base. Le grotte esplorate sono state due, oltre al raggiungimento di una tomba su una parete con pitture rupestri.

La Cueva Inti Machay si apre all'interno di un terreno di proprietà, lo stesso proprietario ha segnalato la presenza della grotta e dei ritrovamenti archeologici ed incentivato l'esplorazione e lo studio.

Il nome Inti Machay deriva dalla lingua Quechua e significa Grotta del Sole (*inti* significa sole e *machay* grotta), e la grotta prende il nome da una parete di calcare chiamata *La peña del Sol*, la roccia del sole. E' un inghiottitoio che si apre al fondo di una grossa dolina che raccoglie le acque meteoriche della zona. Per raggiungere l'ingresso è necessario farsi strada in un sentiero che viene aperto ogni anno a colpi di machete. La grotta è stata esplorata per uno sviluppo di circa 1 km ed una profondità di -320 m (Fig. 2).



L'ingresso è formato da uno scivolo di circa 10 m (Fig. 3) che conduce a degli ambienti ampi, una sala laterale dalle dimensioni circa di 40x20 m ricoperta da materiale sciolto e dove sono stati ritrovati reperti archeologici quali cocci, resti ossei ed impronte fossili. La grotta continua seguendo la via dell'acqua con direzione principale N-S lungo un meandro che dopo poco più di 50 m raggiunge una seconda sala con crolli, denominata Sala Secca (Fig. 3); in questa parte della grotta sono presenti molti arrivi laterali ancora da esplorare. Dopo 150 m circa il meandro prosegue con una serie di saltini fino ad arrivare alla biforcazione in cui la grotta si immette in un secondo ramo con direzione NNW-SSE. In questo punto l'afflusso di acqua aumenta alimentato principalmente dal ramo proveniente dal lato destro (Galeria Negra) la cui esplorazione è stata fatta per circa 60 m. Il ramo che prosegue verso sinistra dopo circa 40 m cambia di nuovo direzione (NNE-SSW) e diventa un meandro tortuoso con varie gallerie laterali, anch'esse ancora da esplorare.

Figura 2. Pianta della Cueva Inti Machay (rilievo 2014).

Figure 2. Inti Machay Cave map (survey 2014).

Dopo circa un centinaio di metri inizia la parte più verticale della grotta con saltini di 5 e 4 metri, e si prosegue

poi con pozzi di 20, 26 e 30 m. Alla base del P30 si arriva in una sala dove la via dell'acqua si perde in un passaggio stretto alla profondità di -280 m. In un secondo passaggio stretto tra crolli alla base del P30 si prosegue lungo uno scivolo per circa 30 m che porta ad una serie di scivoli denominati *Galeria de la Rampa*, dove la galleria lunga circa un centinaio di metri riprende la direzione principale N-S. L'esplorazione si ferma dopo un saltino di 5 m, uno scivolo da 30 m ed un altro saltino da 5 m che porta in una sala con crolli e detriti. Quest'ultima parte della grotta è caratterizzata dall'assenza del passaggio di acqua e dalla presenza di molto materiale detritico e fangoso dovuto anche alla frizione della roccia lungo la faglia.



Figura 3. Ingresso della Cueva Inti Machay (destra) e sala con crolli (Sala Secca) della Grotta Inti Machay (sinistra) (foto: G. VELA TURCOTT).

Figure 3. Entrance of Inti Machay Cave (right) and room with collapses (Sala Secca) of Inti Machay Cave (left) (photo: G. VELA TURCOTT).

La Sima de la Tranquilidad prende il nome dal luogo in cui si apre l'ingresso, Lugar Tranquilo. La grotta è stata esplorata per uno sviluppo di 230 m ed una profondità di -77 m (Fig. 4).

L'ingresso è un pozzo di 10 m (Fig. 5) che porta in un'ampia sala con varie diramazioni. Nella parte W, su un piccolo terrazzino, sono stati trovati reperti ossei concrezionati. Proseguendo verso il ramo NNE si incontra un primo pozzo di 5 m ed un secondo di 20 m, qui si giunge in una sala di crollo con a lato i ritrovamenti ossei di una sepoltura; su di un terrazzino in risalita sono stati trovati altri reperti ossei. Da una finestra verso il basso si prosegue con un pozzo da 11 m che porta in una sala ampia, tra blocchi si apre una finestra con un salto di 5 m ed un'altra finestra stretta affaccia su un pozzo di 13 m; da questo punto inizia un meandro tortuoso lungo 25 m con direzione principale N-S. L'esplorazione si ferma su un passaggio stretto in cui si intravede la prosecuzione della grotta con passaggio di acqua.

Tornando alla sala iniziale, il ramo verso S (*Sala del Fossil*) prosegue in passaggi stretti tra blocchi e dopo un saltino di circa 3 m si raggiunge un meandro di circa 20 m che chiude in una saletta circolare con il fondo ricoperto di fango in cui non c'è circolazione di aria. In questo tratto la roccia è friabile e ricca di noduli.

Studi archeologici

La evidenza archeologica presente nella Cueva Inti Machay sembra corrispondere alla cultura pre-inca Chachapoyas, anche se si rende necessaria una ricerca pertinente per poter definire meglio sia la tradizione della ceramica che la datazione dei reperti ossei, come il significato del carbone che è stato identificato all'interno dei reperti. Secondo i ricercatori della regione, la cultura Chachapoyas raggiunse il suo picco tra il 900 e il 1470 d.C. nella zona della giungla e della sierra NW del Perù (LERCHE, 1995; SCHJELLERUP, 1997; KAUFFMAN, 2001), per cui è molto plausibile che i resti rinvenuti nella grotta appartengano a questo periodo.

Dopo una prima esplorazione della Cueva Inti Machay è stato osservato che la grotta ha avuto un forte carico

simbolico, testimoniato dalla presenza di sepolture multiple, che nella sua interezza (cinque fino ad ora registrati) erano bambini. Anche se non è stato possibile ottenere informazioni specifiche sulla causa della morte dei corpi, si è potuto osservare che le sepolture non sono state trovate in una zona ristretta della grotta, ma sono state depositate distanziate tra loro, probabilmente seguendo una disposizione pianificata. In generale, le sepolture erano associate ad elementi di ceramica (Fig. 6), così come a resti di fuochi testimoniati da concentrazione di carbone elevata. Da sottolineare, anche, la presenza di un gran numero di ossa di animali (mammiferi) di taglia grande (probabilmente lama).



Figura 4. Sezione della Sima de la Tranquilidad (rilievo 2014).

Figure 4. Sima de la Tranquilidad section (survey 2014).



Figura 5. Ingresso della Sima de la Tranquilidad (foto: N. DAMIANO).

Figure 5. Entrance of Sima de la Tranquilidad (photo: N. DAMIANO).

Nei pressi dell'entrata della grotta sono state individuate delle pitture rupestri precolombiane con motivi circolari di colore rosso (Fig. 6). Queste pitture si trovano su una parete rocciosa ad un'altezza di circa 20 m. La parete è localizzata di fronte all'ingresso principale della grotta; in questo modo si è potuto osservare che le pitture rupestri sono allineate con lo stesso ingresso. Durante l'esplorazione del sito è stata identificata una sepoltura multipla, la quale è costituita da almeno tre individui adulti, la disposizione dei resti è stata difficile da identificare a causa di una esplorazione parziale e rapida dovuta alle condizioni del sito (20 m al di sopra della superficie, in un'area di circa 1,30x3 m.). Le osservazioni più evidenti sono state l'identificazione di sei femori completi, l'assenza di teschi e solo un frammento di mascella. Si suppone che il luogo sia stato saccheggiato in passato, il che giustificherebbe l'assenza di teschi e probabili frammenti ceramici.

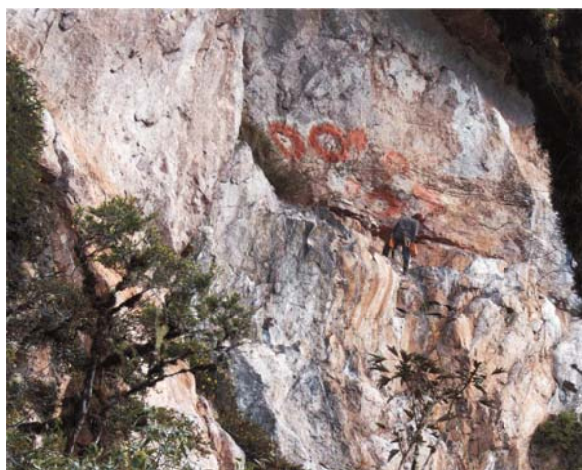


Figura 6. Resti di ceramiche (destra) e parete con pitture rupestre (sinistra) (foto: N. DAMIANO).

Figure 6. Remains of ceramics (right) and wall with rock paintings (left) (photo: N. DAMIANO).

L'usanza funeraria di disporre i resti umani in "terrazzamenti" elevati situati sulle pareti, è stata ampiamente utilizzata tra gli Chachapoyas pre-inca, così come si hanno molte testimonianze dell'utilizzo delle grotte come "cimiteri". Nel caso di cavità sotterranee sono state identificate, anche, delle modifiche alle formazioni naturali per la deposizione dei morti (RUIZ, 2008). La Cueva Inti Machay e il suo intorno rappresentano luoghi sicuramente molto utilizzati non solo per scopi pratici, ma anche rituali ed è di grande interesse per definire la presenza umana nella zona.

Conclusioni

Le esplorazioni svolte nell'area Lugar Tranquilo, nell'Amazzonia del N del Perù, si sono concentrate in due grotte, la Sima de la Tranquilidad dove l'unica prosecuzione è rappresentata da un passaggio in strettoia, e la Cueva Inti Machay, esplorata solo lungo il ramo principale di cui non si conosce ancora il fondo, e molti rami laterali non sono stati esplorati per mancanza di tempo. Anche le osservazioni fatte sui reperti archeologici necessitano di un lavoro più ampio e specifico. Inoltre, si è constatato che il passaggio delle due grotte è molto vicino, e quindi queste potrebbero essere correlate tra loro.

Ringraziamenti

La spedizione è stata svolta grazie anche all'appoggio dell'Institucion Centro Malaqui, alla Municipalidad di Leymebanba e alla parrocchia di San Agystin (Leymebamba); un ringraziamento particolare va al proprietario del terreno che ci ha ospitato Jabier Forje e alle nostre guide Eyre e Umberto.

Bibliografia

- AGAPITO SANCHEZ F., 1995. *Geologia de los cuadrangulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leymebamba y Boliva*. Boletín n° 56, Carta Geologica Nacional, Instituto Geologico Minero y Metalurgico, Republica del Perù.
- KAUFFMAN D., 2003. *Los Chachapoya(s). Moradores ancestrales de los Andes amazonicos peruanos*. Universidad Alas Peruanas, Lima, Perù.
- LERCHE P., 1995. *Los Chachapoyas y los simbolos de su historia*. Ediciones y servicios graficos Cesar Gaynoso, Lima, Perù.
- RUIZ A., 2008. *Las cavernas y el poblamiento prehispanico de la provincial de Chachapoyas*. Investigaciones sociales, XII, 20, pp. 35-36, Lima, Perù.

L'IMPORTANZA DELLA TOPOGRAFIA NELL'ESPLORAZIONE DEL COMPLESSO DELLA VALLE DEL NOSÈ

LUANA AIMAR¹, MARCO CORVI², ANDREA MACONI³, MARZIO MERAZZI⁴,
ANTONIO PREMAZZI⁵, PAOLA TOGNINI⁶

¹ Progetto InGrigna!, S. C. CAI Erba, via Novelli 37, Varese; speleolu@libero.it

² Progetto InGrigna!, Via Borgo Antico 7, Recco (GE); marco.corvi@gmail.com

³ Progetto InGrigna!, G. G. Milano CAI-SEM, via Amedeo d'Aosta 5, Milano; andrea.maconi@fastwebnet.it

⁴ Progetto InGrigna!, S. C. CAI Erba, via Piani 5, Imperia; marziom@email.it

⁵ Progetto InGrigna!, S.C. CAI Erba, via Novelli 37, Varese; antonio.premazzi@libero.it

⁶ Progetto InGrigna!, G.G.Milano CAI-SEM, via Santuario Inf. 33/D, Barzago (LC); paolatognini@iol.it

Riassunto

Il Complesso della valle del Nosè (Lombardia – Como) rappresenta attualmente uno dei maggiori complessi carsici dell'intero territorio nazionale. La storia della sua esplorazione prosegue da ormai otto decenni, legando indissolubilmente diverse generazioni di speleologi.

All'inizio degli anni 2000 l'area carsica del Pian del Tivano – Valle del Nosè rappresentava una delle principali aree carsiche lombarde con oltre 22 Km di vuoti ipogei percorsi. La rappresentazione topografica però non era sempre all'altezza delle esplorazioni compiute.

A partire dalla primavera del 2003, con la scoperta di Ingresso Fornitori si apre una nuova fase esplorativa che ha permesso di quadruplicare lo sviluppo dei vuoti ipogei conosciuti e rilevati. In particolare le giunzioni tra le grotte Ingresso Fornitori e Stoppani (26 gennaio 2008) e tra Stoppani e Complesso Tacchi-Zelbio (11 febbraio 2012) hanno portato alla formazione del Complesso della Valle del Nosè che, allo stato attuale delle conoscenze, supera i 62 Km di sviluppo spaziale. Un contributo fondamentale alla fase esplorativa è stato dato dalla topografia. Questa, pur gestita da pochi soggetti per ragioni di omogeneità, è stata effettuata nel modo più accurato possibile (nei limiti delle capacità personali e degli strumenti utilizzati) ed è stata estesa anche alle cavità già note. L'utilizzo di strumenti informatici ha poi consentito una rapida diffusione dei dati raccolti tra tutti i soggetti interessati.

Un esperimento di colorazione effettuato nell'autunno del 2013 ha accertato il collegamento fisico tra il Complesso della valle del Nosè e il lembo settentrionale della sinclinale a scala chilometrica che caratterizza l'area ampliando ulteriormente il potenziale esplorativo.

Parole chiave: Complesso della valle del Nosè, esplorazione, topografia, strumenti informatici

Abstract

THE IMPORTANCE OF SURVEYING AND THE EXPLORATION OF THE COMPLESSO DELLA VALLE DEL NOSÈ -

The cave system Complesso della Valle del Nosè (Lombardy – Como) is one of the longest known cave systems in Italy. Its exploration has involved several generations of cavers in the last eighty years and is still going on.

In the early years of the past decade the karstic area of Pian del Tivano – Valle del Nosè was one of the most important in Lombardy, with over 22 Km of cave passages. However the quality of the cave surveys did not always match that of the explorations.

In the spring 2003, after cavers managed to open Ingresso Fornitori, a new wave of explorations started. As a result the length of known passages quadruplicated, and two new connections between caves were found: Ingresso Fornitori – Grotta presso la Capanna Stoppani (Jan. 26, 2008) and Grotta presso la Capanna Stoppani – Grotta Tacchi (Feb. 11, 2012). Together with the already known connections between the Grotta Tacchi and Grotta Zelbio, these discoveries brought to a better knowledge of the cave system, known as Complesso della Valle del Nosè, now over 62 Km in length.

Surveying made a fundamental contribution to the exploration. The cave survey has been carried out with as much accuracy as possible (given the available instruments and the operating conditions). Known caves were re-surveyed to guarantee uniformity of the data. A restricted group of people has been in charge of collecting and organizing the survey data and maps. However the dissemination of information technology tools has made it possible to quickly distribute the data and the cave maps to all the cavers. This had beneficial effects: the participation of all the cavers to the shared knowledge and discussion of the activities provides a higher personal involvement in the exploration and it fostered the spur of new ideas for promising leads.

A tracer test carried out in the Autumn 2013 has proved the connection of the Complesso della Valle del Nosè and the northern part of the syncline which characterizes this area, thus enlarging even more the potential for new explorations.

Key words: Complesso della Valle del Nosè, exploration, survey, information technology tools

Inquadramento

L'area in cui si sviluppa il Complesso carsico oggetto del presente contributo è compresa tra i due rami meridionali del lago di Como ed è nota con il nome di Triangolo Lariano. La zona è caratterizzata dalla presenza di una piega sinclinale a scala chilometrica che immerge da ESE verso WNW con un'inclinazione compresa tra 10 e 20°. Il lembo più settentrionale costituisce la dorsale del Monte San Primo, mentre a meridione la struttura termina con una piega anticlinale poco a sud del Monte Palanzone. L'area è solcata da profonde valli (di cui la Valle del Nosè è la principale) e caratterizzata dalla presenza di una serie di piani costituiti da depositi glaciali, periglaciali e lacustri, ad una quota altimetrica di circa 1000 m. Tutto il bacino idrogeologico è costituito da una sola unità litostratigrafica: il Calcare di Moltrasio, di età giurassica (Lias inf.). Questo è costituito principalmente da calcari scuri, ricchi di selce in noduli o liste, ben stratificati, spesso con giunti argilloso-marnosi.



Figura 1. Complesso della Valle del Nosè: i grandi ambienti di Frenesia (foto M. INGLESE).

Figure 1. Nosè Valley cave system: the wide galleries of Frenesia (photo M. INGLESE).

Le esplorazioni

L'esplorazione del Complesso della Valle del Nosè prese avvio negli anni '30 del secolo scorso (BUZIO et al., 1981; FERRARI, 1999; BINI, 2002; AA.VV., 2005). Furono alcuni soci del Gruppo Speleologico Comasco che per primi si interessarono a due cavità soffianti, battezzate rispettivamente Zelbio e Tacchi, poste in prossimità dell'abitato di Zelbio. Le esplorazioni, condotte in maniera sporadica, continuarono nei primi anni '50. All'interno della Zelbio venne raggiunto un cunicolo intasato di sabbia alla profondità di -120 m; in Tacchi, alla profondità di -90 m, fu intercettato un torrente sotterraneo che sgorgava da un sifone a monte per gettarsi in un sifone a valle. Durante le stagioni estive del 1961-62 gli speleologi comaschi ebbero modo di risalire il letto del torrente in secca raggiungendo le propaggini occidentali del Pian del Tivano. Fu realizzato il rilievo di entrambe le cavità: quello della Zelbio è tuttora disponibile, mentre quello della Tacchi sembra sia andato perduto.

Sul finire degli anni '60 si interessarono all'area anche gli speleologi del Gruppo Grotte Milano. I milanesi ripercorsero le cavità topografandole nuovamente. Nel 1969 realizzarono il primo esperimento di tracciamento delle acque, immettendo 1.5 kg di fluoresceina nel torrente della Tacchi e verificandone la rapida e diretta connessione con le sorgenti dei Falchi della Rupe di Nesso. Successivamente superarono il cunicolo sabbioso al fondo della Zelbio esplorando ampie gallerie suborizzontali in cui ritrovarono il torrente sotterraneo. La giunzione fisica tra le due grotte avvenne nel 1971 per mezzo di un'immersione speleosubacquea. Nel corso degli anni '70 e '80 si verificarono più volte periodi di secca che permisero agli speleologi di proseguire le esplorazioni nei rami a monte della Tacchi.

Sul finire degli anni '70 le ricerche speleologiche si concretizzarono anche in altre cavità dell'area. Nel 1979 speleologi del Gruppo Grotte Milano superarono la frana che rappresentava il termine di una modesta cavità in prossimità della Colma Stoppani. In breve la grotta venne esplorata per diversi chilometri di sviluppo fino alla profondità di -265 m. Qualche anno più tardi, superando un passaggio allagato in uno dei rami più remoti, gli speleologi milanesi e comaschi esplorarono i Rami Nuovissimi, ampie gallerie che si spostavano prepotentemente verso ovest, avvicinandosi ai rami a monte della Tacchi (Fig. 2).

All'inizio del nuovo secolo nell'area del Pian del Tivano erano stati percorsi e topografati oltre 22 km di vuoti ipogei concentrati principalmente in quattro cavità (Complesso Tacchi-Zelbio, grotta presso la Capanna Stoppani, Bus de la Niccolina e abisso di Monte Cippei) prossime alla zona assiale. Non sempre però a queste esplorazioni era seguita un'attenta topografia. Se del Complesso Tacchi-Zelbio era stato realizzato un rilievo che si può definire particolarmente accurato, della Stoppani esisteva solo una poligonale incompleta.

Dopo qualche anno di relativa stasi, l'attività riprende anche grazie a nuovi soggetti. Sono alcuni soci di Speleo Club Erba, in particolare, a innescare un cambio di metodologia nella ricerca e nella gestione dei dati raccolti. Le esplorazioni riprendono con risultati eclatanti anche grazie alla stretta collaborazione tra i nuovi arrivati e alcuni degli esploratori ormai storici dell'area.

Il primo risultato esplorativo riguarda il Boeucc di Bianchen, una modesta cavità esplorata negli anni '70. Riscoperta sul finire degli anni '90, viene giuntata con la vicina grotta Zelbio dopo una massiccia disostruzione.

Tuttavia l'esplorazione che cambia radicalmente la conoscenza dell'area prende avvio nella primavera del 2003. Dopo alcune giornate di scavo viene superata la frana terminale di Ingresso Fornitori, una piccola cavità interessata da una violenta corrente d'aria. Superati i primi, disagiati ambienti l'esplorazione viene condotta a un ritmo frenetico, tanto che, in meno di due anni Ingresso Fornitori supera i 20 km di sviluppo spaziale.

La topografia procede di pari passo con l'esplorazione e viene eseguita con la massima accuratezza possibile. Vengono completamente rilevati tutti i rami percorsi, anche i più disagiati. Per garantire uniformità nella raccolta dei dati e negli schizzi esplorativi, il lavoro viene eseguito quasi esclusivamente da due persone (D. BASSANI e M. MERAZZI) ai quali successivamente si affianca una terza persona (A. MACONI). Solo in rari casi la topografia e il disegno vengono affidati a altri (M. CORVI, A. MARIENI, A. PREMAZZI). Per contro, tutti i soggetti impegnati nell'esplorazione coadiuvano il rilievo topografico. I dati raccolti vengono gestiti, appena possibile, attraverso un software di facile uso e comprensione (Compass) e, in questa forma, distribuiti a tutti gli interessati. In questo modo, chiunque ha modo di seguire lo sviluppo delle esplorazioni contribuendo con idee e iniziative (PREMAZZI et al., 2006).

Nel 2005 la topografia viene estesa anche alla vicina grotta Stoppani in modo da uniformare i dati e porre fine a lacune ormai ventennali. Successivamente l'opera viene estesa anche al Complesso Tacchi-Zelbio.

Nel gennaio 2008, in maniera quasi inaspettata, viene effettuata la giunzione tra le grotte Ingresso Fornitori e Stoppani. Negli anni successivi le esplorazioni si susseguono portando lo sviluppo del nuovo Complesso a superare i 46 km. Nel febbraio del 2012, durante un periodo di secca prolungato, ritornano finalmente percorribili i rami a monte della grotta Tacchi ed è possibile realizzare la giunzione fisica tra i due grandi complessi.



Figura 2. Complesso della Valle del Nosè: un tratto dei Rami Nuovissimi (foto F. GRAZIOLI).

Figure 2. Nosè Valley cave system: a branch in the Rami Nuovissimi (photo F. GRAZIOLI).

L'attento lavoro di topografia costantemente effettuato ha avuto dei risvolti fondamentali nell'attività esplorativa. Vogliamo ricordare i momenti più importanti:

- Il primo tratto di Ingresso Fornitori risulta particolarmente disagiata. La percorrenza avviene attraverso una serie di bassi laminatoi parzialmente allagati. L'esplorazione e l'immediata topografia del primo importante ramo affluente permette di capire di essere ormai prossimi alla superficie esterna. Un breve scavo nel detrito che copre il versante permette così di rendere agibile un nuovo ingresso che semplifica enormemente l'accesso alla cavità.
- Durante un campo interno nella grotta Stoppani organizzato a oltre sette ore di percorrenza dall'ingresso nel giugno del 2009, viene percorso e topografato il ramo Frenesia (Fig. 1). I dati di rilievo, prontamente inseriti, indicano come la frana terminale del nuovo ramo corrisponda con la frana che impedisce la prosecuzione nei rami di Nice a Ingresso Fornitori. Una rapida disostruzione permette di accedere a Frenesia attraverso Ingresso Fornitori e, attraverso questo nuovo passaggio, proseguire le esplorazioni del ramo Taurus. La topografia indica nuovamente come i nuovi ambienti percorsi si avvicinino alla superficie esterna. Nella primavera del 2010 è così possibile accedere al Complesso Fornitori-Stoppani attraverso un nuovo ingresso, Area 58.
- Nel febbraio del 2012, dopo diversi anni, si verifica una condizione di secca che permette di percorrere nuovamente i rami della Tacchi compresi tra il primo e il quinto sifone. La zona viene nuovamente topografata e, sostituendo i nuovi dati con i precedenti, la distanza che separa i due grandi complessi si riduce da 90 a 15 m. Questo dato convince gli speleologi impegnati nelle ricerche a formare due squadre distinte per recarsi contemporaneamente ai due lati della frana che sembra separare i due complessi. In questo modo viene verificata la correttezza del rilievo e viene aperto un passaggio che permette di realizzare la giunzione fisica.

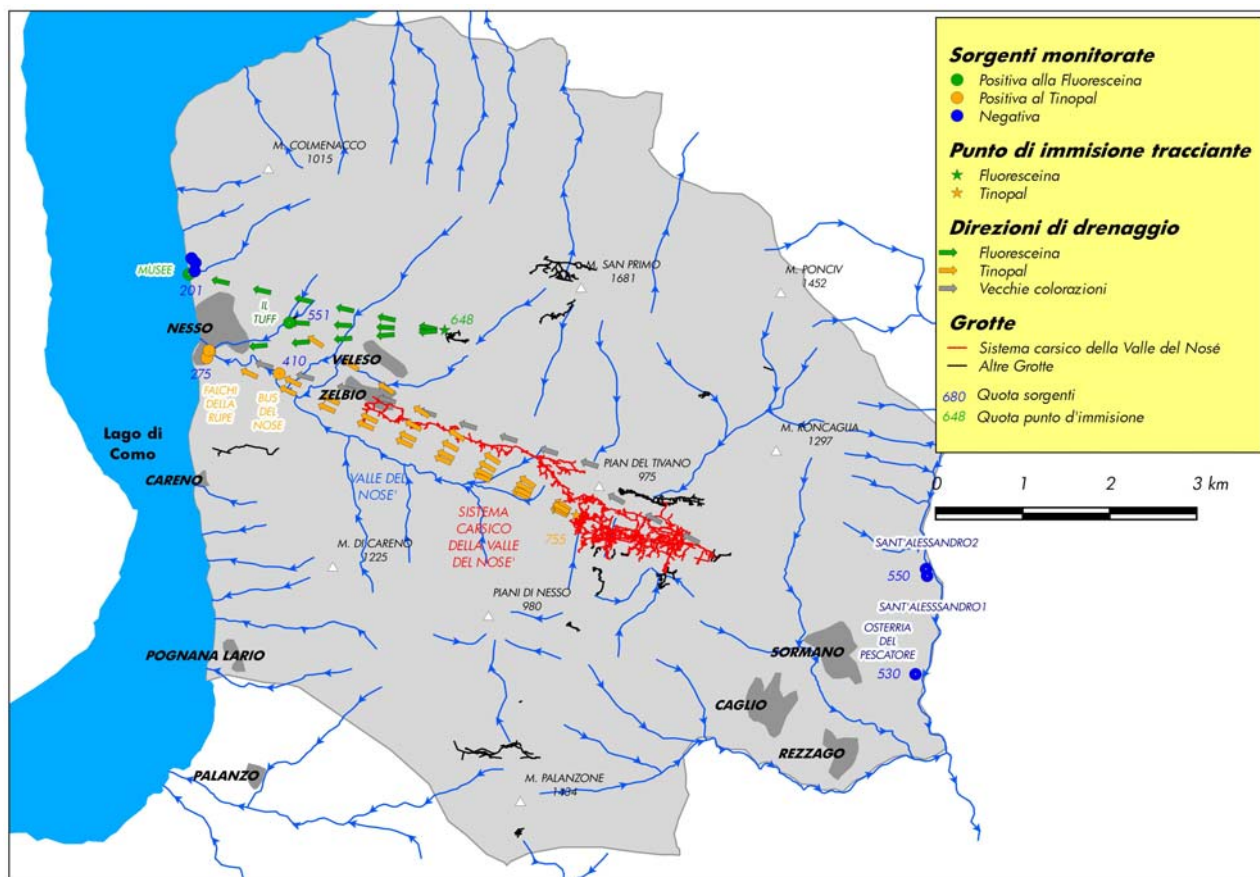


Figura 3. Pianta del sistema carsico della Valle del Nosè con indicati i deflussi idrici (elaborazione grafica M. MERAZZI).

Figure 3. Map of the karst system of Nosè Valley cave system with the lines of water drainage (drawing M. MERAZZI).

Conclusioni e prospettive

Attualmente il Complesso della Valle del Nosè, con uno sviluppo spaziale superiore ai 62 km, rappresenta uno dei maggiori complessi carsici italiani (TOGNINI et al., 2012). La topografia comprende tutte le aree

esplorate fatta eccezione per alcune brevi diramazioni per uno sviluppo stimato inferiore ai due chilometri. Di una parte dei rami a monte della grotta Tacchi non è stato ancora possibile rifare la topografia e sono quindi considerati i vecchi dati di rilievo. Unica nota negativa la mancanza di una buona restituzione grafica del Complesso nella sua interezza.

Diverse le prosecuzioni esistenti non ancora percorse, come diverse le cavità in diretta connessione di cui non è ancora stato possibile realizzare la giunzione fisica. Tra le altre il Bus de la Niccolina, probabilmente separato dalla Stoppani solo da un breve tratto di sifone, e l'Abisso del Cippei diviso dalla medesima grotta da una massiccia frana.

Nell'ottobre del 2013, per meglio comprendere l'idrologia e i limiti geografici del sistema, è stata effettuata una prova di tracciamento delle acque. Sono stati immessi contemporaneamente due diversi traccianti (tinopal e fluoresceina), il primo in un sifone di Ingresso Fornitori, il secondo nel sifone terminale del Buco del Latte, una grotta che si apre sul lembo settentrionale della piega sinclinale. I risultati del test hanno evidenziato come, benché esistano dei dreni sotterranei rapidi e tra loro paralleli e parzialmente indipendenti, le cavità presenti nella parte settentrionale siano in diretta connessione con il Complesso aumentandone notevolmente i possibili sviluppi futuri (Fig. 3).

Bibliografia

AA.VV., 2005. *Lombardia "DENTRO"*. Milano, pp. 361-432.

BINI A., 2002. *Grotte in provincia di Como*, Edlin, Milano.

BUZIO A., CAVALLI M., GORI S., MIRAGOLI M., VANIN A., 1981. *Le grotte della val Nosè e del Tivano (Como) nelle esplorazioni del G.G.M.-SEM fra il 1976 ed il 1981*. Atti del X Convegno di Speleologia Lombarda, Brescia, 12-13 dicembre 1981, 63-74.

FERRARI G., 1999. *Contributo alle conoscenze sul carsismo ipogeo della valle del Nosè (Como, Italia)*. Atti del XV Congresso di Speleologia Lombarda, S. Omobono Imagna (BG), 2-3 ottobre 1999, 102-128.

PREMAZZI A., AIMAR L., MERAZZI M., MANTONICO S., MARIENI A., MACONI A., TOGNINI P., 2006. *Tra i due rami del lago di Como*. Speleologia, **55**, 14-27.

TOGNINI P., PREMAZZI A., AIMAR L., MARIENI A., MERAZZI M., 2012. *Pian del Tivano: il complesso sotterraneo più esteso d'Italia*. Quaderni Erbesi, **V(23)**, 136-144.

AGGIORNAMENTO SULLE ESPLORAZIONI AI PIANI ETERNI, PARCO NAZIONALE DOLOMITI BELLUNESI, ITALIA

FRANCESCO SAURO^{1,2}, GIOVANNI FERRARESE^{1,2}, MARCO SALOGNI²

¹ Gruppo Speleologico Padovano CAI; e-mail: cescosauro@gmail.com

² Progetto Piani Eterni

Riassunto

Dal 2007, anno della scoperta del "reticolo paleo-freatico profondo", le esplorazioni ai Piani Eterni hanno subito un'accelerazione che ha portato dai circa 10 km esplorati negli anni '90, ad oltre 36 km conosciuti tutt'ora. In seguito all'euforia iniziale, con il suo apice nella giunzione con Grotta Isabella nel 2009, le esplorazioni si sono concentrate attraverso punte in profondità di 5-7 giorni, estendendo i limiti del piano freatico principale. Spingendoci sempre più lontano, in una grotta che ormai ha perso il senso di verticalità sviluppandosi prevalentemente senza l'uso di corde, le esplorazioni hanno dato accesso a nuove regioni inaspettate, prima fra tutte "Samarcanda". Si tratta di un grosso collettore, intercettato da un basso laminatoio fossile lungo oltre mezzo chilometro. Il torrente si perde verso valle lungo grandi pozzi cascata ancora inesplorati, mentre verso monte la forra si trasforma in grandi gallerie, percorse per oltre tre chilometri fino a giungere sotto un camino a pochi metri dalla superficie. Spingendosi ancora oltre, attraverso gallerie paleo-freatiche trasversali al corso d'acqua, è stata intercettata anche un'altra imponente diramazione, il Ramo dei Russi, tuttora senza fine. Le esplorazioni in queste zone richiedono una logistica complessa, data l'estrema lontananza dal bivacco della Locanda del Bucaniere. Tuttavia le forze in campo non hanno ancora permesso di allestire un nuovo bivacco oltre i laminatoi (sarebbe il terzo bivacco per raggiungere queste zone). L'ultima novità è dell'inverno 2013-2014 con il superamento del fondo dell'ESAPozzo, nel Ramo dei Bimbi Sperduti, esplorato già nel 2009. La grotta qui scende decisa fino a -1053, portando il sistema ad essere la più profonda grotta del Veneto. E anche qui gallerie!

Parole chiave: Piani Eterni, Dolomiti, Esplorazione, Logistica.

Abstract

UPDATING THE EXPLORATIONS AT PIANI ETERNI, NATIONAL PARK OF THE DOLOMITI BELLUNESI, ITALY - Since the discovery of the "deep paleo-phreatic level" in 2007, the explorations in the Piani Eterni Karst System have led to expand the knowledge from about 10 km explored in the Nineties, up to over 36 km to date. After the initial euphoria, reaching its apex during the junction with Isabella Cave in 2009, the explorations focused on extended expeditions of 5-7 days into the cave, extending the limits of the paleo-phreatic maze. Going further and further in a horizontal cave where the use of ropes is forgotten, the explorations has given access to new unexpected sectors, first of all the region of "Samarcanda". This is an important water collector, intercepted thanks to a very low, 0.5 km long, windy passage. The stream descends up to a series of great waterfalls not yet explored, while upward the explorations entered in a zone of big galleries explored for over 3.5 km up to a chimney, very close to the surface. Going even forward through the paleo-phreatic galleries perpendicular to the collector drainage another branch was discovered, the Russian Region, explored for 1.5 km in huge galleries, still without an end. The explorations in these areas of the cave require a complex logistic because of the extreme distance from the last bivouac. Till now the limited number of cavers working so far have not yet allowed installing an advanced camp after the low passages (this would be the third bivouac in the system). The last news is from the winter 2013-2014, with the overcome of the bottom of the ESAPozzo in the Bimbi Sperduti branches, yet explored in 2009. The cave here deepens with shafts and ramps up to -1053, becoming the deepest cave of the Venetian region. And also here new galleries go further in a new paleo-phreatic level!

Key words: Piani Eterni, Dolomites, Exploration, Logistics.

Introduzione

L'esplorazione del complesso carsico dei Piani Eterni nel Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi è iniziata

nel lontano 1989 con la scoperta dei due ingressi principali del sistema, il PE10 e V35. Tuttavia, mentre negli anni '90 le esplorazioni si erano concentrate nella ricerca della profondità (con il fondo storico a -971) e nell'esplorazione di un imponente struttura tettonica ("La Faglia"), dal 2007 è iniziata una nuova stagione esplorativa, grazie alla scoperta del reticolo paleo-freatico profondo. Da questo momento l'esplorazione del sistema ha avuto un picco esponenziale, passando in pochi anni da 10 a 36 km di sviluppo, con un notevole aumento della complessità logistica delle punte in profondità. La percezione della grotta da parte degli speleologi si è progressivamente evoluta, passando da un abisso ad andamento prettamente verticale, a un sistema di vasti piani di gallerie posti su ormai una decina di livelli diversi, tra -300 e oltre mille metri di profondità (Fig. 1).

Le tappe principali di questa esplorazione sono state la scoperta delle gallerie dei Cinghiali (narrata in AA.VV., 2007), fino alla giunzione con la Grotta Isabella nel 2010 (SALOGNI & SAURO, 2013). In questa comunicazione si vuole fare il sunto degli ultimi 4 anni di attività, nei quali sono stati esplorati i settori più remoti del complesso, oltre alla scoperta di alcune nuove importanti cavità che potrebbero essere connesse al sistema principale in futuro.

Inquadramento Geografico

Il Sistema Carsico dei Piani Eterni è attualmente la più vasta e profonda cavità carsica esplorata in un Parco Nazionale italiano e la più profonda cavità del Veneto, con oltre 36 km di sviluppo e 1052 metri di profondità (SALOGNI, 2004). È costituito da varie cavità connesse: alcuni abissi che si aprono in prossimità di una conca glacio-carsica sull'altopiano sommitale del massiccio (PE10, V35, PE25, PE130, PE3) e una cavità di origine freatica relitta, Grotta Isabella, sezionata lungo il versante orientale dell'altopiano (AA.VV., 2007). A queste si aggiungono due importanti cavità recentemente scoperte nella Piana di Cimbia, l'Abisso Bluette e O6, entrambe non ancora collegate al sistema principale, ma sicuramente facenti parte dello stesso reticolo di condotte di Grotta Isabella, oltre a circa 300 cavità minori rilevate nei vari settori dell'altopiano.

Dal punto di vista stratigrafico l'area si trova al bordo occidentale del Bacino Bellunese e pertanto presenta una successione complessa che va dalla Dolomia Principale alla base del massiccio, alla sequenza, in buona parte dolomitizzata e con alcune formazioni mancanti, del Gruppo dei Calcari Grigi, fino alla Maiolica e alla Scaglia Rossa del Cretaceo, che però non interessano direttamente il sistema ma solo alcune aree sovrastanti. Nella sequenza stratigrafica si evidenzia per importanza nella speleogenesi un'unità non riconosciuta, detta informalmente Unità Bituminosa (RIVA et al., 2008; D'ALBERTO, 2008), che si trova tra il limite superiore della Dolomia Principale e la Formazione di Monte Zugna (Calcari Grigi).

Dal punto di vista dell'assetto tettonico l'altopiano di Erera-Brendol-Piani Eterni è caratterizzato da un corridoio di faglie transpressive sinistre con orientazioni N30°E, tra cui sono riconoscibili due strutture principali: la Linea della Val Brentoni-Gusela-Cime di Picola e la Linea delle Scortegade.

Le esplorazioni nel sistema carsico

Siddartha, Samarcanda e il Ramo dei Russi

Si tratta senz'altro del più interessante e difficile fronte esplorativo del sistema. Viene individuato nell'estate del 2010 forzando una frana soffiante al termine delle Gallerie di Moby Dick di destra. Oltre questo passaggio un primo bivio porta verso valle all'esplorazione di 1.5 km di belle condotte paleo-freatiche nel nuovo Ramo Siddartha. Ma gli sviluppi più promettenti sembrano concentrarsi verso monte, oltre una difficile strettoia ventosa seguita da un basso e infinito laminatoio lungo oltre mezzo chilometro e denominato Bacino Caliente. Tale ostacolo viene superato nel gennaio del 2011 sbucando su una bella forra attiva che continua sia a monte che a valle con grandi cascate, denominata Samarcanda. Tuttavia la difficoltà del laminatoio che dà accesso a tali zone ne scoraggia l'esplorazione fino all'estate del 2012 quando vengono effettuate due punte lunghe da 5 a 7 giorni in tale zona, con l'esplorazione di oltre 2 km di imponenti forre e gallerie. Infine nell'inverno del 2013 e nell'estate del 2014 in questo settore viene individuato anche il Ramo dei Russi, una vasta galleria ascendente esplorata per circa 1 km.

La zona di Samarcanda è caratterizzata da uno dei più importanti collettori del sistema. Tale torrente, con una portata in magra di 20-30 l/s, verso valle si approfondisce lungo una spettacolare forra fino a un grande pozzo cascata, non ancora disceso per mancanza di tempo e materiali. Verso monte, superata una prima cascata di venti metri, si entra in una grande sala di crollo all'incrocio con un nuovo reticolo paleo-freatico fossile. È questo un punto cruciale da cui parte il Ramo dei Russi e un'altra vasta galleria fossile non ancora esplorata. Oltre la sala la forra attiva continua con una serie di profondi canyon, laghi e cascate, spesso sovrastati da grandi sale e gallerie. Le esplorazioni si sono fermate dopo 2 km di percorso alla base di due grandi camini a - 350

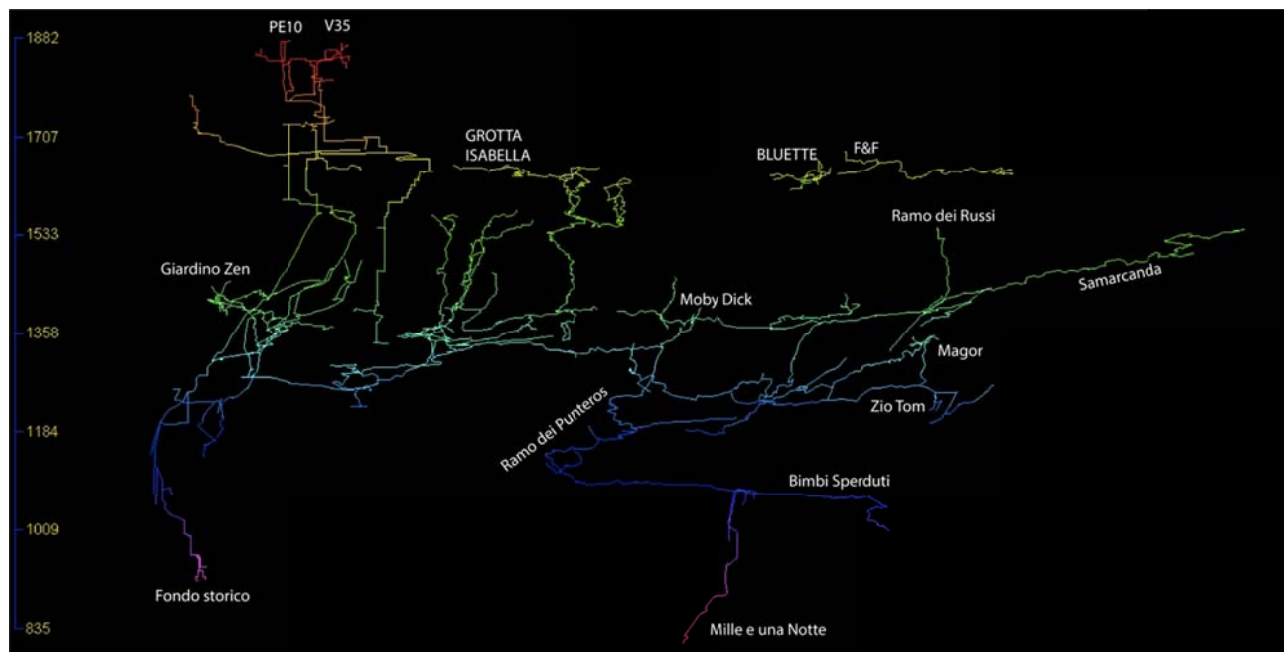


Figura 1. Sezione proiettata del sistema carsico con indicate le principali diramazioni descritte in questo articolo.

Figure 1. Projected section of the karst system with the main branches described in the text.

rispetto all'ingresso del PE10, ma in realtà a non più di 50 metri di profondità dalla superficie. Il Ramo dei Russi è invece caratterizzato da una vasta galleria paleo-freatica leggermente discendente che dopo 250 metri intercetta un ramo attivo in discesa verso valle fino a un laghetto non ancora superato a - 570. Verso monte l'attivo si può risalire fino a una grande sala cascata alta circa 15 metri. Al di sopra della cascata la galleria prosegue con forte inclinazione fino alla base di un altro salto a una quota di 1531 m s.l.m. (-350 rispetto all'ingresso del PE10). Tutti i fronti esplorativi sono aperti.

Il settore di Samarcarda si sviluppa al di sotto delle creste di Cimìa, con il limite estremo del collettore a monte al di sotto dello spartiacque tra la piana di Cimìa e la Conca di Forca, lambendo la parete settentrionale del Monte Pizzocco. L'estrema lontananza dal campo dei fronti esplorativi (ormai tra le 8 e le 15 ore di progressione) renderebbero necessaria l'installazione di un nuovo campo avanzato. Questo significherebbe tuttavia il trasporto di molto materiale oltre il lungo laminatoio del Bacino Caliente, oltre a permanenze in grotta superiori alla settimana. Si tratta probabilmente di uno dei fronti esplorativi più remoti attualmente esplorati in Italia. Tuttavia la presenza di forti correnti d'aria fa sperare nella presenza di un qualche ingresso nella zona.

Le zone di -1000

Le zone più profonde del reticolo paleo-freatico vengono scoperte nell'estate del 2009 con la discesa del Ramo dei Punteros, una lunga serie di condotte che permettono di guadagnare oltre 200 metri di dislivello senza uso di corde raggiungendo il piano di gallerie dei Bimbi Sperduti, situato tra -770 e -830 m di profondità. Lungo tali condotte una serie di ringiovanimenti attivi promettevano interessanti sviluppi verso maggiori profondità. Il primo di tali pozzi ad essere esplorato nel 2010 è il Vuvuzela, un salto di quasi cento metri che si ferma su una strettoia facilmente superabile a -882 metri. Solo nel gennaio del 2012 vengono ispezionati gli altri approfondimenti, trovando un'interessante prosecuzione alla base del pozzo Era Ora. Qui una serie di salti porta su un bel pozzo da 60 metri (Esapozzo) alla base del quale l'esplorazione si ferma di fronte a una breve strettoia, oltre la quale la grotta continua. Si è giunti a - 910 metri di profondità. Nel dicembre 2013 la strettoia viene superata e la punta successiva nel gennaio 2014 scende un nuovo pozzo di 50 metri che dà accesso a un breve meandro attivo, seguito da una serie di condotte discendenti, fino a una grande rampa di circa 30 metri di profondità (Mille e una Notte). Alla base di tale discenderia la grotta si restringe in pozzetti fangosi a -1052, mentre a metà discesa la rampa



Figura 2. Vaste gallerie fossili a Samarcarda (foto F. SAURO).

Figure 2. Fossil galleries in Samarcarda (photo F. SAURO).

interseca un nuovo piano di gallerie paleo-freatiche ventose, percorse in esplorazione per oltre 200 metri.

Tale ramo è particolarmente spettacolare per le belle concrezioni presenti e presenta ancora molte prospettive esplorative, soprattutto lungo le condotte paleo-freatiche di Mille e una Notte (SALOGNI et al., 2013).

Risalite dell'Halloween

Nel gennaio del 2012 viene esplorata la volta del Pozzo Halloween. Dall'attacco del pozzo vengono risalite alcune decine di metri (portando la profondità totale a oltre 140 metri) fino ad un interessante meandro che porta al di sotto di due alti camini. La zona, denominata Giardino Zen, rappresenta un importante abisso che si innesta in questa zona della grotta e che potrebbe avere grossi sviluppi esplorativi.

Le nuove grotte

Considerando che le gallerie del reticolo paleo-freatico profondo (Moby Dick, Samarcanda) sono attraversate da forre alimentate da torrenti provenienti dall'area del Pian di Cimìa, nel 2011 inizia una campagna di battute esterne in questa zona alla ricerca di nuovi ingressi, resa tuttavia difficile dalla presenza di mughi, dalla notevole distanza dalla casera Erera (circa 2 ore di cammino) e dalla totale mancanza di una base di appoggio. Le esplorazioni si svolgono con bivacchi di fortuna all'ingresso di grotta Isabella o nel cosiddetto "riparo del braconiere" poco distante dai ruderi di Casera Cimìa. Ciononostante i risultati non si fanno attendere.



Figura 3. Formazioni di ghiaccio nell'Abisso Bluette (foto F. SAURO).

Figure 3. Ice speleothems in the Bluette Abyss (photo F. SAURO).

di fronte a una nuova frana. La fortissima corrente d'aria fa presagire interessanti prosecuzioni oltre tale ostacolo. La grotta raggiunge una profondità di -62 per uno sviluppo di 580 metri.

F&F

La grotta F&F, scoperta nel 2012, si apre con un pozzetto di una quindicina di metri a poca distanza dall'Abisso Bluette. Alla base del salto ha inizio una piccola condotta paleo-freatica percorsa da una forte corrente d'aria che dopo circa settanta metri di percorso immette sulla volta di una grosso ambiente. Si entra quindi nelle Gallerie Faber: si tratta di condotte paleo-freatiche di 5-10 metri di diametro, molto simili ai grandi ambienti paleo-freatici di Grotta Isabella, ed appartenenti allo stesso livello (1640 m s.l.m.). Verso sud-ovest si entra in una vasta sala che dà accesso a un profondo canyon esplorato verso monte per circa 400 metri fino a una serie di frane impraticabili. Verso nord-est la condotta principale finisce in frana, a pochi metri dalla condotta del vicinissimo Abisso Bluette. Da tale galleria è possibile accedere attraverso degli sfondamenti alla parte a valle del canyon sopraccitato. L'acqua viene inghiottita da un ringiovanimento a pozzi cascata sceso per oltre cento metri di profondità. Qui le esplorazioni si sono fermate al di sopra di una stretto passaggio verticale. Sul fondo dell'approfondimento si può vedere un lago che potrebbe rappresentare un sifone o una marmitta sospesa. La grotta raggiunge una profondità di circa 150 metri per uno sviluppo di quasi un chilometro.

Altre cavità minori

Oltre a Bluette e F&F nell'area di Cimìa sono state esplorate alcune altre cavità con potenziali sviluppi. In particolare Il Pozzo Platinette, un grande ingresso a pozzo di circa 35 metri ostruito da depositi di neve e ghiaccio, potrebbe essere in relazione con la forra di Bluette, e si apre circa 150 metri al di sopra delle gallerie di Moby Dick. Al di sopra di questo è stato esplorato anche il Pozzo Fiammette, ostruito da detriti a 20 metri di

profondità. Numerose cavità soffianti sono state individuate lungo la faglia delle Scortegade, ma richiedono lavori di disostruzione non facilmente effettuabili.

L'immersione alla Risorgenza del Caoron

Nel gennaio 2013 degna di nota è anche l'esplorazione speleosubacquea di Alberto Cavedon alla risorgenza valclusiana del Bus delle Caoron in Val Canzoi, considerata uno dei probabili punti esutori del sistema. Approfittando del basso livello del lago artificiale della Stua per lavori di manutenzione, è stato possibile cominciare l'immersione a circa 70 metri di profondità dall'ingresso della grotta. Lo speleosub è quindi sceso fino a circa -80 fermandosi su una strettoia invalicabile. Pertanto ora la risorgenza raggiunge ben 150 metri di profondità totale.

Conclusioni

Le esplorazioni in Piani Eterni stanno rivelando un sistema complesso che si estende al di sotto dell'intero altopiano, lambendo le zone di Passo Forca e della Piana di Erera. La lontananza dei fronti esplorativi richiede permanenze di 5-6 giorni all'interno della cavità. Zone come Samarcanda richiederanno in futuro l'installazione di un nuovo campo sotterraneo (il terzo nel sistema), mentre la scoperta di un nuovo ingresso che dia accesso diretto al reticolo paleo-freatico profondo darebbe nuovo slancio all'attività dove le esplorazioni sono tutt'ora concentrate in poche punte all'anno. L'esplorazione di alcune nuove importanti cavità non ha tuttavia ancora dato accesso diretto a tali zone, ma le prospettive sono buone, soprattutto se si desse avvio a una rivisitazione delle cavità esplorate negli anni '90 nella zona delle creste di Cimia e della conca di Forca. Sembra sempre più probabile che il sistema si sviluppi estesamente a di sotto di queste zone, probabilmente con altre decine di chilometri di condotti.

Ringraziamenti

Desideriamo ringraziare il personale del Parco Nazionale Dolomiti Bellunesi e del Corpo Forestale dello Stato per l'appoggio logistico nella realizzazione di tali esplorazioni. Un ringraziamento speciale va inoltre a tutti gli speleologi che hanno contribuito a questi risultati.

Bibliografia

- AA.VV., 2007. *PE10, Piani Eterni*. Speleologia Veneta, **15**, 35-50.
- D'ALBERTO L., 2008. *Hettangian ammonite from the Trento Platform – Belluno Basin edge (Sottogruppo Pizzocco Brendol, Eastern Southern Alps)*. Rend. online Soc. Geol. It., **4**, 33-36.
- RIVA A., PERISSINOTTO M., D'ALBERTO L., ZOPPELLO C., 2008. *Geology of the Piani Eterni Karst Complex*. Rend. online Soc. Geol. It., **4**, 71-74.
- SALOGNI M., SAURO F., 2013. *Piani Eterni*. Speleologia, **68**, 16-21.
- SALOGNI M., FERRARESE G., SAURO F., 2014. *Venticinque anni per Mille e una Notte*. Speleologia Veneta, **21**, 32-47.
- SAURO F., ZAMPIERI D., FILIPPONI M., 2013. *Development of a deep karst system within a transpressional structure of the Dolomites in north-east Italy*. Geomorphology, **184**, 51-63.

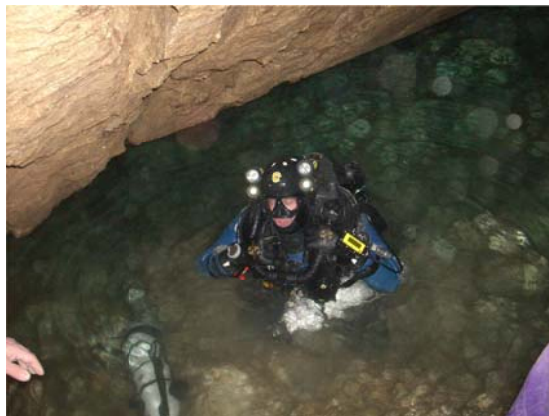


Figura 4. ALBERTO CAVEDON si immerge nel sifone del Bus del Caoron (foto L. GANDOLFO).

Figure 4. ALBERTO CAVEDON ready to dive in the final sump of Bus del Caoron (photo L. GANDOLFO).

LA STORIA DELL'INGHIOTTITOIO DELLA MASSERIA ROTOLO (PU 355), CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLA SUA (RI)SCOPERTA

LUCA BENEDETTO¹, VITO LIPPOLIS¹, VITO BUONGIORNO¹, MARCO MENICHETTI², LUCA PEDRALI³,
MARIO PARISE³

¹Gruppo Archo Speleologico Pugliese (GASP), Gioia del Colle; luca@gaspeleo.it; vito.donato@gaspeleo.it ;
vitobuongiorno@gaspeleo.it

²Università degli Studi di Urbino; menichetti@uniurb.it

³Gruppo Speleologico Montorfano; pedro19661@virgilio.it

⁴CNR, Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, Bari; m.parise@ba.irpi.cnr.it

Riassunto

L'Inghiottitoio della Masseria Rotolo, ubicato nel polje del Canale di Pirro (Murge di SE), è negli ultimi anni divenuto il più discusso e dibattuto argomento speleologico in Puglia. Eppure, esso risultava a catasto da alcuni decenni ... Quindi, a cosa si deve tutta questa (nuova) attenzione? E' avvenuto che si è verificata una combinazione rara, se non unica: un proprietario del terreno dove si apre l'inghiottitoio che, mosso da curiosità e conoscenza storica dei luoghi, non si capacitava di come tanta acqua potesse essere assorbita da un così piccolo buco nel terreno. Poi, la tenacia, la perseveranza di un gruppo di persone che, insieme al proprietario, decidono di provarci, e avviare uno scavo che solo pochi folli avrebbero considerato potesse risultare fruttuoso... Eppure, dopo settimane, mesi di fatica, uno spiraglio si apre: l'inghiottitoio mostra un accesso, tira aria, si può procedere ad esplorare. E da qui, inizia la nuova storia dell'Inghiottitoio della Masseria Rotolo (o Grave Rotolo, o Abisso Donato Boscia). Un sistema impressionante di gallerie e pozzi, che con una impressionante verticale finale, punto di confluenza di altre grandi grotte ancora da esplorare, giunge sino in falda! Il lago finale viene in più fasi esplorato da speleosubacquei, portando la grotta alla profondità totale di 324 m, e rendendola la più profonda della regione. In tutta questa storia, la "condivisione" dei dati non è stata semplice, per tutta una serie di motivi e rivalità che di frequente caratterizzano il mondo speleologico. Ciò nonostante, si è andati avanti, cercando di far capire l'importanza di questo sistema carsico, degno di essere approfondito ulteriormente per la sua eccezionalità ed importanza, sia dal punto di vista esplorativo che da quello scientifico. Per dimostrare che solo il lavoro, la fatica, lo studio e l'umiltà, possono servire a migliorare la conoscenza del territorio, e a renderla patrimonio di tutti.

Parole chiave: esplorazione, storia, profondità, Puglia.

Abstract

HISTORY OF THE MASSERIA ROTOLO SWALLOW HOLE (PU 355), WITH PARTICULAR REFERENCE TO ITS (RE)DISCOVERY - The "Inghiottitoio della Masseria Rotolo", located in the Canale di Pirro polje (SE Murge), has recently become the most controversial and discussed speleological topic in Apulia. However, this swallow hole was known since several decades, and included in the regional register of natural caves ... Therefore, to what is all this (new) attention due? A very rare, if not unique, combination occurred: a land owner who, pushed by curiosity and historical knowledge of the site, started to ask himself how such a small hole in the ground could absorb so huge amount of water. Then, the perseverance of a group of cavers that start excavating in a site where only a few crazy people would had thought there was any possibility of success... After months of work, a window opens: the swallow hole shows its entrance, air coming out, and the exploration may start. From here, a new story begins for Inghiottitoio della Masseria Rotolo, an impressive system of pits and galleries that, with a striking final pit reaches the water table! The terminal lake is explored by speleo scubadivers, too, and the total depth of the cave reaches 324 m, thus becoming the deepest in the region. In all of this, "sharing the data" was not an easy matter. Nevertheless, further work has been done, aimed at letting everybody understand the remarkable importance of this karst system, certainly worth to be further explored and studied. With the main goal to demonstrate that only through hard work, fatigue, study and humbleness, in spite of useless and detrimental discussions, the knowledge of the territory can be effectively improved, as an heritage shared by the whole civil society.

Key words: exploration, history, depth, Apulia.

Introduzione

I catasti regionali sono preziose fonti di informazioni sui caratteri carsici di un territorio. Oltre al valore storico, che consente di apprezzare la scansione temporale delle scoperte speleologiche che si succedono di generazione in generazione, essi contengono indicazioni su tutta una serie di cavità e di forme del paesaggio carsico, spesso considerate minori, ma che possono offrire importanti sorprese. Il caso dell'Inghiottitoio della Masseria Rotolo (PU 355) merita di essere descritto, per le recenti vicende che hanno portato questa cavità all'attenzione dell'opinione pubblica, e a divenire la grotta naturale di maggiore profondità in Puglia.

Inquadramento e note storiche

L'Inghiottitoio della Masseria Rotolo è ubicato in uno dei siti carsici più rappresentativi delle Murge di sud-est, vale a dire il Canale di Pirro (ANELLI, 1957; PARISE, 1999, 2006, 2008), un ampio polje che si estende tra i territori di Castellana-Grotte, Monopoli, Alberobello e Fasano, per una lunghezza di circa 12 km. Numerose cavità e siti di interesse carsico e speleologico erano stati individuati al suo interno, e molti inghiottitoi ("capoventi", nel locale dialetto; PARISE et al., 2003) erano segnalati dagli abitanti locali. OROFINO (1965) descrive alcune delle grotte che si aprono sul versante settentrionale del Canale; pur se testimonianza dell'attività carsica in questo territorio, si trattava di cavità di dimensioni molto limitate. Pochi anni dopo, su segnalazione del prof. GIOVANNI LONGO, viene messa a catasto la cavità oggetto del presente lavoro, denominata Inghiottitoio di Masseria Rotolo, e a cui viene assegnato il numero catastale PU 355. Si tratta in realtà come descrive lo stesso LONGO (1969) di una dolina "profonda 3 m, che presenta due bocche assorbenti poco ampie con pareti ostruite da rigogliosa vegetazione erbacea. Il canale di raccolta, che si sviluppa verso E, raggiunge la lunghezza di metri 90, ha debole pendenza e raccoglie le acque di precipitazione". Sita a poca distanza da quello che è considerato l'inghiottitoio principale del Canale di Pirro, il Gravaglione (PU 354), essa risulta quindi una forma carsica di superficie, un punto di assorbimento delle acque, più che una vera e propria grotta, come si vede anche dal disegno che accompagna la scheda catastale (Fig. 1).

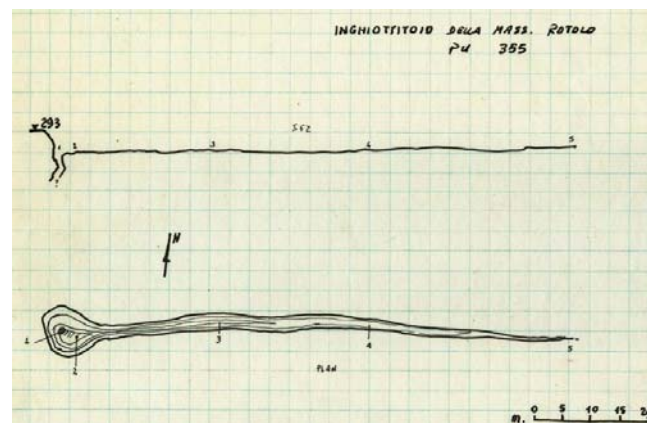


Figura 1. L'originario rilievo dell'Inghiottitoio della Masseria Rotolo, come messo a catasto nel 1969.

Figure 1. The original survey of the Masseria Rotolo swallow hole, as registered in 1969.

La Grave Rotolo poteva a questo punto restare una delle tante cavità minori presenti nel Catasto delle Grotte Naturali della Puglia, se non fosse stato per una serie di circostanze favorevoli che, nel corso degli ultimi anni, hanno consentito di scoprire un sistema carsico di notevole importanza. Il proprietario del terreno dove si apriva l'inghiottitoio, incuriosito dalla notevole quantità di acqua che si riversava al suo interno al seguito dei principali eventi piovosi (non di rado all'origine di eventi di allagamento e/o vere e proprie piene, sia nel Canale di Pirro che nei territori limitrofi; si veda ad es. CE.RI.CA., 1996; PARISE, 2003), concede ai soci del Gruppo Archeo Speleologico Pugliese (GASP!) la possibilità di scavare e tentare di trovare un passaggio all'interno della zona di assorbimento. Nel maggio 2012 iniziano così i lavori di scavo, che durano diversi mesi e mettono a dura prova le forze degli esploratori. La tenacia e perseveranza viene però alla fine premiata: verso fine settembre 2012, infatti, uno spiraglio si apre, e l'inghiottitoio mostra un accesso, tira aria. Può iniziare l'esplorazione vera e propria. Da qui, ha avvio la nuova storia dell'Inghiottitoio della Masseria Rotolo, un complesso sistema di gallerie e pozzi, che con una impressionante verticale finale, punto di confluenza del sistema (e presumibilmente di altri rami, ancora da esplorare), giunge sino in falda! Oltre alla scoperta speleologica, quindi, una opportunità unica per lo studio e il monitoraggio della qualità e quantità delle risorse idriche in questo settore delle Murge.

Descrizione del sistema carsico

La grotta inizia con un meandro alla profondità di circa 5 metri il cui pavimento leggermente inclinato è colmo degli stessi detriti che ostruivano la dolina d'ingresso. Dopo una curva a forma di S, si incontra il primo pozzo cascata, scoperto nella esplorazione del 27 settembre 2012, e per questo battezzato "pozzo Santi Medici" in onore dei patroni di Alberobello che si festeggiano proprio in quella data. Nella stessa giornata gli speleologi si affacciarono anche sul pozzo seguente e, lanciando un sasso, si resero subito conto che la profondità era superiore ai 30 m, e che le corde a disposizione non sarebbero state sufficienti ad arrivare sul fondo. Lo splendido pozzo cascata fu battezzato "GASP!" in onore del gruppo scopritore, ma anche per lo stupore dei primi esploratori. Il pozzo intercetta e taglia un paio di piccole gallerie fossili sub-orizzontali fino a raggiungere un'enorme sala situata a circa -90 m generata dall'unione della parte terminale del pozzo GASP! con un altro pozzo le cui origini si perdono nell'oscurità della sua altezza. La galleria dei Pipistrelli fossili arriva anch'essa nella sala provenendo da W e converge nella galleria principale che raccoglie tutta l'acqua della grotta fin qui percorsa. Le dimensioni iniziano a diventare importanti, segno della potenza dell'acqua che ha modellato la cavità e che ha spazzato via anche un vecchio pavimento fatto di grossi clasti spesso saldati fra loro, visibile ancora a tratti.

Lungo la galleria ci sono parecchi arrivi ancora inesplorati ma poco prima di giungere all'ingresso della forra dove la galleria antica e fossile sovrasta il ringiovanimento stretto tortuoso, una cascata d'acqua attiva durante il periodo invernale – primaverile ha incuriosito gli esploratori che hanno così trovato la parte più preziosa della grotta: la gola di Caronte. Proseguendo invece nella forra si perde progressivamente quota mediante una serie di saltini di pochi metri che conducono al laghetto a quota -130 dove la vecchia condotta girava su se stessa incontrando altri apporti d'acqua. Da questo punto in poi il tema dominante è l'acqua che persiste durante tutto l'anno e scorre incessantemente sul fondo della galleria nella "gravina di Castellaneta", sotto le "grotte di Castellana", fino a tuffarsi nel maestoso Pozzo dei Veneti (Fig. 2).



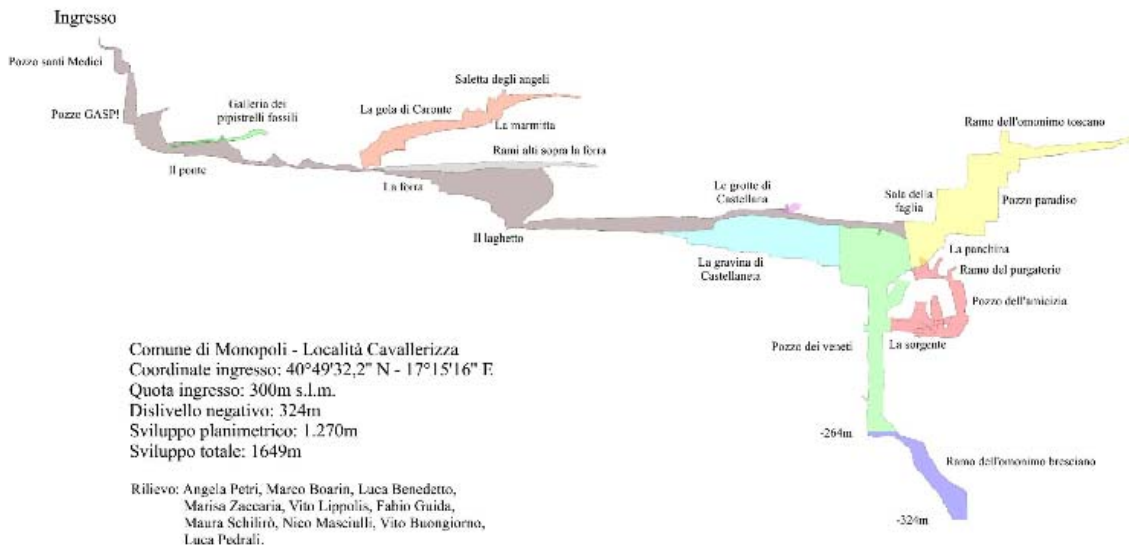
Figura 2. Parte sommitale del Pozzo dei Veneti, vista dalla sommità della frana (foto: D.M.STRAZZAZZON).

Figure 2. Upper part of Pozzo dei Veneti, view from the top of the breakdown deposit (photo: D.M.STRAZZAZZON).

GRAVE ROTOLO

PU 355

Sezione



Comune di Monopoli - Località Cavallerizza
 Coordinate ingresso: 40°49'32,2" N - 17°15'16" E
 Quota ingresso: 300m s.l.m.
 Dislivello negativo: 324m
 Sviluppo planimetrico: 1.270m
 Sviluppo totale: 1649m

Rilievo: Angela Petri, Marco Boarin, Luca Benedetto,
 Marisa Zaccaria, Vito Lippolis, Fabio Guida,
 Maura Schilirò, Nico Masciulli, Vito Buongiorno,
 Luca Pedrali.

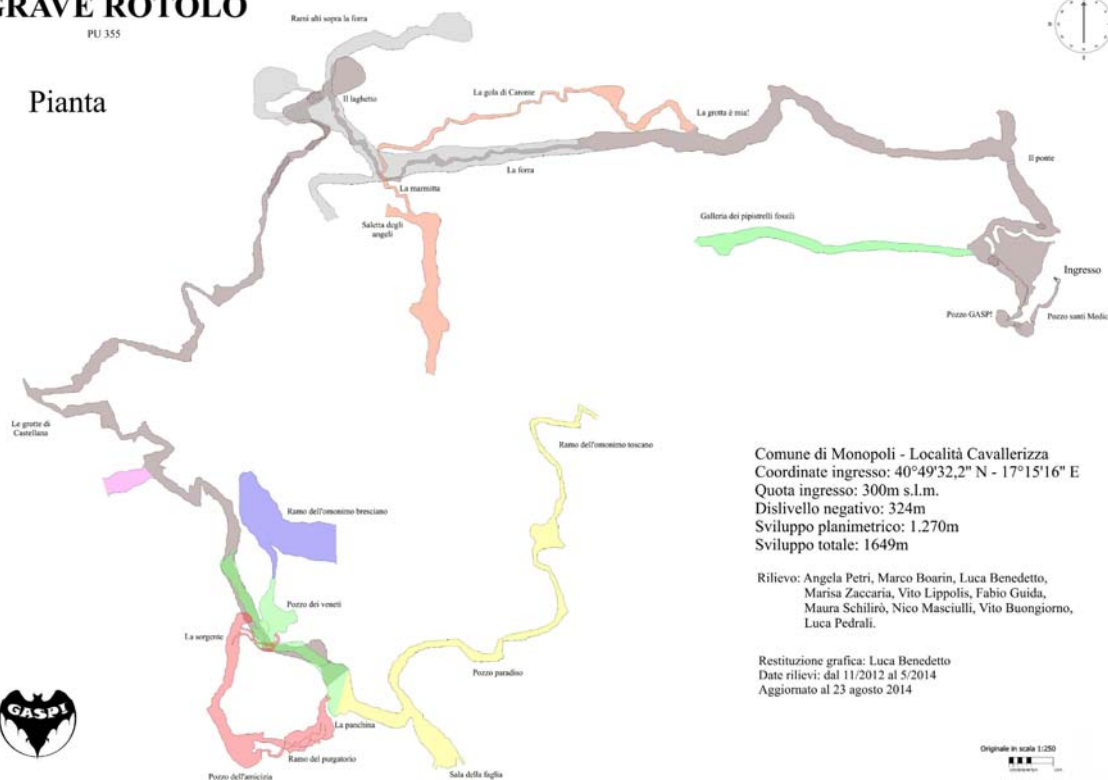
Restituzione grafica: Luca Benedetto
 Date rilievi: dal 11/2012 al 5/2014
 Aggiornato al 23 agosto 2014



GRAVE ROTOLO

PU 355

Pianta



Comune di Monopoli - Località Cavallerizza
 Coordinate ingresso: 40°49'32,2" N - 17°15'16" E
 Quota ingresso: 300m s.l.m.
 Dislivello negativo: 324m
 Sviluppo planimetrico: 1.270m
 Sviluppo totale: 1649m

Rilievo: Angela Petri, Marco Boarin, Luca Benedetto,
 Marisa Zaccaria, Vito Lippolis, Fabio Guida,
 Maura Schilirò, Nico Masciulli, Vito Buongiorno,
 Luca Pedrali.

Restituzione grafica: Luca Benedetto
 Date rilievi: dal 11/2012 al 5/2014
 Aggiornato al 23 agosto 2014



Figura 3. Sezione e pianta dell'Inghiottitoio della Masseria Rotolo.

Figure 3. Longitudinal section and plan view of the Masseria Rotolo swallow hole.

Questo è il vero centro della grotta! Una voragine che misura circa 200 metri di altezza interrotta dopo 25 metri da una frana enorme e sommersa nella sua parte finale dalle acque di falda. Risalendo la frana generata dallo scorrimento di una faglia si percorre a ritroso un percorso ancora tutto da esplorare oltre la cima del magnifico "Pozzo Paradiso". Scendendo invece sul fianco della stessa si percorre la Via del Purgatorio che attraverso Pozzo dell'Amicizia e alcuni meandri tortuosi ed infangati ci porta ad una sorgente costante che alimenta l'enorme cascata concrezionata del Pozzo dei Veneti.

Attualmente la grotta ha raggiunto oltre 1,6 km di sviluppo e ben 324 m di profondità, divenendo la più profonda cavità naturale in Puglia (Fig. 3). Tale risultato è stato raggiunto anche grazie alle due immersioni speleo-subacquee ad opera di LUCA PEDRALI, che hanno permesso di rilevare 60 metri di grotta sommersa e scoprire quello che sembra essere un enorme antico collettore.

La temperatura

A partire dal 2013 sono stati collocati all'interno della grotta alcuni sensori di temperatura con precisione al decimo di grado e dotati di *data logger* al fine di misurarne nel tempo eventuali variazioni. Un altro sensore dello stesso tipo è stato collocato all'esterno della grotta.

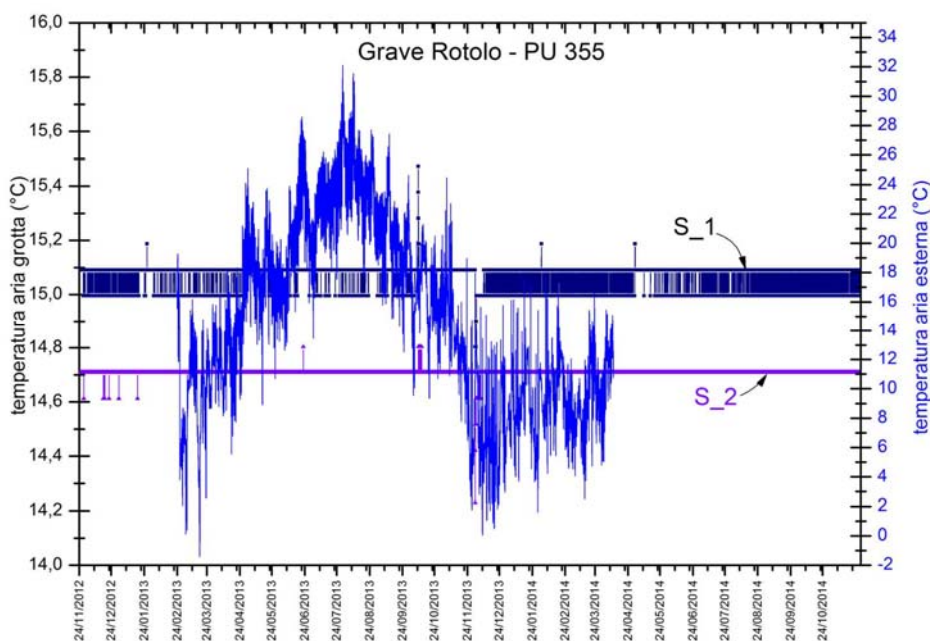


Figura 4. Grafico della temperatura all'interno di Grave Rotolo (periodo: novembre 2012 – ottobre 2014).

Figure 4. Temperature chart at Grave Rotolo (period: November 2012 – October 2014).

Dopo circa 18 mesi di monitoraggio i risultati mostrano che, mentre la temperatura all'esterno oscilla di parecchi gradi con escursioni termiche tra il giorno e la notte anche di 15° nella stagione invernale, la temperatura all'interno della grotta non sembra risentirne se non nei primi metri. Il sensore posto subito dopo la base del pozzo GASP! all'inizio della galleria principale, ha registrato da subito una temperatura costante di 14,7°, mentre quello al laghetto oscilla costantemente tra 15,0° e 15,1°. Questi dati, uniti all'osservazione empirica che all'interno della grotta la circolazione d'aria è praticamente assente, eccezion fatta per il meandro d'ingresso dove occasionalmente si apprezza una lieve brezza, portano a supporre che il sistema non abbia altri ingressi aperti.

Attualmente sono stati installati altri sensori in parti recentemente scoperte ma i dati non sono ancora disponibili.

Considerazioni finali

La storia recente dell'Inghiottitoio della Masseria Rotolo ci induce a riflettere su alcuni punti, in tema con l'argomento del presente congresso "Condividere i dati". Innanzitutto, essa testimonia come l'attenta osservazione dei fenomeni naturali, congiuntamente alla perseveranza nella ricerca ed esplorazione, possano portare a notevoli risultati, che talora vanno anche al di là delle aspettative. Una scoperta come quella del

sistema carsico di Grave Rotolo, che apre grandi opportunità (ben al di là del ristretto mondo speleologico), poteva essere una ottima occasione per cementare l'associazionismo speleologico pugliese. Senza volere entrare nel merito in questa sede, ma allo stesso tempo senza nascondersi dietro un dito, va detto che la "condivisione" dei dati non è stata affatto semplice, per tutta una serie di motivi, incomprensioni e rivalità che, purtroppo, di frequente caratterizzano il mondo speleologico, al pari (e forse più) del resto del mondo esterno. Ciò nonostante, si è andati avanti, cercando di far capire a tutti (ma proprio a tutti) la rilevanza di questo sistema carsico, degno di essere approfondito ulteriormente per la sua eccezionalità, sia dal punto di vista esplorativo che da quello scientifico. Per dimostrare, a speleologi e non, che solo il lavoro, la fatica, lo studio e l'umiltà, anziché tante chiacchiere inutili e dannose, possono servire a migliorare la conoscenza del territorio, e a rendere tale conoscenza patrimonio di tutta la società.

Ringraziamenti

Un ringraziamento doveroso a PIERLUIGI ROTOLO, proprietario del terreno ove si apre l'accesso alla cavità, senza la cui disponibilità tutto quanto qui raccontato non sarebbe potuto avvenire.

Bibliografia

- ANELLI F., 1957. *Guida per la escursione. II. Bari – Alberobello – Selva di Fasano – Castellana Grotte - Bari*. Atti XVII Congr. Geogr. It., Bari, 23-29 aprile 1957, **4**, 69-120.
- CE.RI.CA. (CENTRO RICERCHE CASTELLANESE), 1996. *Le inondazioni a Castellana*. Amministr. Comunale di Castellana-Grotte, 79 pp.
- DE WAELE J., PARISE M., 2013. *Discussion on the article "Coastal and inland karst morphologies driven by sea level stands: a GIS based method for their evaluation" by Canora F, Fidelibus D, Spilotro G*. Earth Surface Processes and Landforms, **38** (8), 902-907.
- LONGO G., 1965. *Osservazioni geo-morfologiche sulla zona di Alberobello. Conoscenze antropogeografiche del territorio*. Annuario Liceo classico-scientifico "Tito Livio", Martina Franca.
- OROFINO F., 1965. *Interessante serie di grotte lungo la parete sinistra del Canale di Pirro*. L'Alabastro, **5**, 10.
- PARISE M., 1999. *Morfologia carsica epigea nel territorio di Castellana-Grotte*. Itinerari Speleologici, ser. II, **8**, 53-68.
- PARISE M., 2003. *Flood history in the karst environment of Castellana-Grotte (Apulia, southern Italy)*. Natural Hazards and Earth System Sciences, **3** (6), 593-604.
- PARISE M., 2006. *Geomorphology of the Canale di Pirro karst polje (Apulia, southern Italy)*. Zeitschrift für Geomorphologie, N.F., suppl. **147**, 143-158.
- PARISE M., 2008. *Elementi di geomorfologia carsica della Puglia*. In: PARISE M., INGUSCIO S., MARANGELLA A. (eds.), *Atti del 45° Corso CNSS-SSI di III livello di "Geomorfologia Carsica*. Grottaglie, 2-3 febbraio 2008, 93-118.
- PARISE M., FEDERICO A., DELLE ROSE M., SAMMARCO M., 2003. *Karst terminology in Apulia (southern Italy)*. Acta Carsologica, **32** (2), 65-82.

CONVERGENZA DI DATI PER L'ESPLORAZIONE DELLA GROTTA DEL FALCO SUL MASSICCIO DEGLI ALBURNI (CAMPANIA)

LUCA PEDRALI^{3,4}, VITO BUONGIORNO^{1,4}, GIUSEPPE ANTONINI^{4,5},
SIMONA CAFARO^{1,2,4}, LAURA DE NITTO^{1,4}

¹ Gruppo Speleo Alpinistico Vallo di Diano; *denittolaura@yahoo.it vitobuongiorno@tiscali.it*

² Università della Basilicata, Potenza; *simona.cafaro@gmail.com*

³ Gruppo Speleologico Montorfano; *pedro19661@virgilio.it*

⁴ A.I.R.E.S. Associazione Intergruppi Esplorazioni Speleo-Subacquee; *pedro19661@virgilio.it*

⁵ Gruppo Speleologico Marchigiano; *astigo@libero.it*

Riassunto

Negli ultimi anni, sul massiccio degli Alburni in Campania, la ripresa delle esplorazioni della grotta del Falco, Cp 448 del Catasto delle Grotte della Campania, situata in località Serra Nicola, ha permesso di accrescere le conoscenze di una delle aree più interessanti dell'intero massiccio. Sono state svolte indagini speleologiche, speleo-subacquee, geo-strutturali, geomorfologiche e idrogeologiche. I dati raccolti: rilievo della cavità oltre il sifone, dati strutturali epi- ed endocarsici, ricerca ed esplorazione di grotte note dell'area e di nuove cavità individuate, sono stati quindi comparati con la bibliografia esistente. Ciò ha portato alla conferma di precedenti risultati scientifici ma ha anche aperto la strada a nuove interessanti considerazioni.

Parole chiave: carsismo, Monti Alburni, speleo-subacquea, geomorfologia, idrogeologia, Campania.

Abstract

DATA CONVERGENCE FOR EXPLORING GROTTA DEL FALCO IN THE ALBURNI MASSIF (CAMPANIA) - *In the last years, in the Alburni Massif (Campania region), the restarting of the explorations of the Cave of Falco, Cp 448 in the cadastre of the caves of Campania, at Serra Nicola locality, has allowed us to increase the knowledge in one of the most interesting area of the massif. Cave diving, structural geomorphological and hydrogeological investigations have been carried out. The collected data, survey of cave beyond the sump, structural, epi- and endokarstic data, exploration of known and new caves, have been then compared with the existing literature. This led to the confirmation of previous data but also opened the way to new remarks.*

Key words: karst, Alburni Mts., cave diving, geomorphology, hydrogeology.

Introduzione

La Grotta del Falco, Cp 488, nota cavità carsica localizzata nella porzione orientale del Massiccio degli Alburni, si apre a 1164 m s.l.m. sul versante meridionale di Serra Nicola, nell'area carsica dei Piani dei Campitelli, ad E della grande faglia coincidente con il Vallone Lontrano, che da Pertosa penetra nel massiccio fino a San Rufo (CELICO et al., 1994) dividendolo trasversalmente nelle due unità occidentale e orientale. Nel 1965 fu scoperta dalla CGEB che si fermò, dopo i 40 metri dello scivolo iniziale, su una stretta fessura subverticale. Nel 1988 ANTONIO SANTO avvertì una debole corrente d'aria che fuoriusciva dalla frattura. Iniziò quindi un'impegnativa campagna di disostruzione ad opera del GS CAI NA che permise l'accesso alla cavità. Nello stesso anno, grazie a squadre miste di speleologi campani e pugliesi, furono completate esplorazione e rilievo e fu effettuato un infruttuoso tentativo di immersione nel sifone a valle dagli speleo-sub di Nardò, che li portò ad una profondità di circa 10 m (BELLUCCI et al., 1995). Tra il '91 ed il '92 vennero fatte alcune risalite sia nel tratto a monte, in seguito al ritrovamento di alcuni resti ossei, sia nel tratto a valle ma i risultati furono sempre negativi. Dal punto di vista idrogeologico furono condotte prove di colorazione che accertano il collegamento tra la Grotta del Falco e la vicina Grotta dell'Acqua (Cp 108) e, nel 1998, tra la Grotta del Falco e la Grotta di Pertosa-Auletta (Cp 1). A metà degli anni '90 le esplorazioni sistematiche della cavità in oggetto possono considerarsi concluse (DEL VECCHIO, 2008). La grotta a catasto presenta uno sviluppo planimetrico di 1786 m ed una profondità di 161 m. Ad un primo tratto verticale che, con una sequenza di pozzi, porta rapidamente a -150 m, segue un tratto sub-

orizzontale che, da monte a valle, si estende per 1303 m. con un dislivello complessivo di circa 70 m. Lungo questo tratto scorre un torrente perenne con portate che oscillano da un minimo di 5/6 l/sec in periodo estivo ad una massimo di circa 50 l/sec in periodo invernale (RUSSO et al., 2005) .

Inquadramento geologico ed idrogeologico

Il massiccio dei Monti Alburni è costituito da una potente pila di calcari mesozoici, afferenti al dominio paleogeografico della piattaforma carbonatica campano-lucana (D'ARGENIO, 1974; D'ARGENIO et al., 1975), con esigui spessori di copertura carbonatico-terrigena terziaria. La paleo-dorsale supracretacea appartiene al sistema delle piattaforme carbonatiche peri-adriatiche mesozoiche, che si sono accavallate, nelle rispettive catene, sulle facies bacinali antistanti. La costruzione dell'orogene appenninico è avvenuta attraverso una serie di fasi tettonogenetiche dal Miocene inferiore al Plio-Quaternario, che hanno coinvolto nella deformazione settori paleogeografici via via più esterni con creazione di un'avanzfossa migrante verso E davanti al fronte delle falde (REHAULT et al., 1984; GUEGUEN et al., 1998). La ricostruzione di profili, in termini di strutturazione compressiva da *thrust*, in accordo con un modello che prevede un assetto di tipo *duplex* per l'Appennino meridionale, mostra i domini di piattaforma dell'Unità Alburno-Cervati accavallata sull'Unità dei Monti della Maddalena che, a sua volta, sovrascorre le Unità Lagonegresi (PATACCA et al., 1990). L'intero settore della catena sud-appenninica è interessato da faglie ad alto angolo plio-quaternarie, trascorrenti ed estensionali, ad orientazione $N120^{\circ}\pm 10^{\circ}$, $N150^{\circ}\pm 10^{\circ}$, $N50^{\circ}\pm 20^{\circ}$ e all'incirca N-S (TURCO et al., 1990; CINQUE et al., 1993; SCHIATTARELLA, 1998). Gli Alburni si presentano come un massiccio a pianta rettangolare allungata in direzione NW-SE, suddiviso al suo interno in fasce regolari e parallele all'asse lungo della morfostruttura, soprattutto in virtù del *block faulting* neotettonico (PUTIGNANO & SCHIATTARELLA, 2008). Tali strutture hanno largamente modificato l'assetto tettonico preesistente e condizionato l'evoluzione morfologica dell'area. Inoltre, la presenza di una tettonica molto attiva in questo settore è risultata un fattore di controllo determinante nello sviluppo dei sistemi carsici. La circolazione idrica attiva (Fig 1) si sviluppa principalmente nei complessi calcarei e calcareo-dolomitici, con interscambi minimi o assenti nelle unità idrogeologiche adiacenti. Si riconoscono cinque gruppi sorgivi: Auso, Castelcivita, Tanagro, Pertosa e San Rufo. Principali recapiti della falda di base sono le sorgenti della bassa valle del fiume Tanagro e quelle di Castelcivita. La falda quindi presenta un deflusso preferenziale da SE a NW incontrando, come principale ostacolo al deflusso, la direttrice tettonica coincidente con il Vallone Lontrano, che da Pertosa penetra nel massiccio fino a San Rufo (CELICO et al., 1994). Essa rappresenta probabilmente il limite W e NW del bacino di alimentazione delle sorgenti di Pertosa tamponando parzialmente il deflusso della falda verso NW e mantenendone a quota alta la superficie piezometrica (CELICO et al., 1994).

Nel settore W del massiccio al trend superficiale dei lineamenti tettonici principali $N50^{\circ}$ e $N140^{\circ}$ se ne aggiunge uno ipogeo $N90^{\circ}$ che potrebbe essere più antico ed influenzare la circolazione delle acque, il cui spartiacque sotterraneo, controllato dalle strutture presenti e dall'immersione degli strati (BELLUCCI et al., 1991,1995), sarebbe regolato da una rete gerarchizzata di canali carsici (SANTANGELO & SANTO, 1997).

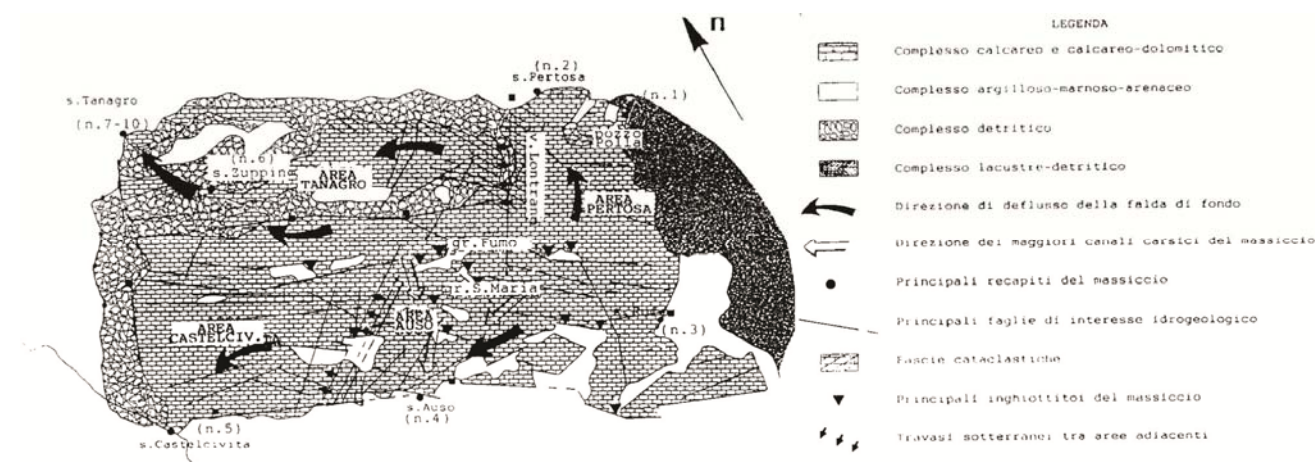


Figura 1. Schema idrogeologico dei Monti Alburni (da CELICO et al., 1994).

Figure 1. Hydrogeological scheme of the Alburni Mts. (after CELICO et al., 1994).

Metodi

Analisi geologico-strutturali

La Grotta del Falco è stata oggetto di analisi geologico-strutturali: sono stati individuati i morfolineamenti presenti nella porzione E del massiccio, attraverso l'analisi di foto aeree, integrate da lavoro svolto in campagna. Sono altresì stati collezionati dati sulla deformazione fragile alla mesoscala, in maniera da determinare quali famiglie di faglie e fratture fossero più frequenti nell'area. Infine, è stato studiato il rilievo della grotta, in modo da ottenere dati d'orientazione sullo sviluppo planimetrico della cavità.

Esplorazione dell'area, della grotta ed esplorazione speleosubacquea

L'area in esame è caratterizzata dalla presenza di importanti pozzi a neve e doline allineate su direzioni appenninica e antiappenninica in accordo con l'influenza strutturale del massiccio; in essa sono state individuate una ventina di piccole cavità, alcune delle quali ancora in fase di esplorazione.

Nella grotta, durante l'ultimo biennio, sono state compiute alcune risalite sia nel tratto a monte che in quello a valle della galleria; inoltre, LUCA PEDRALI, speleo sub del Gruppo Speleo CAI Montorfano, il 26 aprile 2014, supportato da Gruppo Speleo Alpinistico Vallo di Diano, Gruppo Archeologico Speleologico Pugliese CAI, Gruppo Grotte Rovereto CAI Sat e Gruppo Speleologico Martinese, ha affrontato la prima immersione al sifone a valle della galleria della Grotta del Falco. Il risultato eclatante ha portato al superamento di ben due sifoni oltre i quali si accede ad un'ampia e maestosa galleria attiva e riccamente concrezionata e con orientazione N90°. PEDRALI ha percorso, in solitaria, circa 500 m dal punto di immersione senza riuscire a vedere il fondo della galleria percorsa nonostante il potente impianto di illuminazione. Viene quindi fissata per il mese di agosto una seconda immersione.

Metodi di tracciamento

Tra maggio e giugno 2012 sono stati posti i captori alle risorgenze ipotizzate quali recapiti preferenziali della Grotta del Falco: n. 3 captori a Grotta dell'Acqua (Cp 108) distante in linea d'aria circa 1,1 km (uno al sifone e due nel tratto centrale della grotta), n. 4 captori alla Grotta di Pertosa-Auletta, Cp 1 (due al sifone a monte del ramo attivo e due alla cascata a valle del ramo attivo) e n. 4 captori alle risorgenze del fiume Tanagro ad una distanza complessiva di circa 7,3 km lineari. L'analisi ha visto l'impiego di fluoresceina sodica rilevata visivamente tramite luce di Wood sui captori trattati con soluzione di potassa alcolica al 10%.

Raccolta ed analisi dei dati

Analisi geologico-strutturale

Analisi della deformazione fragile dell'area.

L'analisi della deformazione fragile è stata svolta nella porzione E del Massiccio. I dati relativi all'orientazione dei lineamenti tettonici sono stati plottati in diagrammi azimutali. Le orientazioni delle discontinuità tettoniche più frequenti risultano avere andamenti N130°-140°, N20°-30° e N50°-60°, in accordo con la maggior parte delle analisi strutturali svolte sul massiccio, controllato da strutture tettoniche ad andamento dominante N120°-130° e N50°-60°. L'analisi strutturale in sito ha invece permesso di riconoscere le principali famiglie di faglie e fratture: il diagramma mostra un trend molto rilevante N-S (N170°-180°) e altre tre classi apprezzabili N150°-160°, N80°-90°, N50°-60° e N20°-30°.

Analisi sullo sviluppo in pianta della Grotta del Falco

L'analisi statistica dei dati d'orientazione azimutale è stata effettuata anche sul rilievo della grotta, presente a catasto, ed in particolare sulla planimetria per capire come essa sia orientata spazialmente all'interno del massiccio. A questo scopo il rilievo è stato elaborato tramite la funzione Resurvey del programma c-Survey; dall'elaborazione dei dati ottenuti il programma ha restituito un diagramma a rosa che evidenzia come la direzione di sviluppo della grotta sia fortemente condizionata dal trend N120°-130° e secondariamente dal trend N50°-60°.

Analisi sifone e post sifone

Nell'agosto 2014 LUCA PEDRALI ripete l'impresa immergendosi in solitaria nei sifoni, topografando il tratto esplorato e restituendone il rilievo. L'immersione è stata resa particolarmente impegnativa a causa della ridotta visibilità e dalla temperatura dell'acqua pari a 7°C. Al primo sifone (50 m di lunghezza e 7,2 m di profondità con uscita in laminatoio stretto), segue una galleria semi-allagata di 50 m ed un secondo sifone con profondità 7 m e lunghezza pari a 30 m. L'uscita dà accesso ad un'ampia e maestosa forra alta fino a 40/60 m, percorribile in

vari tratti solo a 10 m dal piano di calpestio, riccamente concrezionata e dove occhieggiano imponenti camini. L'esplorazione si è arrestata dopo 400 m circa, per mancanza di tempo, mentre la galleria prosegue inesorabile.

I dati rilevati, 508,86 m di sviluppo planimetrico, elaborati attraverso il programma c-Survey mettono in evidenza per il nuovo tratto un trend preferenziale N90° mentre risulta meno accentuato il trend N120° evidenziato dall'analisi in pianta della Grotta del Falco.

Tracciamento delle acque

L'immissione della fluoresceina è stata fatta il 9 giugno 2012 nel primo sifone a valle della Grotta del Falco, Cp 408. Il primo prelievo (16 giugno) ha dato risultati negativi su tutti i campioni analizzati. Nel secondo prelievo (24 giugno), si sono ottenuti i seguenti risultati:

- i captori posti ai sifoni di Grotta dell'Acqua (Cp 108) e di Grotta di Pertosa-Auletta (Cp1) sono risultati negativi;
- i captori posti lungo il corso dei torrenti interni delle grotte succitate, in prossimità delle cascate, hanno dato esito positivo;
- i captori posti alle risorgenze del fiume Tanagro sono risultati positivi.

Il tracciante ha percorso in linea d'aria circa 7,3 km impiegando un tempo compreso tra gli 8 e i 15 giorni, in regime di magra ed in assenza di eventi meteorici che abbiano alterato la portata del flusso idrico.

Discussione dei dati e conclusioni

Dai dati ottenuti dalle analisi geologico-strutturali condotte nella porzione E del massiccio degli Alburni, sia a grande scala che a scala locale, si può asserire che lo sviluppo planimetrico della Grotta del Falco sia fortemente controllato dai lineamenti tettonici più evidenti sul massiccio, ed in particolare dominato da un andamento N120° e N60°. Il trend preferenziale N90° prevalente nell'orientazione del sifone e della galleria a valle si presume possa essere condizionato da una faglia e dalla sua fratturazione locale (Fig 2).

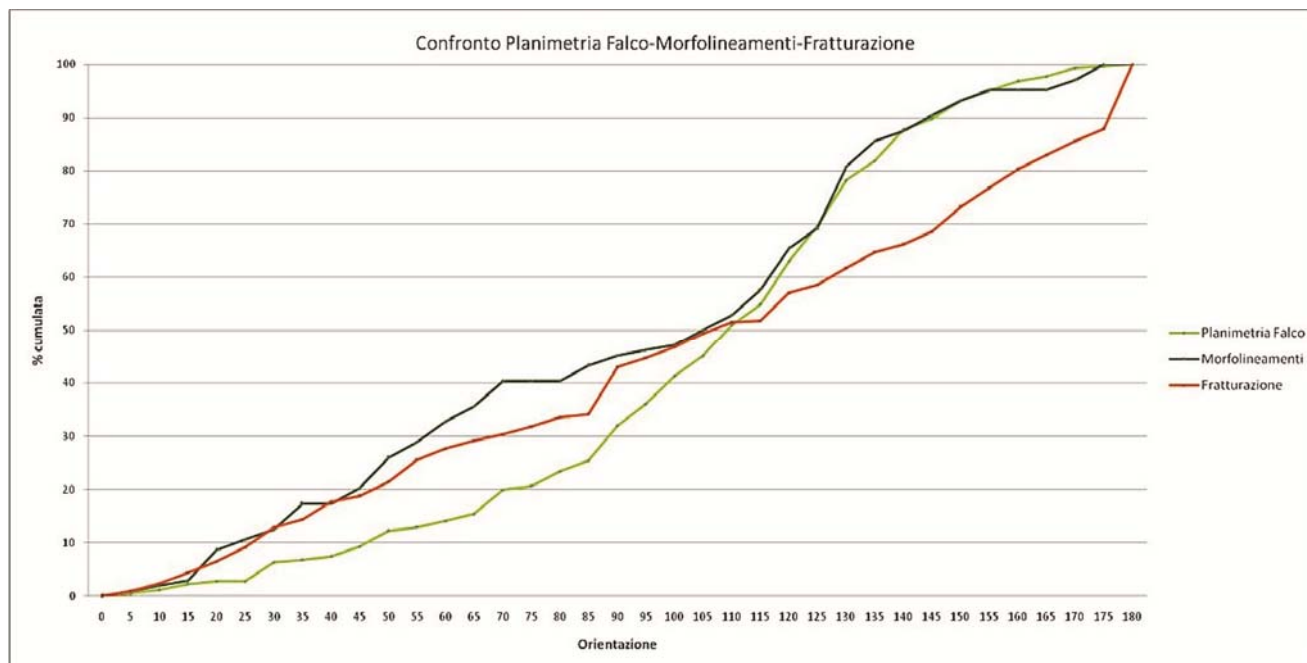


Figura 2. Diagramma in curva cumulata dei dati planimetrici, della fratturazione e dei morfolineamenti tettonici.

Figure 2. Cumulative curves from the planimetric data, the fracturing and the morphotectonic lineaments.

La ricerca di superficie, permettendo di accrescere nel dettaglio le conoscenze dell'area in esame, ha portato ad individuare alcune cavità localizzate esattamente sulla stessa direzione in cui si sviluppa la galleria a valle dei sifoni che si spera possano dare nuovi accessi alla galleria stessa. L'esplorazione speleo-subacquea ha permesso di accrescere lo sviluppo della cavità di circa 508,86 m; in figura 3 è riportata la restituzione della poligonale planimetrica del nuovo tratto esplorato, unita alla planimetria della grotta a catasto ottenuta con la funzione Resurvey.

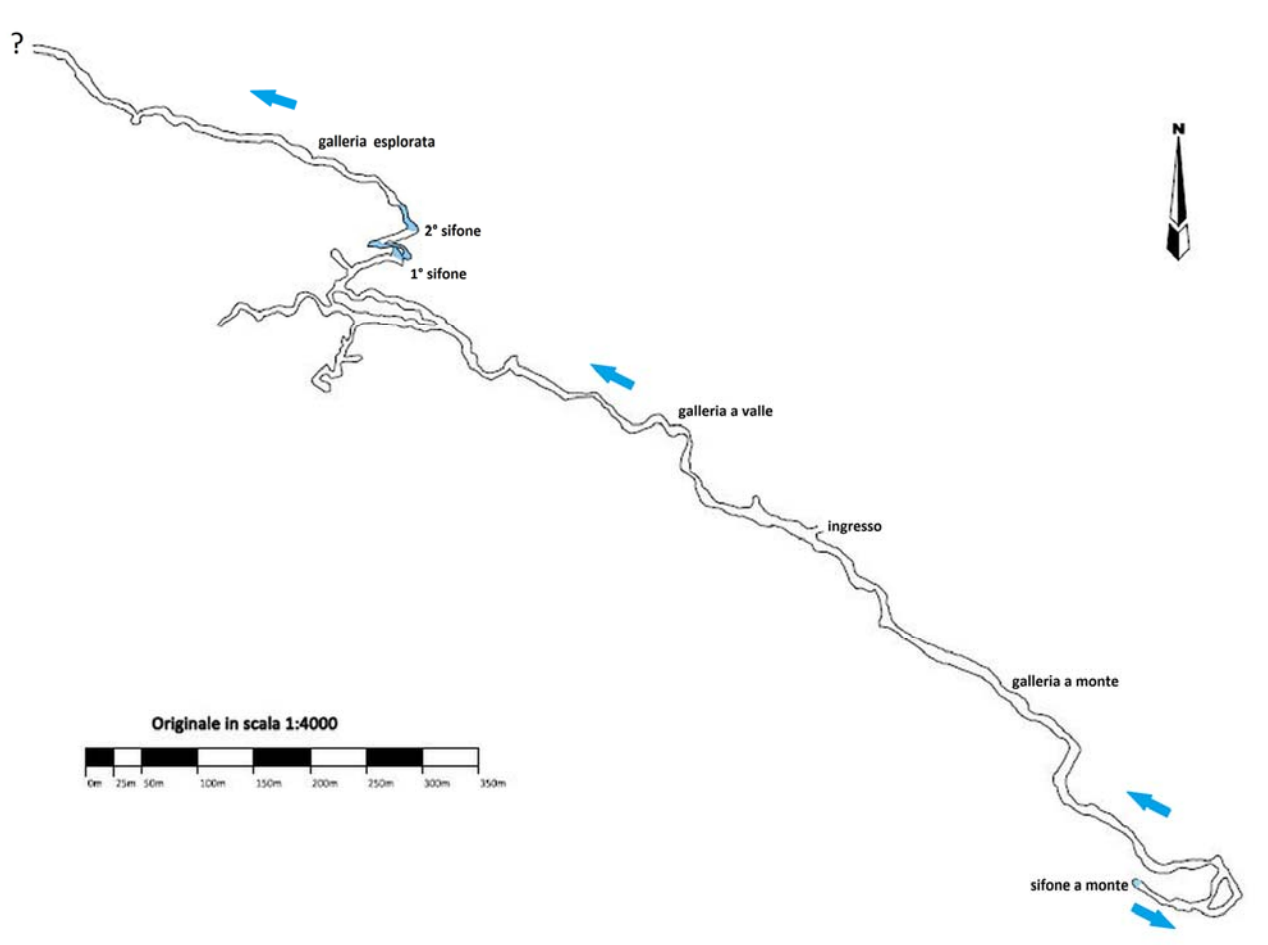


Figura 3. planimetria della Grotta del Falco Cp 448 completa del nuovo tratto; c-Survey. Le frecce indicano la direzione delle acque.

Figure 3. Planimetric survey of the Grotta del Falco with the new gallery. Arrows mark the flow direction of water.

I risultati ottenuti dal tracciamento sono puramente qualitativi ed i tempi di restituzione solo indicativi essendo compresi in un range di sette giorni. Il risultato avuto dall'analisi dei captori fa ritenere che entrambe le grotte siano solo marginalmente interessate dalle acque provenienti dalla Grotta del Falco (portata 5 l/s) e che il loro recapito preferenziale siano le sorgenti presso il fiume Tanagro (portata 13 l/s). Considerando le quote dei punti monitorati si ottiene un dislivello negativo tra la quota, nota, più bassa della Grotta del Falco (964 m circa) e quella dell'Acqua (quota 880 m, dislivello positivo di circa 30 m per 280 m di sviluppo planimetrico), pari a circa 70 m: ciò farebbe supporre che le acque provenienti dalla Grotta del Falco, dopo circa 1,1 km, abbiano ancora quota elevata (circa 894 m) per approfondirsi di circa 670 metri nei restanti 6,2 km (raggiungendo quota 220 alle sorgenti del fiume Tanagro). Considerando l'orientazione preferenziale N120° e N90° che caratterizza la Grotta del Falco rispetto alla posizione geografica dei punti monitorati (azimut compreso tra N36° e 50°), si ritiene che le acque possano raggiungere la falda in rete carsica intersecando la direttrice tettonica del Vallone Lontrano che, tamponandone solo parzialmente il deflusso verso NW (CELICO et al., 1994), potrebbe fungere da spartiacque lasciando ipotizzare ulteriori punti di risorgenza. Le prove colorimetriche hanno quindi permesso di accertare la diretta comunicazione della Grotta del Falco con la falda in rete carsica e con le sorgenti basali (sorgenti del Fiume Tanagro e Grotta di Pertosa-Auletta) del settore SE del massiccio degli Alburni. Un dato importante ottenuto grazie alla convergenza dei dati bibliografici e di campagna con quelli restituiti dall'esplorazione speleosubacquea e con le prove geoelettriche (POTENZA et al., questo volume) che pone l'accento sulla fragilità e vulnerabilità del sistema.

Ringraziamenti

Si ringraziano per la disponibilità ed il supporto: GS CAI Montorfano, GS Alpinistico Vallo di Diano, Gruppo Archeologico Speleologico Pugliese CAI, Gruppo Grotte Rovereto CAI Sat, GS Martinese, GS Marchigiano, GS CAI NA e GS Natura Esplora.

Bibliografia

- BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A., 1995. *Monti Alburni: ricerche speleologiche*. De Angelis, Avellino, 302
- CELICO, P., PELELLA, L., STANZIONE, D., AQUINO, S., 1994. *Sull'idrogeologia e l'idrogeochimica dei Monti Alburni (SA)*. *Geologica Romana*, **30**, 687–698.
- CINQUE A., PATACCA E., SCANDONE P., TOZZI M., 1993. *Quaternary Kinematic Evolution Of The Southern Apennines. Relationships Between Surface Geological Features And Deep Lithospheric Structures*. *Ann. Geofisica*, **36**, 249-260.
- D'ARGENIO B., 1974. *Le piattaforme carbonatiche periadriatiche. Una rassegna di problemi nel quadro geodinamico mesozoico dell'area mediterranea*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **13** (2), 137-159.
- D'ARGENIO B., PESCATORE T., SCANDONE P., 1975. *Structural pattern of the Campania-Lucania Apennines*. In: L. OGNIBEN, M. PAROTTO, A. PRATURLON (Eds.), *Structural model of Italy*. *Quad. de La Ricerca Scientifica*, **90**, 313-327.
- DEL VECCHIO U., 2008. *L'appennino meridionale*. Sez. Napoli, Club Alpino Italiano, anno V, 2, 268-271
- GUEGUEN E., DOGLIONI C., FERNANDEZ M., 1998. *On the post-25 ma geodynamic evolution of the western Mediterranean*. *Tectonophysics*, **298**, 259-269.
- PATACCA E., SARTORI R., SCANDONE P., 1990. *Tyrrhenian basin and apenninic arcs: kinematic relation since late Tortonian time*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **45**, 425-451.
- POTENZA G., BAVUSI M., LAURITA S., CAFARO S., DE NITTO L., 2015. *Tecniche geoelettriche per la caratterizzazione di cavità carsiche profonde. Il caso della Grotta del Falco (Alburni, Campania)*. Questo volume.
- PUTIGNANO M.L. & SCHIATTARELLA M., 2008. *Struttura, esumazione ed evoluzione morfologica del nucleo mesozoico del Monte Motola (Cilento, Italia meridionale)*. *Boll.Soc.Geol.It. (Ital.J.Geosci.)*, **127**, 477-493.
- REHAULT J.P., MASCLE J., BOILLLOT G., 1984. *Evolution geodynamique de la mediterranee depuis Oligocene*. *Mem.Soc. Geol. It.*, **27**, 85-96.
- RUSSO N., DEL PRETE S., GIULIVO I., SANTO A., 2005. *Grotte e speleologia della Campania. Atlante delle cavità naturali*. Federazione Speleologica Campana, Regione Campania. Elio Sellino Editore, 664 pp.
- SANTANGELO N., SANTO A., 1997. *Endokarst process in the Alburni Massif (Campania, southern Italy): evolution of ponors and hydrogeological implications*. *Z. Geomorph.*, 229-246., *Grottaglie*, 2-3 Febbraio, 75-92 .
- SCHIATTARELLA M., 1998. *Quaternary tectonics of the Pollino ridge, Calabria-Lucania boundary, southern Italy*. In: HOLDSWORTH R.E., STRACHAN R.A., DEWEY J.F. (Eds.), *Continental transpressional and transtensional tectonics*, Geological Society, London, *Spec. Publ.*, **135**, 341-354.
- TURCO E., MARESCA R. & CAPPADONA P., 1990. *La tettonica plio-pleistocenica del confine Calabro-Lucano: modello cinematico*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **45**, 519-529.

BOCCA DEL VENTO: UN ABISSO SUL PARTENIO

MARIA VENEZIA¹, FRANCESCO MAURANO¹, MICHELE MANCO¹, IMMACOLATA NUNNERI¹,
PAOLA SALVO¹, VINCENZO MARTIMUCCI², FRANCESCO IZZO¹⁻³

¹ Gruppo Speleologico Natura Esplora, via Reanni 3, Summonte (AV); informazioni@gsne.it

² Centro Altamurano Ricerche Speleologiche, Altamura (BA)

³ Dipartimento di Scienze e Tecnologie, Università del Sannio, Via Dei Mulini, 59/A, 82100 Benevento; Italy

Riassunto

I Monti di Avella e del Partenio rappresentano un'importante area carsica dell'Appennino campano. Considerate le emergenze naturalistiche ed ambientali, la dorsale è stata dichiarata Parco Regionale con la Legge Regionale n. 33 del 01/09/1993. Le forme carsiche più comuni sono quelle epigee, a causa soprattutto dell'assetto morfostrutturale del rilievo che si presenta come una estesa monoclinale allungata in direzione appenninica e con pochi bacini carsici o polje. L'elevata acclività dei versanti favorisce il deflusso esoreico, inibendo di conseguenza i processi di infiltrazione concentrata. Il carsismo ipogeo appare quindi poco sviluppato rispetto alle altre aree carsiche della regione e sono attualmente sconosciuti sistemi sotterranei di grandi dimensioni e di particolare interesse speleologico, anche se la comparsa di alcuni *cover sinkholes* nelle depressioni tettono-carsiche suggerisce la presenza di un ipocarso sepolto. Le cavità esplorabili del gruppo Avella-Partenio sono generalmente costituite da grotte a sviluppo sub-orizzontale e molto concrezionate. Tra esse ricordiamo la Grotta delle Camerelle (CP 721), la Grotta degli Sportiglioni (CP 184) e la Grotta di San Michele di Avella (CP 264). La grotta Bocca del Vento (CP 805) è situata nell'area meridionale del parco, entro i confini amministrativi del comune di Avella (AV), e rappresenta un'eccezione a questo singolare contesto speleologico: infatti questa cavità ha un andamento nettamente verticale e si imposta lungo un'ipotetica faglia. L'ingresso è ubicato a quota 832 metri s.l.m.; da esso si passa in ambienti stretti, esplorabili solo su corda, e quasi del tutto privi di concrezionamenti. Lungo le pareti si osservano alcune strettoie orizzontali non ancora esplorate. Il processo speleogenetico predominante è quello gravitativo, come dimostrano i numerosi massi di crollo rinvenuti e la quasi totale assenza di acque di percolazione.

Parole chiave: carsismo, Parco del Partenio, Bocca del Vento, speleologia, Campania

Abstract

MOUTH OF THE WIND: AN ABYSS ON PARTENIO MOUNT (CAMPANIA, S ITALY) - Avella and Partenio mountains represent an important karstic area of the Campania Apennine. Taking into account natural and environmental features, the ridge has been declared Regional Park, by the Regional Law no. 33 of 1 September 1993. Exokarst is predominant, especially because of the morpho-structural setting that favours the storm water runoff respect to the infiltration processes. Therefore, endokarst is poorly developed compared to the other karstic areas of the region and, until now, big subterranean systems with particular speleological interest are unknown, although the appearance of some cover sinkholes in the karstic tectonic depressions suggests the presence of a buried endokarst. The explorable caves of the Avella-Partenio group are generally composed of highly concreted sub-horizontal caves. Among them, the Camerelle (CP 721), Sportiglioni (CP 184) and San Michele d'Avella (CP 264) caves are worth of mention. The Bocca del Vento cave (CP 805) is located in the southern area of the park, within the administrative limits of Avella municipality (Avellino province), and it represents an exception to this peculiar speleological context: this cavern has a vertical development and develops along a fracture. The access is located at 832 m a.s.l. and leads to bare narrow spaces, only explorable on rope. Along the walls some unexplored horizontal passages are observed. Gravity is the predominant speleogenetic process, as demonstrated by the several rock fall deposits discovered and the almost complete absence of percolating waters.

Key words: karst, Partenio Park, Bocca del Vento, speleology, Campania

Introduzione

Lo sviluppo di un sistema carsico sotterraneo necessita di un insieme di condizioni predisponenti che sono direttamente o indirettamente riconducibili a fattori di natura geologica quali la litologia, l'assetto morfostrutturale, la circolazione idrica sotterranea, le variazioni temporali del livello di base dei processi morfogenetici ed il clima, che a sua volta è influenzato, seppur in parte, dai sollevamenti tettonici a cui è sottoposto il rilievo (SGROSSO, 1974). Considerando la conformazione geologica dell'area di studio, i Monti di Avella e del Partenio dovrebbero presentare pertanto un'elevata presenza di cavità (DEL PRETE, 2005), tuttavia non ancora conosciute speleologicamente. Infatti le cavità finora esplorate in questo massiccio presentano uno sviluppo a basso gradiente con dislivelli che vanno dai +17 m per la Grotta degli Sportiglioni ai -35 m per il Passaggio sotto Acqua della Vene (DEL PRETE, 2005).

L'Abisso Bocca del Vento presenta uno sviluppo decisamente verticale, con un dislivello complessivo di 101 metri e si candida a pieno diritto tra le grotte di maggiore interesse della regione Campania in considerazione, soprattutto, del singolare contesto speleologico in cui esso ricade.



Figura 1. Ingresso della grotta (foto F. MAURANO).

Figure 1. Entrance to the cave (photo F. MAURANO).

Inquadramento geologico e geomorfologico

La grotta Bocca del Vento (CP 805) ricade nei confini amministrativi del comune di Avella, in provincia di Avellino, e precisamente nell'area carsica del Parco Regionale dei Monti di Avella e del Partenio il quale, insieme ai Monti di Sarno, costituisce un articolato settore della catena appenninica, molto prossimo al centro vulcanico del Somma-Vesuvio. In quest'area affiora una potente successione carbonatica giurassico-cretacica di dominio neritico a prevalente composizione calcarea e calcareo-dolomitica (D'ARGENIO, 1974; PICIOCCHI & RODRIGUEZ, 1976; BONARDI ET AL., 1988; DEL PRETE, 2005). Nei settori a NE del massiccio carbonatico si rinvengono terreni miocenici in prevalente facies di flysch che spesso inglobano grandi blocchi olistolitici. Sul substrato poggiano terreni del Quaternario tra cui si citano le formazioni marine plio-pleistoceniche dei versanti meridionali dei Monti di Avella, le falde detritiche della fascia pedemontana, e i depositi piroclastici relativi alle attività eruttive dei distretti vulcanici del Somma-Vesuvio e dei Campi Flegrei, quasi sempre intercalati ai

depositi alluvionali delle depressioni vallive (DEL PRETE, 2005 e relativa bibliografia).

Il quadro geologico è ulteriormente complicato dalle vicissitudini tettoniche che hanno coinvolto in diverse fasi l'intero Appennino Campano-Lucano, condizionandone inevitabilmente i caratteri idrogeologici e geomorfologici. Tra queste fasi prevalgono principalmente quella miocenica, in regime di compressione a forte componente orizzontale, e la fase plio-pleistocenica responsabile dell'innalzamento della catena appenninica (SGROSSO, 1974).

In tale contesto si esplica un carsismo prevalentemente superficiale, in quanto l'assetto morfostrutturale favore il ruscellamento delle acque di precipitazione anziché una loro infiltrazione. Tali fattori vanno a discapito dei processi carsogenetici profondi, restituendo un ipocarso poco sviluppato rispetto ad altre aree carsiche presenti in Campania, quali ad esempio i Monti Alburni, Picentini e del Matese. In precedenza erano sconosciuti sistemi sotterranei di grandi dimensioni e di particolare interesse speleologico, anche se la comparsa di alcuni *cover sinkholes* nelle depressioni tettono-carsiche del Parco suggeriscono la presenza di un endocarso sepolto (DEL PRETE, 2005). Le cavità esplorabili del gruppo Avella-Partenio sono generalmente costituite da grotte a sviluppo sub-orizzontale e molto concrezionate. Tra esse ricordiamo la Grotta delle Camerelle di Pianura, la già citata Grotta degli Sportigliani, Acqua delle Vene e la Grotta di San Michele di Avella (PICIOCCHI & RODRIGUEZ, 1976; DI NOCERA, 1991; DEL PRETE, 2005).

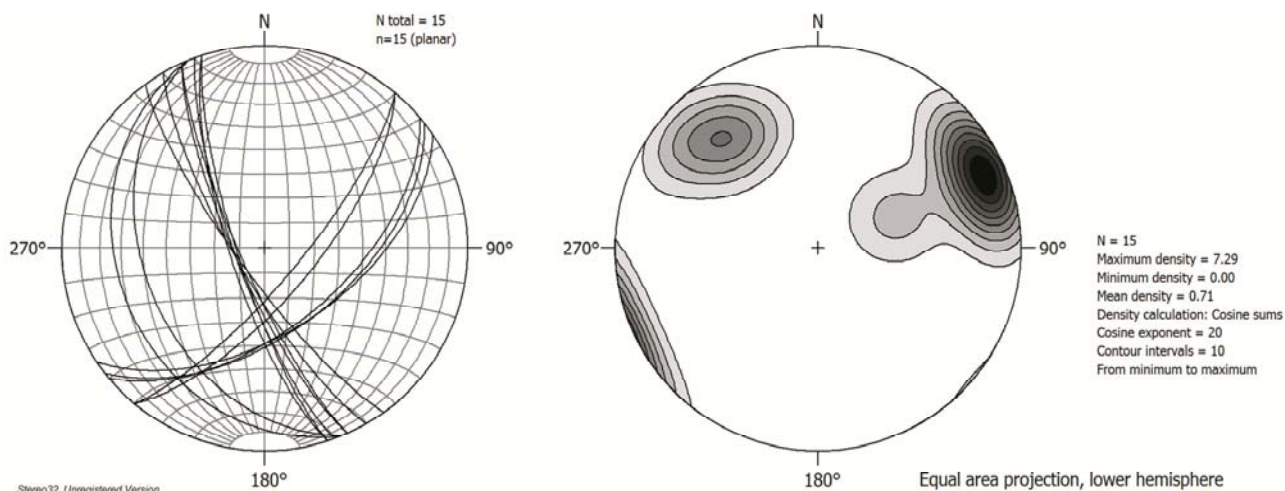


Figura 2. Proiezione stereografica delle discontinuità misurate in superficie.

Figure 2. Stereographic projection of fractures, measured outside the cave.

Descrizione speleologica dell'abisso di Bocca del Vento

L'ingresso della grotta è situato a quota 832 m s.l.m. (E 0471184; N 4535914); all'ipogeo si accede mediante una strettoia posta sul ciglio della strada, in corrispondenza di un impluvio (Fig. 1). Le pareti della strettoia di ingresso distano tra di loro pochi decimetri ed hanno un evidente controllo strutturale, in quanto i caratteri giacitureali di queste pareti (Fig. 2) sono concordi con l'orientazione, osservabile in pianta (Fig. 3), dello stesso ipogeo. La parete destra è interessata da un concrezionamento di calcite spatica di circa 30 cm che segue, in maniera discontinua ma persistente, tutto il percorso esplorabile insieme ad una esigua quantità di fango osservabile dopo pochi metri dall'accesso in grotta.

Altre famiglie di discontinuità (Fig. 2) concorrono attraverso la loro intersezione a mobilitare dei volumi di roccia di varie dimensioni costantemente presenti sul fondo della grotta.

Una volta superata la strettoia di ingresso si seguono due pozzi di poco più di cinque metri ciascuno e da un terrazzo a moderata pendenza fino a raggiungere il "Pozzone" di circa 35 metri.

Tramite una risalita di qualche metro si accede al "Pozzo delle lame" che si sviluppa per circa 15 metri (Fig. 4) seguendo due pareti concrezionate che in alcuni punti appaiono particolarmente aguzze.

Dal Pozzo delle lame si passa attraverso una strettoia per poi giungere ad un terrazzino che permette l'accesso ad un ulteriore pozzo (profondo poco più di 15 metri) seguito da un pozzetto (di circa 7 metri) che termina alla sommità di uno scivolo di crolli; da qui si giunge, tramite una fessura sotto la parete, su un terrazzino che è

stato convivialmente battezzato dagli esploratori con il nome di "Cave bar". Tale nome deriva dalle numerose ore di esplorazione impiegate per rendere praticabile la prima parte dell'ultimo pozzo (profondo circa 20 metri)

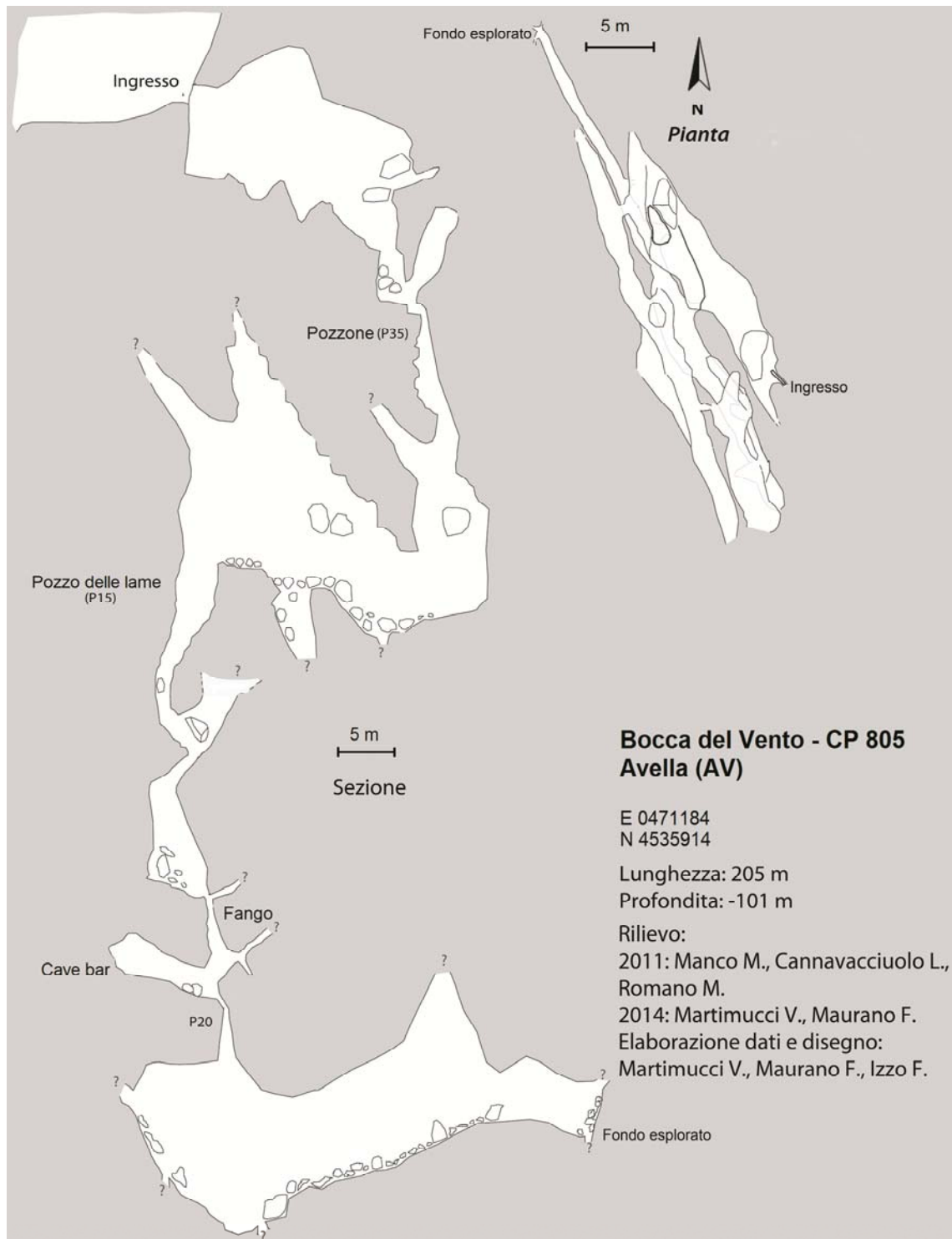


Figura 3. Rilievo di Bocca del Vento (CP 805).

Figure 3. Survey of Bocca del Vento (CP 805).

che si presenta molto stretta. Alla base dell'ultimo pozzo si rinvencono ancora una volta dei massi da caduta che permangono nella lunga e stretta risalita che porta alla fine del tratto finora esplorato (Fig. 5).

Bocca del Vento è quasi del tutto priva di concrezioni. Inoltre, nonostante la costante presenza di fango, non sono state tuttora rilevate venute d'acqua di percolazione, presente solo in forma condensata lungo le pareti dell'ipogeo.



Figura 4. Progressione verticale: "Pozzo delle lame" (foto F. MAURANO).

Figure 4. Vertical progression: "Pozzo delle lame" (photo F. MAURANO).



Figura 5. Fine del tratto esplorato (foto F. MAURANO).

Figure 5. End of explored path (photo F. MAURANO).

Conclusioni

Da quanto finora esposto sembra evidente che il processo speleogenetico predominante nello sviluppo della grotta Bocca del Vento è stato quello tettonico e gravitativo, come dimostrano i numerosi massi da caduta rilevati lungo tutto il percorso esplorato. La genesi della grotta può essere associata ad un fenomeno deformativo in quanto non sono state tuttora rilevate forme evidenti di dissoluzione carsica e/o di erosione vadosa.

In ogni caso Bocca del Vento costituisce, come ribadito più volte, un'eccezione al particolare contesto speleologico in cui essa ricade. L'esplorazione non è ancora conclusa in quanto risultano da esplorare alcuni passaggi nella zona del fondo e alcune risalite.

Ringraziamenti

Si ringraziano gli amici della sottosezione CAI di Quadrelle (AV) che ci mostrarono l'ingresso per la prima volta e tutti i soci GSNE che a vario titolo hanno collaborato.

Bibliografia

- BONARDI G., D'ARGENIO B., PERRONE V., 1988 *Carta geologica dell'Appennino Meridionale alla scala 1:250.000*. In: Memorie della Società Geologica Italiana, **41**, 1341.
- D'ARGENIO B., 1974. *Le piattaforme carbonatiche periadriatiche: una rassegna di problemi nel quadro geodinamico mesozoico dell'area mediterranea*. Memorie della Società Geologica Italiana, **13**, 135-159.
- DEL PRETE S., 2005. *I Monti di Avella e del Partenio e i Monti di Sarno*. In: RUSSO N., DEL PRETE S., GIULIVO I., SANTO A., (eds.), *Grotte e speleologia della Campania*. Fed. Speleol. Campania, Regione Campania, 317-336.
- DI NOCERA S., 1981. *Alcune considerazioni sulla geomorfologia della Grotta degli Sportiglioni presso Avella (Avellino)*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, **3**, 53-58.
- PICIOCCHI A., RODRIGUEZ A., 1976. *Grotta delle Camerelle di Pianura, Grotta degli Sportiglioni, Grotta di S. Michele. Una proposta per un itinerario speleologico*. Atti del Circolo Culturale B. G. Duns Scoto di Roccaraindola, 72-79.
- SGROSSO I., 1974. *La geologia regionale ed il carsismo profondo*. Annuario Speleol. CAI Napoli, 1972/1973, 33-34.

L'ESPLORAZIONE DELLE GROTTI NELLA CORDILLERA DE LA SAL SALAR DE ATACAMA – CHILE.

ELIO PADOVAN¹

¹ CGEB, via Busoni 7, Trieste; eliopadovan@hotmail.it

Riassunto

Dal 2000 ad oggi la Commissione Grotte Eugenio Boegan della Società Alpina delle Giulie, sezione di Trieste del Club Alpino Italiano, ha svolto 7 spedizioni speleologiche nella Cordillera de la Sal, che si innalza nella parte nord occidentale del Salar di Atacama. Finora sono state individuate ed esplorate una quarantina di grotte, tre delle quali sono le più profonde del mondo tra quelle che si sviluppano nel sale e, in assoluto, le più profonde del Cile. Quattro sfiorano o superano i 2 km di sviluppo, risultando così le più lunghe del Cile e tra le più grandi del mondo nel sale. Il deserto di Atacama è il più arido della Terra ed è soggetto a fortissime escursioni termiche al suolo, dovute anche alla quota rilevante. Questo, unitamente al fatto che le grotte si sviluppano nel sale, rende del tutto particolare l'esplorazione, presentando problematiche inusuali, qui descritte. Si presenta anche qualche cenno alle caratteristiche antropiche della zona, quali la presenza di campi minati, strade Inca e depositi di vasi Inca e Atacameni nelle grotte più nascoste.

Parole chiave: Boegan, Atacama, Cordillera de la Sal, grotte nel sale, cueva, vasi Inca.

Abstract

CAVE EXPLORATION IN THE CORDILLERA DE LA SAL, SALAR DE ATACAMA, CHILE - Since the year 2000 the Commissione Grotte Eugenio Boegan, of the Società Alpina delle Giulie, Trieste, part of the Club Alpino Italiano has been seven times on the Cordillera de la Sal in the NW part of the Salar de Atacama to explore caves. Till now the explored caves are almost 40, three of which are the deepest halite caves in the world and also the deepest caves in Chile. Four caves are almost two kilometers long and so are the longest ones of Chile and among the longest halite caves in the world. Atacama is the driest desert in the world with a very high thermal excursion of soil temperature, due also to the high altitude. So the exploration of halite caves in such conditions is very special and is described here. Some words about human impact, like mine fields, Inca roads and Inca's and Atacamenos' pottery in the most hidden caves, are also presented.

Key words: Boegan, Atacama, Cordillera de la Sal, halite cave, Inca Pottery.

Introduzione

Negli ultimi 14 anni la Commissione Grotte Eugenio Boegan (CGEB) ha intrapreso l'esplorazione sistematica delle grotte che si aprono nella Cordillera de la Sal, nel Salar di Atacama (Fig. 1), scoprendo un ambiente poco conosciuto finora. Le grotte, pur se solitamente molto facili da percorrere, presentano tuttavia delle problematiche particolari dovute all'estrema escursione termica esterna, al sale di cui sono fatte, alla prossimità di vulcani e alla presenza di antichi manufatti Atacameni e Inca. Per questi fattori, nei primi approcci, abbiamo avuto degli inconvenienti e delle situazioni a dir poco imbarazzanti, che ritengo utile far conoscere a chi intenda ripercorrere i nostri passi, o proseguire con le esplorazioni in questa zona. La tabella 1 con i dati essenziali delle grotte da noi fin qui esplorate, vuole essere un primo contributo per un catasto di San Pedro o del Cile stesso. Le descrizioni e i rilievi sono stati tutti già pubblicati su Progressione e passati alla sede locale del CONAF del Cile, che sembrerebbe l'ente più interessato alle cavità naturali.

Inquadramento geografico e geologico.

La catena montuosa interessata dal fenomeno carsico è la Cordillera de la Sal che si sviluppa per 70 km di lunghezza e 7 di larghezza, da NE a SW, nella parte settentrionale del Salar di Atacama, II Regione nel nord del Cile (Fig. 1). Le sue cime superano i 2650 metri di altezza mentre la base dei rilievi, ovvero il piano del Salar, varia da 2350 a 2450 metri di quota, da SW a NE.

La principale formazione geologica della Cordillera è detta di San Pedro e si formò tra l'Oligocene e il Miocene da 36 a 9 milioni di anni fa. Si compone di depositi sedimentari di marna, arenaria, conglomerato, gesso e,



Figura 1. Nel rettangolo la Cordillera de la Sal nel Salar de Atacama, II Region de Chile.

Figure 1. The square evidences the Cordillera de la Sal in the Salar de Atacama, Chile.



Figura 2. Veduta al tramonto della parte nord orientale della Valle della Luna dai pressi della strada che scende a San Pedro de Atacama dalla Cuesta Barros Arana.

Figure 2. View at sunset of the NE part of the Valle de la Luna close to the road that descends from the Cuesta Barros Arana to San Pedro de Atacama.

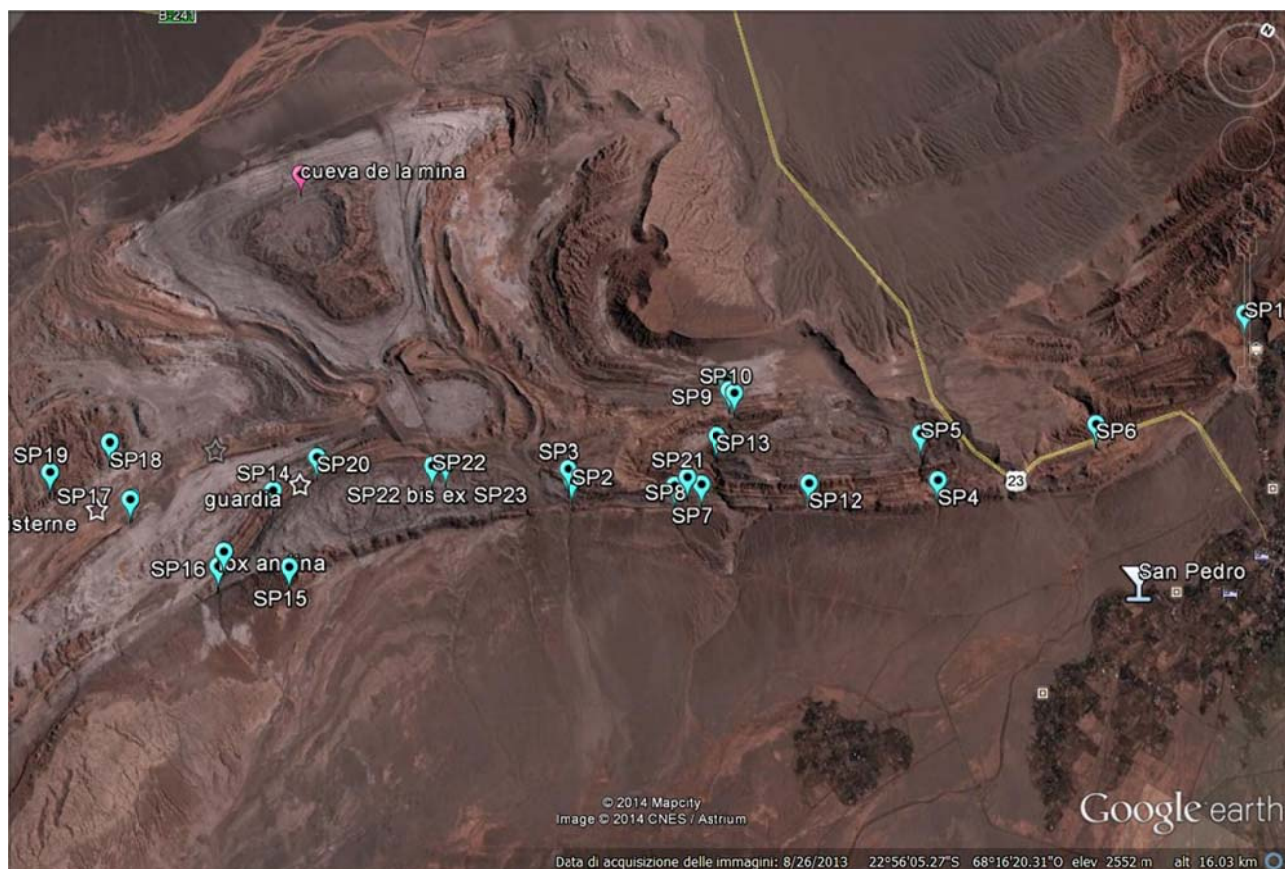


Figura 3. Grotte nella I zona, Valle della Luna, dal rio San Pedro al Passo Inca o Pista del Gasdotto.

Figure 3. Caves in the I Zone, Valle de la Luna, from San Pedro to the Inca Pass or Gasduct dirtroad.

soprattutto, sale, formatisi in un salar simile a quello attuale. La parte più settentrionale della Cordillera è interessata anche dalle formazioni vulcaniche del gruppo di San Bortolo, l'ignimbrite Pelòn e l'ignimbrite Sifòn, depositatesi sopra la formazione di San Pedro tra 9 e 7 milioni di anni fa. Le rocce della formazione di San Pedro sono state deformate dall'attività tettonica e gli strati sono spesso subverticali. Sopra di essi, in discontinuità angolare, spesso si incontrano il recente deposito di sabbia, polvere e ghiaia della formazione di Vilama o gli attuali depositi di sabbia (dune). Caratteristici sono i monoliti di gesso (hoodoo), che fuoriescono dal suolo salino, spesso allineati, anche per diversi metri d'altezza.

Le grotte

Le grotte più grandi (SP4, SP8, SP24, ecc.) hanno tratti di galleria più ampia che serpeggiano al di sopra dell'alveo attuale rivelando almeno un periodo speleogenetico precedente, caratterizzato da un maggior afflusso d'acqua e, quindi, da un periodo più piovoso. La grande solubilità del sale fa datare le grotte attuali a non più di 10.000 anni di età, probabilmente meno. Sono quasi tutte attive, se così si può dire, visto che le piogge sono rarissime. Le concrezioni sono abbastanza abbondanti e particolarmente belle dopo una pioggia, quando anche la superficie esterna della Cordillera sembra rifiorire con nuove bianchissime cristallizzazioni e le rosse e celebrate rose di Atacama. L'andamento delle grotte è piuttosto rettilineo, se pur meandrizato. Non si incontrano retroversioni e i bruschi mutamenti di direzione sono rari. Lo spessore del soffitto è sempre limitato, mai più di poche decine di metri. Le grotte sembrano seguire il profilo della superficie sovrastante. Mai raggiungono un livello di base e appaiono sempre come sospese. Sembrano meno condizionate dalle fratture tettoniche rispetto alle grotte nel calcare. Paiono una via di mezzo tra le grotte calcaree, cui assomigliano esteticamente e quelle nel ghiaccio, che non riescono ad allontanarsi più di tanto dalla superficie. Probabilmente tutto ciò è dovuto alla relazione tra solubilità e caratteristiche elastoplastiche della roccia, più o meno sensibili alla pressione. Anche alla massima distanza dalla superficie, nelle ore più calde, si sentono forti schiocchi, inquietanti in un primo momento, dovuti alla dilatazione della roccia che si frattura. Penso che questo fenomeno possa avere una qualche rilevanza nella formazione delle grotte, come detto, sempre piuttosto superficiali. E' indubbio che una fratturazione che si rinnova di continuo agevoli la penetrazione dell'acqua nel sottosuolo, aggirando le vecchie fratture intasate dai residui insolubili

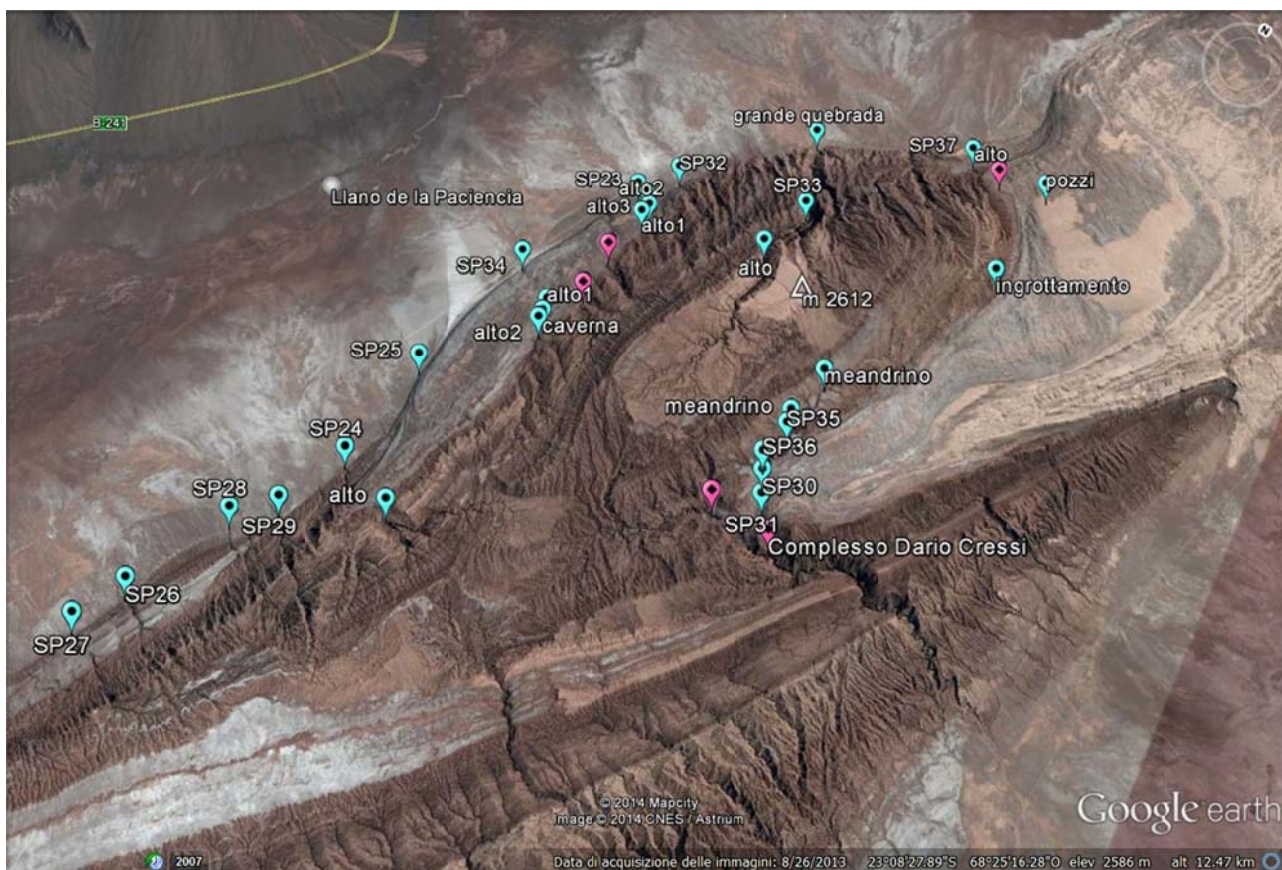


Figura 4. Grotte nella II zona, Llano de la Paciencia. In rosso sono indicate grotte non esplorate.

Figure 4. Caves in the II Zone, Llano de la Paciencia. In red the unexplored caves.

I terremoti

Noi stessi eravamo presenti nel novembre/dicembre 2007, quando uno sciame di scosse di magnitudo massima 7.8 nella scala Richter, con epicentro Calama, a 100 km di distanza, ha colpito la zona. In un caso eravamo impegnati in una arrampicata all'ingresso basso della SP7. L'impressione era che la volta, di brutto aspetto, si sarebbe sbriciolata e saremmo stati travolti dalle pietre. Invece non accadde niente. Nei giorni successivi abbiamo osservato che i segni delle scosse erano minimi, in tutte le grotte. Anche concrezioni dall'aspetto fragilissimo erano rimaste intatte. D'altronde mai si incontrano coni detritici attivi e le basi dei pozzi interni sono tutti perfettamente piani, senza detriti. Il sale, evidentemente, tollera bene le scosse. Curiosamente, la scossa che abbiamo subito in grotta ha abbattuto la "Casa de Pedra", il ristorante in cui avevamo cenato la sera precedente e, come dice il nome, era una delle pochissime costruzioni di San Pedro non costruite in adobe, ovvero paglia e fango e l'unica crollata.

Metodi

La maggior parte delle grotte le abbiamo trovate costeggiando i contrafforti della Cordillera, là dove questi si immergono nel salar. Di tanto in tanto dei solchi acquiferi, tanto più marcati quanto più prossimi alle pendici del monte, intagliano i depositi di sabbia e polvere che costeggiano la base delle pareti e, quasi sempre, conducono ad una grotta, dopo un percorso in forra (localmente chiamata *quebrada*) più o meno lungo, che si inoltra nella montagna con archi naturali che anticipano il tratto sotterraneo principale. Stupisce la portata di questi corsi d'acqua in un territorio così arido, deducibile dalle tracce lasciate, quali striscioline di plastica orizzontali impigliate sulle pareti dei meandri, anche a tre metri dal suolo (SP8), o l'ampiezza del solco. Evidentemente le rarissime piogge hanno carattere torrenziale. Le grotte principali, di attraversamento, nella parte bassa iniziano sempre qualche metro più in alto del livello del salar. Sono tutte sospese, nel senso che nessuna raggiunge il livello di base delle acque.

Dal punto di vista esplorativo e non solo, riconosciamo due zone distinte della Cordillera. La prima, che chiameremo della Valle della Luna (Figg. 2 e 3), compresa tra il rio San Pedro ove interseca la catena e la pista del gasdotto o passo Inca (da noi così battezzato, forse impropriamente, per la presenza dei resti di una antica strada), 15 km a SW di San Pedro, dove c'è un valico naturale della Cordillera. Quasi tutte le grotte iniziano

sulla Cordillera e sbucano a S, verso il Salar.

La seconda, che chiameremo del Llano de la Paciencia (Fig. 4), corrisponde al rilievo più massiccio nella parte centrale della Cordillera, a SE del Llano de la Paciencia e a circa 40 km a SW di San Pedro. Le grotte dalla montagna scendono, con qualche importante eccezione, verso nord e sbucano sul Llano.

Raggiungere le grotte della I zona è abbastanza facile. Si arriva in fuori strada e con brevi camminate e arrampicate. Da evitare comunque le ore più calde. L'abbigliamento ottimale, sia per fuori che per dentro, l'abbiamo identificato in pedule, tuta bianca di cotone sopra maglietta e mutande dello stesso tessuto, cappello a larga tesa e casco per la grotta. La temperatura nelle grotte è intorno ai 15 gradi, pur con notevoli sbalzi per un ambiente ipogeo, dovuti alle forti correnti d'aria che si sviluppano, in certe ore, per la forte escursione termica esterna. La roccia, nel fondo degli alvei è compatta e di bell'aspetto. Abbiamo sempre usato i multimonti con ottimi risultati (finora hanno sempre tenuto). Per calarci in pozzi esterni lontani dall'alveo abbiamo utilizzato, viceversa, non chiodi ma molta corda per ancorarci a pilastri o ponti naturali, in quanto in superficie la roccia appare molto degradata. Calandosi in pozzi esterni o strisciando in cunicoli ventosi dietro a qualcuno, si è investiti da polvere di sale che irrita gli occhi e le vie respiratorie. In tal caso è utile indossare delle mascherine e degli occhiali chiusi. Essenziali i guanti in quanto il sale cristallizza anche in forme taglienti e irrita le ferite.

Attenzione ! Il pozzo del Meteorite (SP6) non ha ossigeno sul fondo e sia uno statunitense che io abbiamo rischiato di restarci. Poichè non c'è vegetazione immagino che il gas pesante sia di origine vulcanica, ma non so se il fenomeno è limitato alla zona più prossima ai vulcani o è diffuso in tutta la Cordillera. Per questo non siamo scesi finora in nessuno degli altri pozzi esterni già individuati, tranne quelli che chiaramente conducevano a grotte sottostanti ben areate.

Le grotte di questa zona sono state utilizzate dall'uomo fin dall'antichità, quando l'oasi di San Pedro era più estesa di quella attuale, per cui è facile rinvenirvi manufatti. Nella grotta SP7 abbiamo trovato 5 vasi Inca e Atacameni di cui 3 chiusi e sigillati con corde di canapa che si sono conservate in modo eccezionale, essendo sotto sale. Correttamente, senza toccarli, li abbiamo segnalati al locale Museo Antropologico di San Pedro e abbiamo accompagnato l'archeologa FLORA VILCHES a vederli (Fig. 6). Ci ha assicurato che ci avrebbe fatto sapere quale fosse il contenuto dei vasi e che, anzi, avrebbe pubblicato sulla nostra rivista Progressione un articolo sul ritrovamento. Da quel momento non abbiamo saputo più niente né dei vasi né dell'archeologa, malgrado innumerevoli richieste alla stessa e al museo. Anche una giornalista di Iquique e un avvocato di Santiago se ne sono interessati, ma sono scomparsi pure loro. O il fenomeno dei "desaparecidos" non è del tutto cessato in Sudamerica, oppure la nostra è stata semplicemente una buona azione molto mal ripagata.

Nella parte SW della zona abbiamo osservato le tracce di una antica strada che abbiamo attribuito agli Inca (Fig. 5) senza alcuna cognizione in materia. Nei pressi i resti di due posti di guardia (?), uno dei quali di forma circolare con cocci nei pressi e una serie di cisterne a cascata in adobe per la raccolta dell'acqua (possibile, con 1 mm di precipitazioni medie all'anno?). Forse, quando le hanno costruite, pioveva di più. Sarebbe interessante ricostruire il percorso della strada e esplorare le caverne che la costeggiano.

La seconda zona, quella del Llano de la Paciencia, è molto più distante. Si devono percorrere 55 km di strada, pista e fuoristrada. Tra le due zone dei campi minati non ben delimitati, in quanto si sa dove iniziano ma non dove terminano, residui della bellicosità dei tempi di Pinochet, rendono preoccupanti le ricerche.

L'accesso agli ingressi bassi è simile a quello della I zona. Gli ingressi alti invece sono più problematici. Osservando la Cordillera dal Llano de la Paciencia si notano 3 tipi di terreno. Uno, simile a campi di neve, che chiamiamo "i bianchi", è costituito da polvere chiara su cui si sprofonda come nella neve, un po' meno. Ci si cammina abbastanza bene pur con l'attenzione a non sprofondare in qualche pozzo mascherato dalla coltre bianca. Un altro, che chiamiamo "i verdi", è costituito da cristalli di sale grigio, a gradoni irregolari, talvolta a "penitentes", solidi e facili da arrampicare. Il terzo è costituito da rocce rosse, quasi sempre impercorribili o invalicabili. Evitare e aggirare "i rossi" costituisce il maggior problema nella ricerca degli ingressi alti. Nelle ore più calde la temperatura al suolo supera i 70°C e abbiamo avuto il problema di soles fuse e scarpe da buttare. E' fondamentale trovarsi all'ombra quando il sole è alto, nell'ansa di qualche quebrada o, meglio, in grotta. Il problema della disidratazione e/o dei colpi di calore è ovvio. D'altra parte di notte, all'alba e al tramonto si cammina benissimo nella secca e fresca aria di Atacama, per cui è da scemi farsi sorprendere dalle condizioni descritte. Nelle notti di luna piena il cielo, straordinariamente limpido, consente di leggere senza luci artificiali.

Curiosamente, in queste grotte che distano chilometri dal più vicino filo d'erba o cactus, la vita animale è ben rappresentata, almeno in forma di carogne. Sotto sale mummificano e si conservano benissimo. Cadaveri di lama, vigogne, cani, condor e altri uccelli, topi verdi, falene, ecc. popolano gli ingressi delle grotte. Ovunque

boli di gufo. Non pare però che ci sia stata mai presenza umana, se non recentissima per lavori topografici o sulle nostre tracce.



Figura 5. L'autore sulla strada Inca

Figure 5. The author on an ancient Inca road.



Figura 6. L'autore con l'archeologa FLORA VILCHES del Museo Antropologico Gustave Le Paige di San Pedro de Atacama. Novembre 2007.

Figure 6. The author with the archaeologist FLORA VILCHES of the Archaeological Museum Gustave Le Paige of San Pedro de Atacama, November 2007.

Minuscole scolopendre e farfalle abitano gli ingressi. Purtroppo nessun "bacoler" o entomologo è mai venuto

con noi, per cui non sappiamo niente della vita in un ambiente tanto particolare.

Risultati

Dati

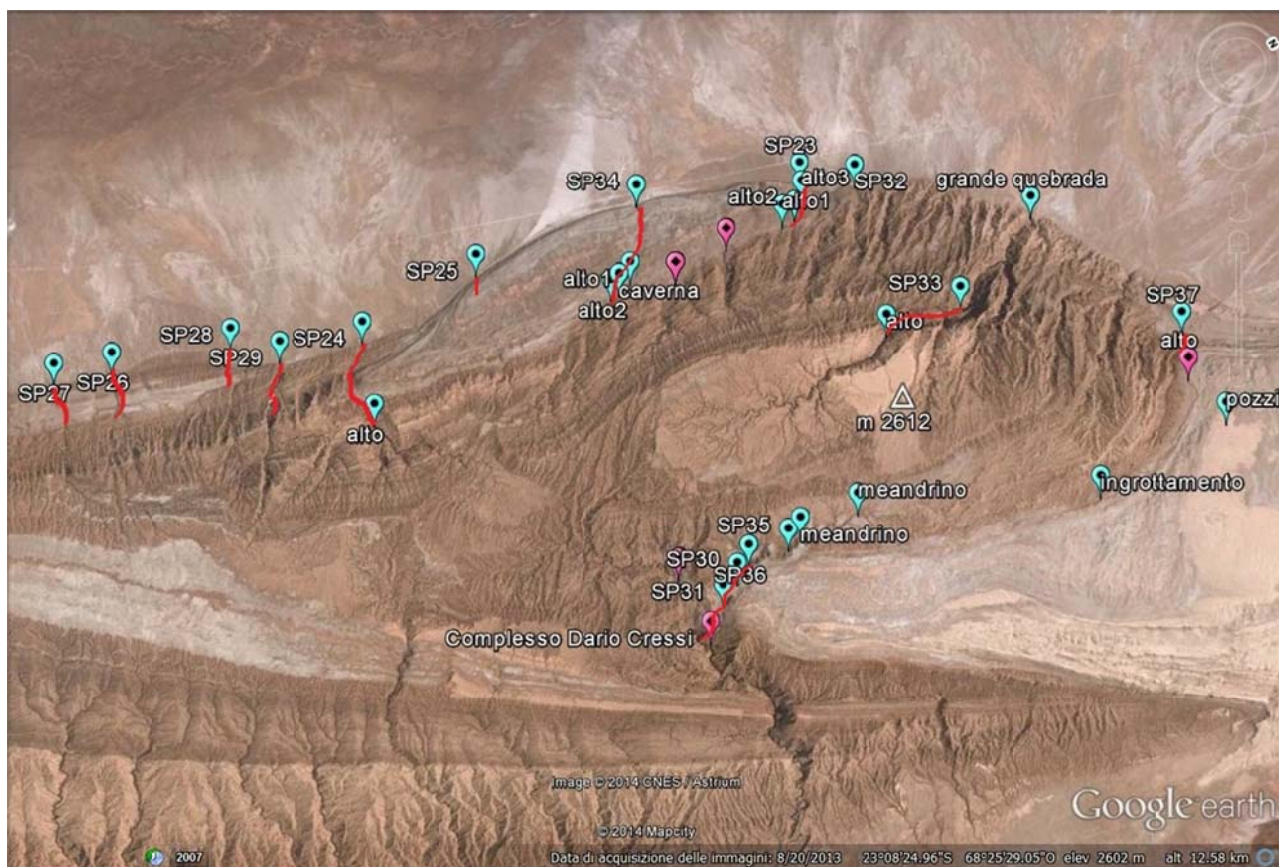


Figura 7. In rosso l'andamento approssimativo delle grotte nella II zona.

Figure 7. In red the approximate development of the caves in the II zone.

cod	Nome / rilievo	lat	long	quota	Svil	Disl
SP1	Grotta di Nicholas o Caverna di Quitor	S 22° 53' 26"	W 68° 13' 04"	2460	120	40
	Elio Padovan, Umberto Tognolli 9/2/2002					
SP2	Meandro della Valle della Luna o Paredes de Vidrio	S 22° 56' 42"	W 68° 16' 36"	2450	350	20
	Elio Padovan, Fabrizio Pascotto, Umberto Tognolli, Fabio Kovacich 10/2/2002					
SP3	Caverna della Valle della Luna	S 22°56' 39"	W 68° 16' 40"	2452	350	20
	Elio Padovan, William Starz, Umberto Tognolli, Fabrizio Pascotto 12/2/2002					
SP4	Grotta della miniera di Chulacao o Mina Chulacao	S 22° 56' 28"	W 68° 14' 22"	2454	670 1040	45
	Umberto Tognolli, William Starz, Fabio Kovacich, Elio Padovan, Mitja Padovan,					

cod	Nome / rilievo	lat	long	quota	Svil	Disl
	Fabrizio Pascotto. 16/2/2002					
SP5	Meandro Alta valle Chulacao *	S 22° 55' 15"	W 68° 14' 36"	2490	50	1
	Elio Padovan, Daniela Parma 5/2/2003					
SP6	Pozzo del Meteorite. * Elio Padovan 3/2/2003 PERICOLO! Fondo senza ossigeno	S 22° 54' 36"	W 68° 13' 33"	2480	20	40
SP7	Grotta dei Vasi o cueva del Aribalo o meandro II a ovest di Quebrada Honda	S 22° 56' 17"	W 68° 15' 47"	2470	50	11
	Elio Padovan, Daniela Parma 6/2/2003 Galliano Bressan, Nico Zuffi, Elena Sluga e Elio Padovan 16/11/2007					
SP7a,b,c	Grotta Capelli di Fata o Pelo de Hada, b Cueva del Polpo Blanco, c Rio dei Vasi.				200	21
	Nico Zuffi, Galliano Bressan 11/2007					
SP8	Grande Meandro o Cueva Lechuza do Campanario	S 22° 56' 19"	W 68° 15' 52"	2450	540	35
	Elio Padovan, Fabrizio Pascotto, Daniela Parma 7/2/2003					
SP9	Meandrino soffiante sulla dx di Quebrada Honda *	S 22° 55' 39"	W 68° 15' 57"	2450		
	Posiz. Elio Padovan 11/2/2003					
SP10	Meandrino sulla sx di Quebrada Honda	S 22° 55' 39"	W 68° 15' 56"	2460		
	Posiz.: Elio Padovan 11/2/2003 *					
SP11	Condotta dx di Quebrada Honda	S 22° 55' 36"	W 68° 16' 00"	2470	15	0
	Elio Padovan 11/2/2003 *					
SP12	Meandro II a E di Quebrada Honda o Cueva Paesaje Sal	S 22° 55' 56"	W 68° 15' 08"	2450	35	1
	Elio Padovan 11/2/2003					
SP13	Ansa coperta di Quebrada Honda	S 22° 55' 58"	W 68° 15' 52"	2452	20	0
	Elio Padovan 11/2/2003					
SP14	Galleria con Lucernari	S 22° 57' 46"	W 68° 18' 24"	2471	30	-4
	Elio Padovan, Elena Sluga 20/11/2007					

cod	Nome / rilievo	lat	long	quota	Svil	Disl
SP15	Galleria	S 22° 58' 07"	W 68° 18' 01"	2397	15	0
	Elio Padovan, Elena Sluga 20/11/2007					
SP16	Cueva Zorro Andina	S 22° 58' 16"	W 68° 18' 28"	2440	325	-13
	NSS News Novembre 2005					
SP17	Grotta Insabbiata	S 22° 58' 17"	W 68° 19' 15"	2443	20	0
	Elio Padovan, Elena Sluga 23/11/2007					
SP18	Ingrottamenti a SW del Passo INCA	S 22° 58' 03"	W 68° 19' 36"	2467	70	2
	Elio Padovan, Elena Sluga 23/11/2007					
SP19	Quebrada de Los Zapatos	S 22° 58' 24"	W 68° 19' 50"	2405	30	0
	Galliano Bressan, Nico Zuffi 24/11/2007					
SP20	Quebrada del Gorro	S 22° 57' 26"	W 68° 18' 16"	2475	20	0
	Galliano Bressan, Nico Zuffi 20/11/2007					
SP21	Pozzetto	S 22° 56' 18"	W 68° 15' 55"	2476		-6
	Nico Zuffi 11/2007					
SP22	Bigolo	S 22° 57' 05"	W 68° 17' 30"	2562	18	-1
	Nico Zuffi 11/2007					
SP22 bis	Pozzo e condotta	S 22° 57' 02"	W 68° 17' 26"	2563	73	-8
	Nico Zuffi 11/2007					
SP23	Vicuna Seca	S 23° 07' 06"	W 68° 26' 14"	2348	1255	120
	Galliano Bressan, Elio Padovan 26/11/2010 Marco Sticotti, Massimo Baxa novembre 2011					
SP24	Arco de la Paciencia	S 23° 09' 23"	W 68° 26' 44"	2348	1934	168
	Galliano Bressan, Elio Padovan 25/11/2010 Marco Sticotti, Massimo Baxa novembre 2011					
SP25	Pelo de Sal	S 23° 08' 43"	W 68° 26' 43"	2351	250	45
	Galliano Bressan, Elio Padovan 26/11/2010 Rossana Litteri, Lorenzo Marini dicembre 2013					
SP26	Ventanas	S 23° 10' 32"	W 68° 27' 18"	2348	439	33
	Galliano Bressan, Elio Padovan 30/11/2010					

cod	Nome / rilievo	lat	long	quota	Svil	Disl
SP27	Rio Blanco	S 23° 10' 48"	W 68° 27' 24"	2350	436	22
	Galliano Bressan, Elio Padovan 30/11/2010					
SP28	Bolo de Buho	S 23° 10' 00"	W 68° 27' 01"	2346	309	26
	Galliano Bressan, Elio Padovan 1/12/2010					
SP29	Canon	S 23° 09' 47"	W 68° 26' 52"	2350	476	39
	Galliano Bressan, Elio Padovan 1/12/2010					
SPX	Complesso Dario Cressi. * SP30, SP31, SP35 e SP36					
SP30	Lider Maximo *	S 23° 08' 24"	W 68° 24' 35"	2557	96	-27
	Galliano Bressan, Roberto Ive 2/12/2010					
SP31	Hoyo a cerca de Lider Maximo Galliano Bressan, Roberto Ive 2/12/2010	S 23° 08' 32"	W 68° 24' 29"	2544	10	5
SP35	Prima Caverna *	S 23° 07' 43"	W 68° 25' 06"	2550		
	Elio Padovan 2/12/2010					
SP36	Gola Profonda *	S 23° 08' 19"	W 68° 24' 37"	2550	2000	-75
	Marco Sticotti, Angelo Iemmolo dicembre 2013					
SP32	Pajero y Perro *	S 23° 06' 53"	W 68° 26' 04"	2354	30	1
	Elio Padovan novembre 2011					
SP33	Grande Quebrada *	S 23° 06' 46"	W 68° 25' 12"	2396	960 + 1400	126
	Elio Padovan, Willy Bole, Adriana Gomez, Galliano Bressan Lorenzo Marini, Rossana Litteri dicembre 2013					
SP34	Cueva del Aire *	S 23° 07' 51"	W 68° 26' 35"	2344	2200	155
	Elio Padovan, Daniela Parma, Fabrizio Pascotto febbraio 2003 Elio Padovan, Willy Bole, Adriana Gomez e Galliano Bressan Marco Sticotti e Angelo Iemmolo 4/12/2013					
SP37	Risorgiva alta *	S 23° 05' 53"	68° 24' 28"	2427	50	2
	Willy Bole, Elio Padovan 12/2013					

Tabella 1. Grotte nella Cordillera de la Sal.

Table 1. Caves in the Cordillera de la Sal.

Note

La posizione delle grotte, rilevata con Garmin nel sistema WGS84, è stata corretta con Google Earth. Così pure la quota, rilevata con altimetro Thommen 4000 tascabile. Per i rilevamenti, fino al 2007, si sono usati topofilo e/o cordella metrica, bussola e clinometro, poi disto laser. Parimenti lo sviluppo, per le grotte rilevate fino al 2007, indica la proiezione orizzontale mentre nei rilevamenti successivi, elaborati con Visual Topo, indica lo sviluppo spaziale. Ne consegue che, ad esempio, per la grotta SP4 – Mina de Chulacao, qui viene assegnato uno sviluppo di m 670 (proiezione) mentre un successivo rilevamento fatto da statunitensi e pubblicato su NSS le assegna uno sviluppo (spaziale) di oltre un chilometro (FRYER, 2005).

Gli asterischi (*) indicano che l'esplorazione e/o il rilievo non sono stati completati.

Il segno “-”, quando precede la misura del dislivello, significa che dall'ingresso di cui è indicata la posizione si scende. Altrimenti si sale. In sostanza mostra se la posizione si riferisce all'ingresso alto o a quello basso, pressochè sempre entrambi presenti, poiché le grotte sono quasi tutte di attraversamento.

La presenza di più nomi per la stessa grotta è dovuta alle diverse pubblicazioni che così la citano.

Conclusione

Molto è ancora da fare. Il completamento dell'esplorazione del complesso Dario Cressi, in particolare, promette grandi soddisfazioni. Si tratta, con ogni probabilità, della più lunga grotta del Cile (lo è già ora, completando i rilievi di quanto già visto). A ovest-sudovest del complesso non siamo mai stati, finora.

Tutti da scendere poi, sono i pozzi che si aprono nei “bianchi”, nella parte più alta della Cordillera, quindi con il massimo potenziale di profondità. Poichè non si sa ancora se e dove conducano, la loro discesa richiederà la massima attenzione, poichè potrebbero essere privi di ossigeno.

Anche il tratto di Cordillera tra la zona della Valle della Luna e quella del Llano de la Paciencia, basso e ampio, è da esplorare. A parte piccoli tratti di quebrade ingrottate che si vedono su Google Earth, abbiamo trovato dei bassi meandri e bigoli, angusti ma percorribili, che non si capisce dove portino. In una zona vasta e con dislivelli minimi potrebbero essere lunghissimi. C'è poca circolazione d'aria ma non vuol dire, proprio per lo scarso dislivello. La loro esplorazione, tanto strisciare e gattonare, è riservata a grottisti ben determinati.

Bibliografia

- BADINO G., 2008. File:I:/3b2/Riviste/GeoActa/9045_Sp2/129-140_Badino.3d.
- BRESSAN G., 2008. *Speleologia nella Cordillera de la Sal, Cile*. Speleologia Veneta, **16**, 91-108.
- DE WAELE J., FORTI P., 2008. *Grotte in sale cileno*. Speleologia, **59**, 48-54.
- DE WAELE J., FORTI P., 2010. *Salt rims and blisters: peculiar and ephemeral formations in the Atacama Desert (Chile)*. Zeitschrift fur Geomorphologie, **54**, 51-67.
- DE WAELE J., FORTI P., PICOTTI V., GALLI E., ROSSI A., BROOK G. A., ZINI L., CUCCHI F., 2009a. *Cave deposits in Cordillera de la Sal (Atacama, Chile)*. GeoActa special publication, **2**, 97-111.
- DE WAELE J., PICOTTI V., FORTI P., BROOK G., CUCCHI F., ZINI L., 2009b. *Age of caves in the Cordillera de la Sal (Atacama, Chile)*. Proc. 15th International Congress on Speleology, Kerrville, Texas, USA.
- DE WAELE J., PICOTTI V., ZINI L., CUCCHI F., FORTI P., 2009c. *Karst phenomena in the Cordillera de la Sal (Atacama, Chile)*. GeoActa special publication, **2**, 113-127.
- FRYER S., 2005. *Halite caves of the Atacama*. National Speleological Society News, **63 (11)**, 4-19.
- MAIRE R., SALOMON J.-N., 1994. *Les grottes du sel et du gypse dans le désert d'Atacama (Chile)*. Quatrième Rencontre d'Octobre, Pau (France), 1-2 Octobre 1994, 86-89.
- PADOVAN E. 2003. *Il sistema carsico della Cordillera de la Sal nel deserto di Atacama*. Progressione, **48**, 37-49.
- PADOVAN E. 2010. *Nuove grotte ad Atacama – Cile*. Progressione, **57**, 78-90.
- PADOVAN E. 2011. *Maledetta sicurezza, “bip”, “bip bip”*. Progressione, **58**, 95-100.
- SALOMON J.-N., 1995. *Le Chili. Pays des karsts extrêmes*. Karstologia, **24**, 52-56.
- SESIANO J., 2006. *Evolution actuelle des phénomènes karstiques dans la Cordillera de la Sal (Atacama, Nord Chili)*. Karstologia, **47**, 49-54.
- SESIANO J., 2009. *Nouvelles observations sur un massif de sel gemme dans la Cordillera de la Sal, désert d'Atacama, nord*

du Chili: Archives des Sciences Génève, **62**, 71-86.

SESIANO J., 1998 *Phenomenes karstiques en zone aride. Le desert d'Atacama, au Nord du Chili*. Hypogees “Les Boueux”, **64**, 48-52.

ZUFFI N. 2007. *Esplorazione del sistema carsico presso il deserto di Atacama, Cile. Atto IV*. Progressione, **54**, 68-81.

Nota: le informazioni geologiche sono state tratte da

www.bhc.edu/academics/science/harwoodr/rhweb/Chile2001/Atacama/Muerte.htm

UN PROGETTO DI RICERCA DELLA FEDERAZIONE SPELEOLOGICA DELL'EMILIA-ROMAGNA: “GESSI E SOLFI DELLA ROMAGNA ORIENTALE”

FEDERAZIONE SPELEOLOGICA REGIONALE DELL'EMILIA-ROMAGNA ¹

¹ Centro Parco “Casa Fantini”, via Jussi, 171 Farneto, 40068 San Lazzaro di Savena (BO); Italy. website: <http://fsrer.it>; info@fsrer.it

Autori: E. PONTI e-ponti@libero.it, M.L. GARBERI, G. BELVEDERI, P. LUCCI

Riassunto

La Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia-Romagna (FSRER), per il periodo 2014-2015, ha varato un complesso progetto di ricerca dal titolo “Gessi e Solfi della Romagna orientale”, che si prefigge di rilevare, documentare e studiare le cavità naturali e artificiali della Romagna orientale. Il territorio interessato si estende dalla valle del Savio (provincia di Forlì-Cesena) fino al nuovo confine regionale con le Marche, dopo l'annessione dei sette comuni dell'alta Valmarecchia nella provincia di Rimini, includendo inoltre anche il territorio della Repubblica di S. Marino.

Il contributo della FSRER al Congresso consiste nella presentazione del progetto nel suo complesso ed in relazione ai suoi obiettivi, partendo dalla programmazione dello stesso, alla cura delle relazioni con i principali attori coinvolti, alla conduzione di campi specifici per la raccolta dei dati con il supporto dei gruppi speleologici confederati, fino alla redazione della pubblicazione monografica attesa al termine del progetto biennale e che sarà inserita nella serie di Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia.

Il progetto prevede, infatti, due principali ambiti di interesse; da un lato, lo studio delle emergenze gessose presenti in zona, il rilievo e il posizionamento delle cavità, il loro inserimento nel Catasto Regionale, gli studi idrologici, le analisi microbiologiche delle sorgenti sulfuree e lo studio dei chiroterri. Dall'altro, il notevole patrimonio minerario frutto del fenomeno che ha interessato la zona, sia in epoca antica che in era moderna, nel periodo che va da fine ottocento fino agli anni '60, quando si è assistito al suo declino.

La zona in esame ha, dal punto di vista delle cavità artificiali, un importante valore archeologico industriale, storico e sociale per la presenza di numerosissime zone minerarie di estrazione dello zolfo, appartenente alla Formazione Gessoso-Solfifera. Il progetto si prefigge di studiare e documentare tale patrimonio in stretta collaborazione con i seguenti enti del territorio: la Regione Emilia-Romagna, le Università di Bologna e Modena e Reggio Emilia, la Società di Ricerca e Studio della Romagna Mineraria, il Museo Sulphur e l'Ente di Gestione per i Parchi e la Biodiversità – Romagna. Le numerose miniere di zolfo di questa zona, che hanno lavorato con certezza almeno fin dal periodo rinascimentale, hanno rappresentato una realtà economica importante per il territorio, e quindi saranno investigate dal punto di vista socio-economico le implicazioni dell'estrazione dello zolfo sul tessuto sociale, sulle condizioni di vita e di salute dei lavoratori. Il programma di ricerca si prefigge anche il recupero di mappe minerarie e cartografia storica della zona, con digitalizzazione e georeferenziazione del materiale reperito. Il progetto infine prevede la “ri-esplorazione” delle miniere ancora percorribili e la loro documentazione fotografica. L'emergenza storicamente più interessante è sicuramente quella di Perticara (Novafeltria), che fu la miniera di zolfo, durante il suo massimo splendore, più importante d'Europa.

Parole chiave: gessi, catasto regionale, sorgenti sulfuree, chiroterri, miniere di zolfo, cavità artificiali.

Abstract

A RESEARCH PROJECT BY THE EMILIA-ROMAGNA SPELEOLOGICAL FEDERATION: “EASTERN ROMAGNA GYPSUM AND SULPHUR”- The Emilia-Romagna Regional Speleological Federation (FSRER) launched recently a complex research project: “Eastern Romagna Gypsum and Sulphur”, aimed at surveying and studying the artificial and natural cavities in Eastern Romagna (Northern Italy). The area of analysis stretches from the Savio Valley (Forlì-Cesena province) to the new administrative border with the Marche Region, and includes also the Republic of San Marino.

The FSRER contribution at the Congress is the presentation of the project as a whole and in relation to its

goals, the relationships with key stakeholders involved in the conduct of specific fields for data collection with the support of caving groups confederates, the preparation of the monograph pending at the end of the two-year project, which will be included in the set of Memoirs of the Italian Institute of Speleology.

The project has two main areas of interest; on the one hand, the study of gypsum outcrops in the area, the survey and the positioning of the cavity, their inclusion in the Regional Cadastre, hydrological studies, microbiological analyzes of the sulfur springs and the study of bats. On the other hand, the significant mining heritage as the result of the phenomenon that has affected the area both in ancient times and during the modern era, from the late nineteenth century until the 60s, when there has been a decline.

Many important artificial cavities exist in the area, which hold impressive industrial archaeology, historic and social values. The mines quarried sulphur from the Gessoso-solfifera Formation. The project will be developed in cooperation with the following organizations: the Emilia-Romagna Region Authority, the University of Bologna, the University of Modena and Reggio-Emilia, the Romagna Mining Research Society, the Sulphur Museum and the Authority for the Management of Parks and Biodiversity - Romagna. The numerous mines, existed since the Renaissance, were an important economic sector for the territory. These mines will be studied both from an economic and a social point of views, concerning the sulphur extraction repercussions on the social structures and on the workers health. Moreover, the research programme is determined to recover historical cartography and old mining maps, that will be digitized and geo-referred. The project also includes the possible re-exploration of mines, and their photographic documentation. The most interesting mine is surely the Perticara Mine (Novafeltria), that was, in its heyday splendour, the most important sulphur mine in Europe.

Key words: gypsum, regional cadaster, sulphur springs, bats, mines, artificial cavities.

Introduzione

Con il progetto "Gessi e Solfi della Romagna orientale", la Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia-Romagna (FSRER)¹ intende realizzare uno studio multi-disciplinare delle aree gessose e delle miniere di zolfo presenti nelle province di Forlì-Cesena, Rimini, della Repubblica di San Marino e del comune di Sassofeltrio in provincia di Pesaro-Urbino. Il territorio interessato si estende pertanto dalla valle del Savio fino al nuovo confine con le Marche, dopo l'annessione dell'alta Valmarecchia.

Nella definizione del progetto, la FSRER ne ha condiviso le linee strategiche con l'Ente di Gestione per i Parchi e la Biodiversità Romagna e con i Servizi Geologico Sismico e dei Suoli e Statistica e Informazione geografica della Regione Emilia-Romagna.

Nello specifico, il progetto prevede da un lato lo studio delle emergenze gessose presenti in zona, il rilievo e il posizionamento delle cavità, il loro inserimento nel Catasto regionale, gli studi idrologici, le analisi microbiologiche delle sorgenti sulfuree e lo studio dei chiroteri. Va sottolineato che in queste zone sono state effettuate, in passato, ricerche speleologiche e sono stati individuati alcuni geositi carsici successivamente segnalati al Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna e quindi pubblicati in volume².

Dall'altro, esso si prefigge lo studio delle miniere di zolfo che sono presenti a decine nella valli del Savio, del Montone e del Rabbi e in particolare nelle località di Perticara e Formignano. Complessivamente si stima che il reticolo di gallerie si sviluppi per molte decine di chilometri. Queste miniere sono da decenni abbandonate e da allora solamente in piccola parte esplorate. Nei momenti di massima attività erano impiegate, nell'estrazione dello zolfo, alcune migliaia di persone, è quindi evidente l'importanza socio-culturale di questi luoghi. Si tratta pertanto di esplorare, aggiornare il rilievo e documentare fotograficamente parte di queste miniere.

¹ La Federazione Speleologica dell'Emilia-Romagna (FSRER), che è costituita dai gruppi speleologici operanti nella nostra regione, da anni collabora con la Regione, i Parchi regionali e gli Enti di gestione per i Parchi e la biodiversità.

² Molti sono stati i progetti condotti con il patrocinio regionale: Progetto Rio Stella – Rio Basino, Progetto Geositi carsici della regione E/R, Gessi della Valle del Secchia, Progetto "Vena del Gesso" e soprattutto la gestione del catasto regionale delle cavità naturali e artificiali. Tutti questi progetti sono sfociati in pubblicazioni con contenuti specialistici e scientifici rilevanti.

Esiste poi un'enorme quantità di documenti inediti che vanno opportunamente vagliati e possono costituire la base di un articolato lavoro bibliografico. Come è ormai prassi, negli studi già effettuati dalla FSRER, collaborano al progetto studiosi, ricercatori e docenti di varie università.

Questo progetto, che ci impegnerà per circa tre anni prevede, al termine, la pubblicazione di una monografia da inserire nella collana delle Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia.

Metodi

Il progetto "Gessi e Solfi della Romagna orientale" è uno studio di ampio respiro sia per la tempistica biennale sia per l'area interessata. Si tratta infatti di esaminare un'area molto vasta che va dalla Predappio Alta a Perticara fino a S. Marino ed in parte anche un'area non molto conosciuta, in quanto entrata a far parte della Regione solo da qualche anno a seguito del referendum di annessione all'Emilia-Romagna di 7 comuni delle Marche, storicamente inseriti nella storia del Montefeltro.

Il progetto, promosso dalla FSRER prevede una forte collaborazione da parte dei Servizi Geologico Sismico e dei Suoli e Statistica e Informazione geografica della Regione Emilia-Romagna e dell'Ente di gestione per i Parchi e la biodiversità della Romagna, che è anche promotore del progetto insieme alla FSRER.

Sono poi stati invitati a collaborare i gruppi della Federazione, quanti vorranno aderire al progetto tra ricercatori universitari e studiosi hanno già partecipato ai progetti della FSRER oltre agli Enti ed Istituzioni presenti nel territorio, come ad esempio il Parco dello Zolfo delle Marche, il Museo Sulphur di Perticara e la Società di Ricerca e Studio della Romagna Mineraria.

L'avvio del progetto è stato oggetto di un Simposio (si allega il programma – Allegato 1) rivolto ai gruppi aderenti alla Federazione, al fine di fornire un background geografico, geologico e storico comune per poi formare i partecipanti al progetto sulle modalità di ricerca differenziate secondo le linee di sviluppo del progetto stesso: da una parte la squadra "speleologica", dall'altra la squadra "mineraria".

In particolare, la squadra "speleologica" ha utilizzato le carte geologiche ed ha operato in superficie mentre la squadra "mineraria" ha utilizzato i rilievi storici delle gallerie ed ha effettuato esplorazione di alcuni tratti di esse. La squadra "mineraria" ha preventivamente frequentato un corso per l'utilizzo delle attrezzature idonee per la progressione in ambienti in carenza di aria respirabile (ACAR) e quindi autorespiratori e misuratori di gas al fine di riesplorare quegli ambienti per fornirne una testimonianza fotografica e video, una campionatura dei gas presenti, non senza la raccolta delle testimonianze della passata attività in miniera.

La squadra "speleologica", avendo come obiettivo la raccolta dei dati relativi agli affioramenti gessosi di superficie, l'indicazione con coordinate GPS dell'eventuale grotta scoperta o "riscoperta" con conseguente rilievo della stessa e la raccolta dei punti relativi alle sorgenti solforose individuate, ha utilizzato una scheda di rilevamento (Allegato 2), attrezzatura fotografica e ovviamente l'apparecchiatura GPS oltre alla attrezzatura per il rilievo, sia quella manuale (clinometro, bandella metrica e bussola) sia elettronica (DISTO-X) con successivo passaggio all'interfaccia informatica (cSurvey), peraltro implementata da un socio della FSRER, per i fini di archiviazione catastale. Anche per l'esplorazione di superficie, molto importante è stata la raccolta delle testimonianze degli abitanti della zona.

Per ricercare la massima collaborazione da parte delle comunità interessate all'area più significativa del progetto, è stato organizzato un campo esplorativo con base presso la sede del museo Sulphur di Perticara. Il campo, che ha visto la partecipazione di vari rappresentanti dei gruppi della FSRER, è stato anticipato da una conferenza stampa a cui è stata invitata la cittadinanza per illustrare i tempi, le metodologie di ricerca e per raccogliere eventuali adesioni di partecipazione che si è sostanziata in una attività di accompagnamento nelle zone d'interesse e nella raccolta delle loro testimonianze.

Inquadramento geografico-geologico e primi risultati dell'esplorazione dei gessi della Romagna Orientale

Il carsismo della Vena del Gesso (province di Ravenna e Bologna) appare assai sviluppato, oltre che ben conosciuto, ma così non è nella Romagna Orientale, lungo le vallate del Savio e del Marecchia, dove le formazioni gessose sono ben lontane dall'avere l'imponenza di quell'autentico "monumento geologico" che è appunto la Vena del Gesso romagnola. Se si esclude la nota Grotta di Onferno sita a Gemmano (Rimini) ed, in parte, la Grotta del Rio Strazzano a N di San Leo, ancora poco si conosce dei fenomeni carsici della Romagna orientale. Soltanto negli ultimi anni è iniziata, in questi affioramenti gessosi, una sistematica ricerca

speleologica. Qui le manifestazioni carsiche sia esterne che ipogee, pur presentando caratteristiche decisamente peculiari, non raggiungono le dimensioni e la complessità che si riscontrano nelle altre aree gessose della regione (Fig. 1).

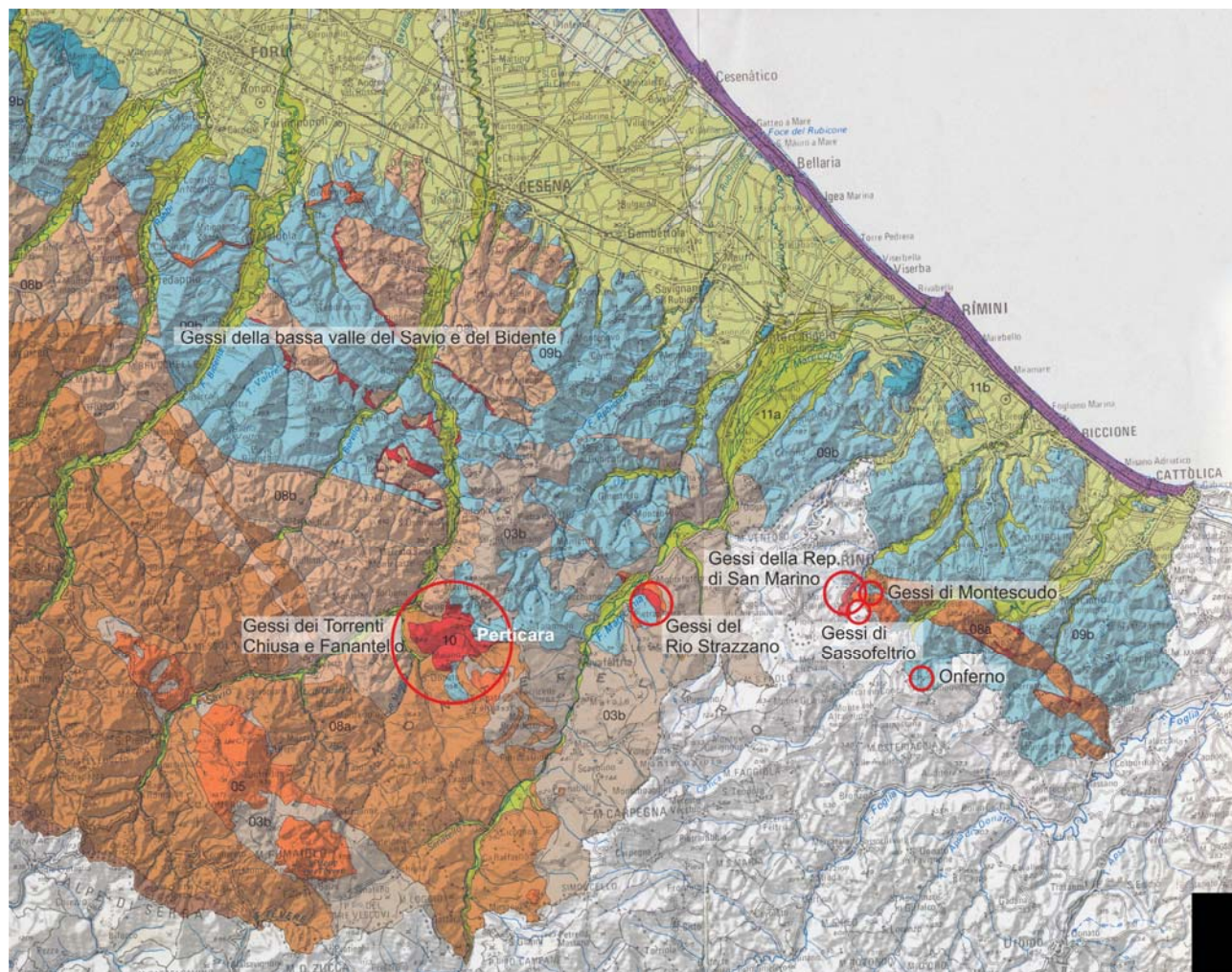


Figura 1. Ubicazione degli affioramenti gessosi della Romagna Orientale.

Figure 1. Location of the gypsum outcrops of Eastern Romagna.

I gessi della bassa valle del Savio

Ben poco, al momento, si può dire sul carsismo nei gessi messiniani ubicati lungo il tratto del fiume Savio che va da Mercato Saraceno fino alla pianura. Qui i gessi affiorano sporadicamente per lo più lungo le incisioni torrentizie: troppo poco, a quanto sembra, perché si possano manifestare fenomeni carsici anche limitati. Non è del tutto escluso, comunque, che più attente perlustrazioni lungo gli impervi letti dei torrenti, possano riservare, in futuro, qualche sorpresa.

I gessi dei torrenti Chiusa e Fanantello (alta valle del Savio)

Gran parte di questa zona carsica è entrata a far parte soltanto in anni recenti della Regione Emilia-Romagna. Il Torrente Chiusa, posto nella parte N dell'affioramento gessoso, scorreva infatti, fino all'Agosto 2009, lungo il confine con la Regione Marche, ora traslato alcune decine di chilometri più a SE. Si tratta di un'area relativamente ampia (circa 10 km²) che va da Montepetra a Perticara a N e da San Donato ad Ugrigno a S. In questa zona si alternano strati gessosi e gesso-arenitici con struttura microcristallina, facilmente carsificabili, ma affioranti soltanto in parte, a strati costituiti da argille e marne non carsificabili. Il notevole spessore di questi ultimi fa sì che il carsismo stesso sia confinato entro gli strati gessosi, che sono comunque di limitata potenza; pertanto, anche le cavità che si aprono a quote relativamente più elevate hanno uno sviluppo sub-orizzontale ed un limitato dislivello. Spesso, all'interno delle cavità, il sottostante strato marnoso viene interessato da normale erosione meccanica. Si ha così la presenza di condotte la cui parte superiore è incisa nel gesso e la parte

inferiore è scavata nelle marne. Dove comunque non è presente gesso affiorante, i corsi d'acqua scorrono per lunghi tratti all'esterno. Quando poi le stesse incisioni torrentizie raggiungono, a seguito di normali processi di erosione, il sottostante banco gessoso, si innescano immediatamente processi carsici molto rapidi che in breve tempo (qualche decennio) portano alla formazione di cavità percorribili. È testimonianza della rapidità con cui si generano grotte quanto riportato da ANTONIO VEGGIANI, speleologo faentino che nella seconda metà degli anni cinquanta del secolo scorso esplorò più volte la zona segnalando, nei pressi di Casa Guidi, la presenza di lievi depressioni a fondo cieco. Successivamente, agli inizi del nuovo secolo, le stesse depressioni risultavano più marcate e soprattutto presentavano sul fondo due cavità normalmente percorribili per un centinaio di metri. A seguito poi della scarsa resistenza meccanica dei gessi, dei veloci processi di erosione/corrosione nonché della superficialità dei fenomeni carsici stessi, nel volgere di pochi anni le cavità tendono ad essere interessate da diffusi fenomeni di crollo che le mettono, in più punti, in comunicazione con l'esterno tramite doline di crollo di limitata estensione e finiscono poi per trasformarsi in piccole forre a cielo aperto. Rimarchevole è poi la diffusa presenza di numerose sorgenti sulfuree, sia epigee che ipogee: piuttosto rare, queste ultime, negli altri gessi della regione (Fig. 2).

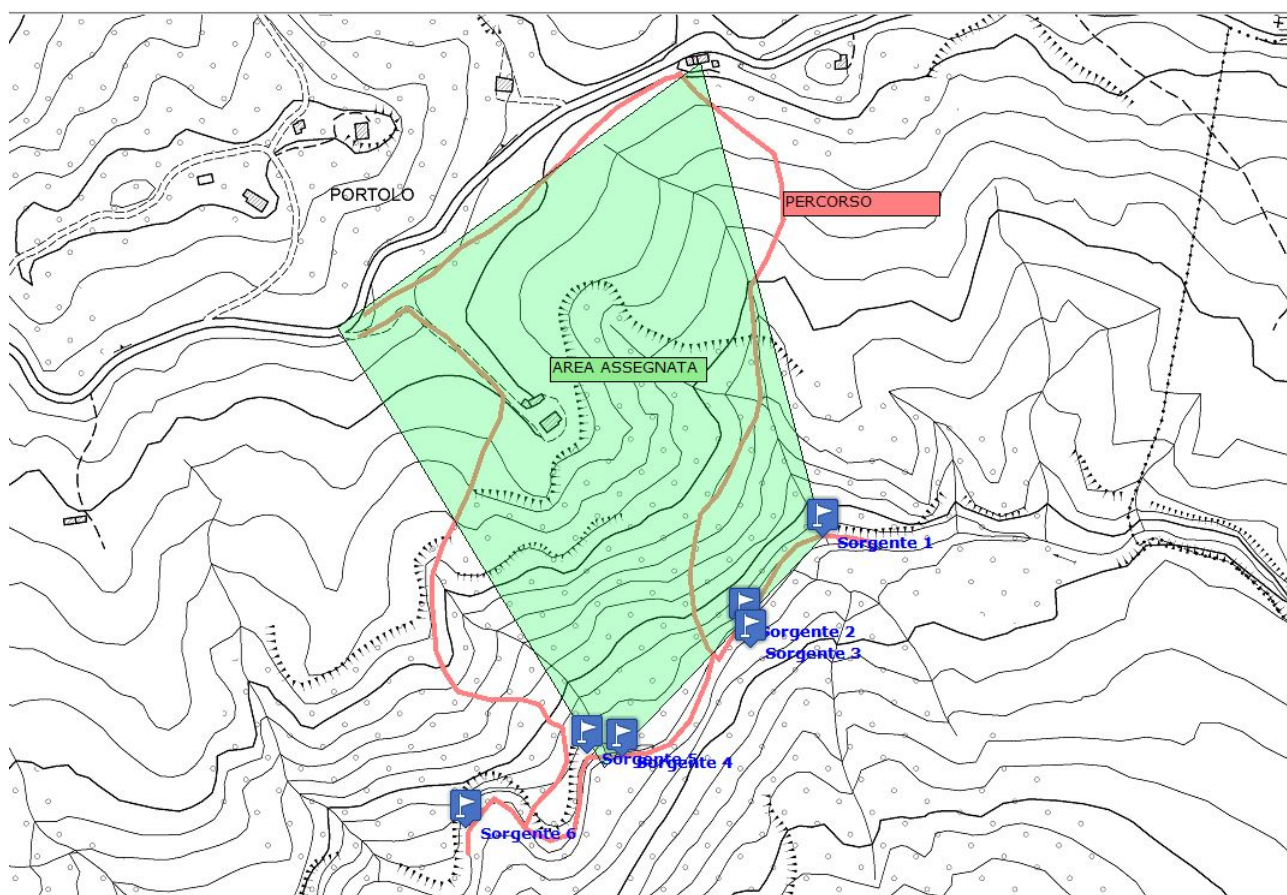


Figura 2. Un esempio di rilevazione delle sorgenti sulfuree epigee lungo il corso del Rio Fanantello.

Figure 2. An example of detection of the surface sulfur springs along the Rio Fanantello.

Con i suoi 500 m di sviluppo e 42 m di dislivello la Grotta al Sasso della Civetta ubicata a SE della località Montepetra (comune di Sogliano al Rubicone) è di gran lunga la cavità più estesa di quest'area. Esplorata dallo Speleo GAM Mezzano nel corso del 2010 si presenta come una lunga condotta sub-orizzontale, in alcuni punti interessata da crolli recenti. Benché questa grotta si sviluppi a pochi metri dalla superficie, il gesso è qui occultato da una sottile copertura ed affiora soltanto, per pochi metri, al fondo di una piccola dolina di crollo e nel punto di risorgenza del torrente ipogeo. Altre cavità sono state esplorate, più di recente, nella stessa zona a seguito della naturale apertura di inghiottitoi che soltanto qualche anno addietro risultavano completamente tamponati. Si tratta, ancora una volta, di cavità molto prossime alla superficie nonché prive di rami fossili.

I gessi e la grotta del rio Strazzano (San Leo, Rimini)

Anche quest'area carsica è entrata a far parte soltanto nel 2009 della Regione Emilia-Romagna. Il Rio Strazzano è un piccolo affluente in destra idrografica del Fiume Marecchia. Per gran parte del corso si sviluppa lungo affioramenti gessosi microcristallini (facies alabastrina), dando origine a un fenomeno carsico del tutto

peculiare. Parallelamente al corso esterno, che si svolge in parte in ambienti di forra, il corso d'acqua ha infatti generato e progressivamente ampliato condotte carsiche che oggi costituiscono la normale via di deflusso. In corrispondenza dello sviluppo ipogeo, infatti, la valle risulta sospesa di circa 1,5 m ed è interessata da un corso d'acqua soltanto in occasione di apporti idrici tali da saturare il reticolo ipogeo. A testimonianza di queste piene eccezionali si possono osservare, incastrati alla volta delle gallerie, resti vegetali e, purtroppo, rifiuti di ogni genere. Del resto, la grotta presenta diffuse morfologie di evidente origine freatica, quali canali di volta e marmitte inverse. La cavità è oggi normalmente percorribile per circa 300 m, ma si possono ipotizzare, a monte del sistema carsico noto, altre cavità, attualmente inaccessibili, stante la presenza di numerosi fenomeni di sprofondamento presenti lungo l'alveo. La continuità degli ambienti ipogei è oggi interrotta da tre doline di crollo. Consistenti accumuli di sedimenti, spesso frammisti a rifiuti, nonché diffusi fenomeni franosi testimoniano una veloce evoluzione degli ambienti carsici che in più punti si possono temporaneamente occludere impedendo così l'accesso alle gallerie più interne. Nel tratto più a valle, dove è presente una colonia di chiroterri, gli ambienti assumono dimensioni più ampie e sono maggiormente interessati da frane; poco oltre, in prossimità del ponticello sul Rio Strazzano, il corso d'acqua ipogeo confluisce nel percorso della valle abbandonata. Esternamente, a S della località Casetta e a N della località Legnagnone, rispettivamente in sinistra e destra idrografica del rio Strazzano, sono presenti alcune notevoli doline che costituiscono il punto preferenziale di drenaggio delle acque di alcuni affluenti ipogei il cui corso è, in parte, ancora sconosciuto.

La Grotta di Pasqua nei gessi macrocristallini alloctoni di Montescudo (Rimini)

Si tratta di un blocco di gesso chiaramente alloctono, di estensione assai limitata, e tuttavia interessato da un traforo idrogeologico di relativamente ampio sviluppo esplorato dalla Ronda Speleologica Imolese in anni recenti. L'affioramento è sovrapposto alle Argille di Casa i Gessi del Messiniano inferiore. Una piccola valle chiusa, in parte interessata da coltivi che ne hanno alterato la morfologia, fa confluire le acque nel punto posto a quota più elevata del blocco gessoso. Il corso d'acqua dopo un percorso ipogeo di circa 400 m, torna a giorno tramite una risorgente a polla. La grotta si sviluppa in modo abbastanza complesso su più livelli e con diversi rami laterali. Gran parte dei meandri e delle gallerie sono attualmente fossili ed interessati soltanto da rari stillicidi. Numerosi e tipici sono sulle pareti i solchi di dissoluzione torrentizia, spesso sovrapposti.

La Grotta di Onferno (Gemmano, Rimini)

La Grotta, certamente la più conosciuta della Romagna orientale, è nota fin dal 1810. È stata poi sistematicamente esplorata e descritta nel 1916 da LUIGI QUARINA e successivamente, negli anni sessanta del secolo scorso, dal Gruppo Speleologico Faentino e dal Gruppo Speleologico Bolognese. Si apre in un blocco di gesso alloctono a tessitura macrocristallina sovrapposto ad argille grigio-azzurre del Messiniano inferiore. Si tratta di un traforo idrogeologico, costituito da un alto meandro percorso da un torrente, con splendide morfologie erosive e potenti depositi di sedimenti litici, sabbiosi e marnosi. Alcuni ambienti più vasti (Sala Quarina e Sala del Guano), presentano evidenti morfologie di crollo e sono frequentate da colonie di chiroterri da tempo ben conosciute e studiate.

Tipica di questa cavità è la presenza di grandi formazioni mammellonari: strutture sin-sedimentarie sub-coniche costituite da irraggiamenti di macrocristalli di gesso. Qui sono presenti i due coni di maggiori dimensioni finora noti nei gessi Messiniani della regione. Lungo il tratto principale della grotta, percorso dal torrente, sono ben visibili potenti riempimenti alluvionali di sabbie e ghiaie e grandi blocchi arenacei, a testimonianza di eventi di piena ricollegabili ad un bacino di alimentazione ben più vasto di quello attuale. La grotta è da tempo attrezzata, lungo l'asse principale, con un camminamento artificiale. Negli anni passati è stata meta di migliaia di viste guidate gestite dal vicino Centro Visite della Riserva Naturale di Onferno. Purtroppo recenti crolli avvenuti in più punti della cavità, sembrano precludere, in futuro, una fruizione turistica di massa.

Inquadramento storico dell'attività mineraria

Il territorio interessato dal progetto Gessi e Solfi della Romagna Orientale ha avuto un impatto rilevante nel passato per l'estrazione dello zolfo, con la presenza di numerose miniere d'importanza notevole (Fig. 3). L'estrazione dello zolfo in Romagna e nelle Marche è fatta risalire a volte all'epoca etrusca o a quella romana, ma non risultano prove certe, fino ad ora. Il più antico documento conosciuto, che ricorda lo zolfo romagnolo, si trova nell'archivio arcivescovile di Ravenna e risale al 1047. Dal quindicesimo secolo i documenti si fanno frequenti e riguardano un po' tutte le miniere del bacino romagnolo-marchigiano. Ad esempio, uno dei più antichi documenti che indica notizie dell'estrazione nella zona di Perticara è la concessione pontificia del 1490 ai Malatesta e ai loro sudditi per fabbricare salnitro e polvere sulfurea nell'area della Perticaja o Perticaglia.(BARTOLINI 1974).

La storia delle miniere continua, più o meno per tutte, con alterne fortune, con picchi di produzione durante i periodi bellici alternati a periodi oscuri e difficili. Negli anni venti del secolo scorso la maggioranza delle miniere è acquisita dalla Società Montecatini, che, le gestirà fino alla chiusura. Perticara fu chiusa per ultima, nel 1964 (RINALDI, 1987). Il grafico in figure 4 illustra i dati di produzione e del personale occupato nelle miniere del bacino Romagnolo-Marchigiano dal 1860 al 1965 (POIDOMANI, 1989). Si leggono con chiarezza i picchi di produzione legati alle guerre che hanno funestato il mondo in quegli anni: oltre alle due guerre mondiali, si riconoscono la guerra Franco-Prussiana (1870), la guerra Franco-Russa (1875), le guerre d'Eritrea e d'Abissinia (1885-95), la guerra Italo-Turca (1911), la guerra d'Etiopia (1935) e infine la guerra di Corea (1950). Il grafico rivela assai bene anche quale importanza sociale avesse lo sfruttamento dello zolfo nel territorio, con numeri di addetti fino a 4.000 unità, per un territorio relativamente ristretto.



Figura 3. Ubicazione delle miniere della Romagna Orientale.

Figure 3. Location of mines in Eastern Romagna.

Primi risultati nell'ambito delle cavità artificiali

Il progetto Gessi e Solfi, per quanto riguarda la parte mineraria, si prefigge di rilevare, documentare e studiare le cavità artificiali della Romagna orientale, attraverso anche il recupero di mappe minerarie e cartografia storica della zona, con conseguente digitalizzazione e georeferenziazione del materiale reperito. Il progetto infine prevede la "ri-esplorazione" delle miniere ancora percorribili e la loro documentazione fotografica e video, a partire da aprile 2014, fino alla chiusura, presumibile, del progetto per la fine del 2015.

La Miniera di Perticara

L'ambiente delle gallerie della miniera di Perticara è in gran parte a Carenza di Aria Respirabile (ACAR), perché nel 1964, cessando i lavori di estrazione, la Montecatini chiuse tutti gli ingressi (discenderie e pozzi di areazione), interrompendo per sempre la ventilazione forzata che permetteva la sopravvivenza all'interno. Per percorrere con una relativa sicurezza la miniera è necessario utilizzare degli strumenti di autoprotezione per zone confinate e con Carenza di Aria Respirabile (le cosiddette zone ACAR) e dei misuratori MultiGAS. La FSRER si è dotata di quattro autorespiratori Dräger PSS 3000, equipaggiati con 4 + 4 bombole in acciaio da 6 l. caricabili a 300 atmosfere per un totale di 1.800 litri di aria. Per completare l'attrezzatura, la FSRER ha acquistato due misuratori di gas MSA: un Altair-4x multigas e un Altair Pro monogas. Dal 25 di aprile 2014

fino alla fine di settembre 2014 sono stati ri-esplorati 1660 metri di gallerie di cui 700 metri in condizioni ACAR. È stata effettuata una documentazione fotografica delle gallerie visitate e riprese video da cui è stato prodotto un documentario, presentato al Cesi Explò Festival 2014. Sono state già scansionate alcune vecchie mappe e prosegue la collaborazione con il museo Sulphur per proseguire l'attività di recupero delle vecchie mappe in archivio. Le attività di ri-esplorazione, fino ad ora, hanno interessato le gallerie dette: Discenderia Fanante, Livello 0, Discenderia Ovest e Fondi Vecchi (Fig. 5).

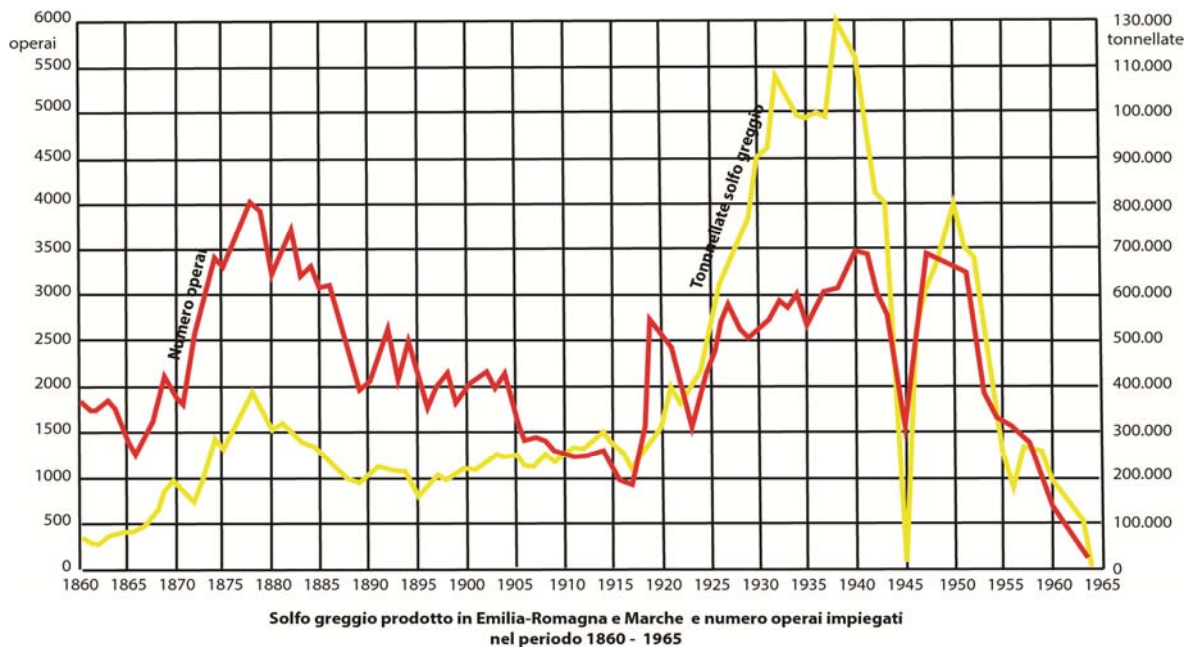


Figura 4. Situazione estrattiva del bacino solfifero.

Figure 4. Mine situation in sulphur basin.



Figura 5. Miniera di Perticara, Livello 0.

Figure 5. Perticara Mine, Level 0.

Le Miniere di Sapigno

Nel territorio della frazione Sapigno in comune di Sant'Agata Feltria si conosceva l'esistenza di miniere nel 19° secolo, che avevano cessato di estrarre verso i primi decenni del secolo scorso: la maggiore era conosciuta come "Miniera Inferno", di cui si erano perse le tracce (SCICLI, 1995). Gli speleologi hanno ubicato in carta, previa trasformazioni di coordinate, le informazioni ricavate dalla letteratura e si sono recati, accompagnati dagli abitanti del luogo a cercare le miniere. Durante una battuta, in una frana ai piedi di una parete, una corrente fredda ha guidato gli scavi. Dopo una breve disostruzione è apparsa una discenderia fiancheggiata da una ripiena. È stata così rilevata e ri-esplorata la miniera Inferno, che oggi ha uno sviluppo di 130 metri. Il piccolo complesso è stato rilevato, fotografato e sono state effettuate riprese video.

Solfatarà di Predappio

Presso la frazione di Predappio Alta esistono alcune emergenze di estrazione dello zolfo della Romagna Orientale, che hanno lavorato, in maniera documentata fin dal 15° secolo. La solfatarà di Predappio non ha rappresentato mai una realtà molto produttiva, sia perché il minerale era di basso tenore, sia perché la mineralizzazione era fortemente discontinua ed irregolare (SCICLI, 1972). Esiste un rilievo del 1985 (LUCCHI, 1989), che è stato utilizzato per effettuare una ricostruzione tridimensionale della cavità con il software cSurvey. La solfatarà è stata anche documentata fotograficamente.

Pozzo di Casalbano

Presso la frazione di Casalbano, in comune di Sant'Agata Feltria si conosceva l'esistenza di miniere di zolfo da un documento dell'aprile 1565, in cui il fiammingo G. ORANS affitta una "solfanara" a LUCA MAI di Sant'Agata (BATTISTELLI, 1994). Da segnalazioni degli abitanti e da una ricerca sulla cartografia del Catasto Pontificio sono stati trovati, fino ad ora, un pozzo e una galleria di ricerca. Il pozzo è stato sceso, ad una profondità di circa 25 m è intasato di terra che ostruisce qualsiasi passaggio. Il pozzo ha una bocca rivestita in pietra e potrebbe appartenere ad un complesso di pozzi afferenti alla miniera Marazzana. La ricerca ha uno sviluppo di una trentina di metri ed è stata scavata senza l'utilizzo di polvere pirica e presenta evidenti segni di approfondimento con mazza e scalpello. Entrambi sono stati ubicati in carta e fotografati.

Ricerca Campobindi

Presso il cimitero di Sant'Agata Feltria, in località Campobindi si apre la ricerca omonima. Nel 1886 G. CELLI credette di aver scoperto un giacimento interessante e fece domanda di ricerca. I lavori proseguirono fino al 1905 senza dare alcun risultato. Oggi la ricerca è percorribile per una settantina di metri, poi una frana ostruisce la galleria, che è stata usata per estrazione locale di gesso. Purtroppo viene anche usata come discarica. La ricerca è stata ubicata, visitata e documentata con foto e video.

Conclusioni

Non è ancora possibile formulare delle conclusioni in merito al progetto, data la sua durata biennale non ancora conclusa. Ci preme però sottolineare, in linea con il tema del congresso, l'esperienza che è stata fatta sino ad ora che è stata caratterizzata da un'ampia collaborazione dei gruppi come dei singoli, degli enti e delle istituzioni contattate per la raccolta della documentazione e non ultimo la collaborazione attiva degli abitanti delle zone interessate e di chi ancora può vantare una esperienza personale.

Ringraziamenti

Si ringraziano i Servizi Geologico Sismico e dei Suoli e Statistica e Informazione geografica della Regione Emilia-Romagna, l'Ente di gestione per i Parchi e la biodiversità della Romagna, il Museo Sulphur di Perticara, la Società di Ricerca e Studio della Romagna Mineraria e tutti coloro che hanno messo a disposizione tempo, competenze e documentazione. Un particolare ringraziamento va poi al Circolo Culturale il Boccalino di Sapigno che con la loro entusiastica accoglienza hanno fornito un'ottima base logistica per il campo di aprile 2014.

Bibliografia

- AA.VV., 1997. *Riserva Naturale Orientata di Onferno*. Regione Emilia-Romagna, Parchi e Riserve dell'Emilia-Romagna, Prato.
- BARTOLINI A., 1974. *Perticara nel Montefeltro*. Grafiche Gattei, Rimini, pp. 1-208.

- BATTISTELLI M., 1994. *Le miniere di zolfo di Maiano di sant'Agata*, Studi Montefeltrani, Serie monografica, 12, 5-94.
- BATTISTELLI M., 2004. *Miniere a Campobindi*, La Rocca, 2, Verucchio, p. 10.
- LUCCHI E., 1989. *Miniera di Predappio alta. Storia ed evoluzione della miniera dalla Escavazione all'utilizzo turistico-culturale*. In: S. LOLLETTI & M. TOZZI FONTANA (eds.), *La miniera tra documento, storia e racconto, rappresentazione e conservazione*. Emilia-Romagna Biblioteche Archivi, 20, Ediz. Analisi, Bologna, pp.125-139.
- BENTINI L., BIONDI P.P., VEGGIANI A., 1965. *Le ricerche speleologiche nel territorio romagnolo tra il Montone e il Foglia*. Studi Romagnoli, XVI, pp. 473-508.
- ERCOLANI M., LUCCI P., SANSAVINI B., 2010. *Esplorazioni nei gessi della val di Savio*. Speleologia Emiliana, serie V, XXI, 1, pp. 32-41.
- FEDERAZIONE SPELEOLOGICA MARCHIGIANA, 2009. *Catasto Speleologico delle Marche – Cavità Naturali*, 1.
- GRIMANDI P., 2006. *Il rilievo di dettaglio della Grotta di Onferno*. Sottoterra, Riv. GSB-USB, XLV, (123), pp. 56-59.
- LIPPARINI T. (ed.), 1930. *Storia naturale de' gessi e solfi delle miniere di Romagna*. In: E. LOVARINI & COMITATO MARSILIANO (eds.), *Scritti inediti di Luigi Ferdinando Marsili*. Nicola Zanichelli, Bologna, pp. 189-211.
- LUCCI P., ROSSI A. (eds.), 2011. *Speleologia e geositi carsici in Emilia-Romagna*.
- MAGALOTTI P.P., 1998. *Paesi di zolfo*. Società Editrice "Il Ponte Vecchio", Cesena, pp. 1-189.
- MANZI V., ROVERI M., GENNARI R., BERTINI A., BIFFI U., GIUNTA S., IACCARINO S.M., LANCI L., LUGLI S., NEGRI A., RIVA A., ROSSI M.E. & TAVIANI M., 2007. *The deep-water counterpart of the Messinian Lower Evaporites in the Apennine foredeep: the Fananello section Northern Apennines, Italy*. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology, 251, pp. 470-499.
- POIDOMANI R., VENEROSO C., VITALI D., 1989. *Le miniere del bacino solfifero romagnolo marchigiano*, In: S. LOLLETTI & M. TOZZI FONTANA (eds.), *La miniera tra documento, storia e racconto, rappresentazione e conservazione*. Emilia-Romagna Biblioteche Archivi, 20, Ediz. Analisi, Bologna, pp. 75-102.
- RINALDI I., 1987. *Perticara, la miniera di zolfo, la sua gente*. Pazzini Editore, pp.1-220.
- ROVERI M., ARGNANI A., LUCENTE C.C., MANZI V. & RICCI LUCCHI F., 1999. *Guida all'escursione nelle Valli del Marecchia e del Savio*. Gruppo Informale di Sedimentologia, Riunione Autunnale, Rimini, 3-6 ottobre 1999, pp. 1-52.
- SCICLI A. 1972. *L'attività estrattiva e le risorse minerarie della regione Emilia-Romagna*. Poligrafico Artioli, Modena, pp. 24-155.
- SCICLI A., 1995. *I bacini solfiferi marchigiani*. In: *Lo zolfo nelle Marche, giacimenti e vicende*, Scritti e documenti, XVI, Accademia nazionale delle scienze, Roma, pp. 59-63.
- VEGGIANI A., 1961. *Fenomeni carsici nella Formazione Gessoso-solfifera di Sapigno e Maiano (S. Agata Feltria)*. Le Grotte d'Italia, s. III, 3, pp. 132-142. 39.

L'IMPORTANZA DEL CATASTO DELLE CAVITÀ ARTIFICIALI IN REGIONE CAMPANIA

IVANA GUIDONE^{1,2}, FRANCESCO IZZO^{1,3}

¹ Gruppo Speleologico Natura Esplora, Via Reanni 3, Summonte (AV); informazioni@gsne.it

² Federazione Speleologica Campana, Via Trinità degli Spagnoli 41, Napoli; catasto_artificiali@fscampania.it

³ Dipartimento di Scienze e Tecnologie, Università del Sannio, Via Dei Mulini, 59/A, 82100 Benevento; Italy

Riassunto

Il “patrimonio ipogeo” campano rappresenta un prezioso oggetto di studio e un'insostituibile testimonianza dello storico e radicato rapporto tra l'Uomo e il suo territorio: tale rapporto si basa su un reiterato sfruttamento delle georisorse locali e un'auspicabile ottimizzazione della funzionalità del territorio stesso. Inoltre bisogna tenere presente che le cavità antropiche, oltre a custodire eventuali reperti archeologici, possono risultare esse stesse beni architettonici di notevole valore culturale e scientifico. La tutela e la valorizzazione del patrimonio architettonico, artistico e paesaggistico non possono quindi prescindere da una puntuale e sistematica conoscenza degli ambienti ipogei d'origine antropica, soprattutto per quanto concerne l'inestimabile valore storico e la complessa geografia del sottosuolo della Regione Campania.

A tal proposito il Catasto delle Cavità Artificiali costituisce un fondamentale e insostituibile strumento per l'inquadramento speleo-antropologico del sottosuolo campano, le cui cavità sono ascrivibili a tutte le tipologie richiamate negli schemi classificativi convenzionalmente riconosciuti dalla Commissione Nazionale Cavità Artificiali (CNCA) della Società Speleologica Italiana (SSI).

L'inventario di tali cavità, avanzato negli ultimi anni in modo intermittente, necessita di una sinergica e duratura collaborazione tra i gruppi speleologici che lavorano sul territorio, che, grazie alla attività esplorativa e di rilevamento, mettono a disposizione i dati indispensabili alla crescita del progetto stesso. Le informazioni raccolte in un catasto sono pertanto destinate ad un'utenza ad ampio spettro e forniscono un fondamentale supporto decisionale per una corretta pianificazione e organizzazione territoriale.

Parole chiave: catasto, cavità artificiali, tutela del patrimonio ipogeo, geografia del sottosuolo.

Abstract

IMPORTANCE OF THE REGISTER OF THE ARTIFICIAL CAVITIES IN THE CAMPANIA REGION - “Hypogean Heritage” of Campania is a valuable object of study and an irreplaceable witness to a historic and well-established relationship between man and his natural environment: this relationship is founded on a repeated exploitation of the local geological resources and a desirable optimization of the functionality of the territory itself. Further, we have to bear in mind that the cavities can preserve archaeological finds, being themselves an architectural heritage of relevant cultural and scientific value. The protection and exploitation of the architectural, artistic and landscape heritage cannot exist without a punctual and systematic knowledge of the anthropogenic subterranean environments, especially as concerns the inestimable historical value and the complex geography of the subsoil of the Campania Region.

At this purpose the Cadastre of Artificial Caves represents an essential tool to reconstruct a speleo-anthropological framework of the Campanian subsoil, whose cavities are ascribed to all types included in the classification of the National Commission for Artificial Caves of the Italian Speleological Society (SSI).

Inventory of these cavities, advanced in recent years intermittently, needs a synergic and long-lasting cooperation between the grottos working in the region, that provide continuous improvement of the project by acquiring new data during their exploration and survey activities. Therefore, the informations collected into a land register are designed for a broad consumer base and could provide a significant support to decision-makers as concerns urban development planning and organization.

Key words: cadaster, artificial cavities, protection of underground heritage, subsoil geography.

Introduzione

Il Catasto è uno strumento amministrativo e organizzativo di fondamentale importanza per la gestione di un

qualsiasi patrimonio architettonico ipogeo. Accatastare significa innanzi tutto elencare, ordinare e catalogare un numero più o meno elevato di unità sotterranee, secondo parametri oggettivi e condivisi, al fine di rendere immediatamente individuabili tutte quelle cavità regionali che si caricano di un interesse naturalistico, archeologico o culturale in genere.

Il Catasto, dunque, si fa strumento di consapevolezza, punto di partenza del delicato percorso conoscitivo che, attraverso una crescente presa di coscienza collettiva, permette di raggiungere il traguardo del recupero, della valorizzazione e della fruizione delle maggiori cavità cadute in disuso e di cui si è persa memoria storica. Il Catasto Cavità Artificiali della Campania collabora da qualche anno con la Commissione Nazionale Cavità Artificiali (CNCA) della SSI condividendo i dati sintetici con il Catasto Nazionale, la cui consultazione *on line* è facilitata dal progetto *Web Information System* (WIS) raggiungibile sul sito nazionale di riferimento, <http://catastoartificiali.speleo.it> (MENEHINI, 2010 e bibliografia correlata).

Breve inquadramento speleo-antropologico

Vengono qui di seguito illustrati alcuni esempi di cavità artificiali nella Regione Campania al fine di fornire al lettore un quadro di sintesi del contesto speleo-antropologico campano che meriterebbe di essere ulteriormente indagato e studiato. Per approfondimenti si rimanda doverosamente ai lavori degli autori citati nella presente nota e alla consultazione della bibliografia a loro correlata, la quale costituisce solo una parte della copiosa letteratura esistente sulla speleologia in cavità artificiali.

A - Opere idrauliche

Molte cavità sotterranee campane sono state create *ad hoc* per la captazione, la conduzione, la conservazione e la distribuzione delle risorse idriche. Si tratta di opere idrauliche di inestimabile valore storico, culturale e ingegneristico. Tra le più note attestazioni d'età antica è l'Acquedotto Augusteo, il cui percorso originario non è stato ancora individuato in tutta la sua interezza; esso captava l'acqua dal massiccio carbonatico del monte Terminio e la trasportava per quasi 100 km fino al porto militare di *Misenum*, dove ancora sopravvive una delle più suggestive cisterne romane: la *Piscina Mirabilis* (MARINIELLO, 1988; DEL PRETE, 2008). A questo si aggiungono altre opere storicamente rilevanti quali l'Acquedotto Carolino, di cui si sono riprese da poco le esplorazioni da parte della Federazione Speleologica Campana, l'Acquedotto della Bolla, l'Acquedotto del Carmignano ed altre opere di captazione molto interessanti quali i *qanat* di Faicchio, di San Marzano sul Monte Fellino, e delle Fontanelle a Roccarainola (DEL PRETE & VARRIALE, 2007). Altra opera idraulica non trascurabile è il pozzo romano di Manocalzati (Avellino) su cui LAPEGNA & PALMINTERI (1987) condussero un esemplare studio tecnico-biologico. Le diverse tipologie di opere idrauliche sono tutte oggetto di grande interesse, rappresentando complessi sistemi di cisterne, pozzi e condotte la cui conformazione fornisce importanti informazioni di valenza storica e tecnologica, soprattutto per quanto riguarda le capacità che gli antichi costruttori avevano di ottimizzare la funzionalità del territorio partendo proprio da una corretta gestione delle risorse idriche. Un esempio paradigmatico di queste capacità è riconoscibile nei sistemi di rifornimento idrico del Parco Archeologico delle Terme di Baia (MEDRI et al., 1999 e bibliografia correlata), tuttora oggetto di un lungo studio, in cui si riconoscono elementi pertinenti sia alla captazione delle acque termali locali, sia alla distribuzione e alla decantazione delle acque meteoriche e d'acquedotto. Non bisogna tralasciare, inoltre, alcune cisterne d'età antica individuate ancora sul litorale flegreo, il cui scomodo accesso da mare rallenta momentaneamente la documentazione speleologica e la lettura archeologica d'insieme. La realizzazione dei diversi elementi che compongono un complesso idraulico d'interesse storico si concretizzava anche in fasi archeologiche diverse e l'analisi delle loro relazioni architettoniche e delle caratteristiche contribuisce a stabilire la correlazione tra differenti periodi storici (CAPPA, 2008). I sistemi degli acquedotti campani, inoltre, sono opere che rientrano in un progetto nazionale ambizioso, voluto dalla CNCA: *La Carta degli Antichi Acquedotti Italiani*, a cui la Campania partecipa con ben dieci complessi idraulici diversi, ascrivibili tutti a prima del XVIII secolo (DEL PRETE & VARRIALE, 2007).

B - Opere insediative civili

Nell'Isola di Ischia (estensione a mare del distretto vulcanico dei Campi Flegrei) affiora un materiale ignimbrico noto come Tufo Verde, anch'esso, come gli altri materiali vulcanoclastici campani, utilizzato come lapideo ornamentale. Nel comune di Forio sono ben note le cavità ad uso abitativo scavate nei blocchi tufacei prodotti dai dissesti innescati dal sollevamento tettonico del Monte Epomeo, alle quali si aggiungono cavità meno conosciute, e non del tutto abbandonate, presenti lungo la cresta Pietra dell'Acqua-Monte Epomeo, e quelle ubicate ai piedi di questa, sull'altopiano della Falanga (D'ARBTRIO & ZIVIELLO, 1991; CAPPA & CAPPA, 1991). Altre cavità adibite ad insediamento civile sono gli interessanti abitati rupestri di Zungoli (AV) (DEL

PRETE, 2008 e bibliografia correlata) ancora non presenti nel Catasto campano.

C - Opere di culto

Le esigenze cultuali e funerarie degli insediamenti campani, sommate alla non poco influente realtà geomorfologica regionale, hanno predisposto le comunità locali a ricorrere non solo allo scavo di ipogei artificiali in rocce tenere, ma a sfruttare soprattutto cavità naturali presenti lungo la dorsale calcarea dell'Appennino campano. Vi sono numerosi esempi di santuari rupestri campani in cavità naturali: su 1122 grotte naturali censite dalla Federazione Speleologica Campana, ben 99 vengono antropizzate e sfruttate dalla comunità cristiana medievale (EBANISTA, 2007); basti ricordare la ben nota Grotta di S. Michele a Olevano sul Tusciano (SA) o S. Michele ad Avella (AV). Dei 99 siti considerati, ben 85 sono in cavità naturali e "solo" 14 in cavità artificiali (EBANISTA, 2011). Un complesso funerario e cultuale estremamente interessante risulta essere Prata Principato Ultra (AV); ricavato nel fronte SE del sistema *Partenio-Monti di Sarno*, il sito si caratterizza per essere nato catacomba tardo-antica per poi trasformarsi in basilica rupestre in età longobarda arricchita da un palinsesto pittorico che va dal IX al XII secolo (MUOLLO, 2001). La basilica di Prata P.U. è uno di quei particolari contesti rupestri impiantati in una cavità di origine completamente artificiale, così come le chiese dei Santi e delle Fornelle a Calvi (CE), la chiesa di S. Nicola sul Monte Epomeo (Serra Fontana, NA) o la Cappella di S. Maria al Monte a Forio (NA) (EBANISTA, 2011; D'ARBITRIO & ZIVIELLO, 1991). Questi santuari ipogei sono stati ricavati all'interno di peculiare materiale piroclastico tramite un progetto edilizio-ingegneristico che ha tenuto sicuramente conto dell'importante realtà geomorfologica locale (DEL PRETE, 2008 e bibliografia correlata). Un'altra opera di culto molto suggestiva è la Grotta di San Biagio a Castellammare di Stabia (NA): ubicata alla base della falesia del Pianoro di Varano (località nota per essere una delle maggiori concentrazioni di ville marittime romane di tutto il mediterraneo), fu realizzata intorno al I secolo a.C., in concomitanza con le ville d'*otium* di *Stabiae*, mediante l'attività di estrazione dell'Ignimbrite Campana, materiale molto utilizzato nell'architettura storica napoletana (LANGELLA et al., 2013). La cava permetteva l'accesso diretto a mare e dal VI secolo divenne luogo di culto e sepoltura, fino a quando, nel 1695, la chiesa fu profanata e lasciata in uno stato di abbandono e degrado. In essa sono contenuti pavimenti romani in opera musiva e affreschi di derivazione bizantina, datati IX e X secolo, posti sul lato sinistro della navata della chiesa e sulla parete retrostante il presbiterio (FERRARIS, 1995). In Campania, oltre ai rilevanti siti di Prata P.U., Castellammare e Sessa Aurunca (CE), le ben più note e numerose testimonianze catacombali si registrano nella città di Napoli, senza dimenticare che le aree rupestri sfruttate a scopo per lo più cultuale sono comunque attestate in quasi tutta la regione (AMODIO & EBANISTA, 2008) la maggior parte delle quali non ancora messe a catasto (Fig. 1).

D - Opere militari

Il caso dei *Bunker* di Cuma, realizzati tra il 1941 ed il 1943 per contrastare lo sbarco delle truppe anglo-americane (D'ANDREA et al., 1991), rappresenta senz'altro l'emblema delle cavità artificiali campane per la categoria delle opere militari. Cuma fu fondata dai Greci dell'isola di Eubea ed è la più antica colonia greca della Magna Grecia. Grazie alla sua ubicazione strategica riuscì a stabilire una vera egemonia su gran parte del litorale costiero campano: da Monte di Cuma fino a Capo Atheno, odierna Punta Campanella; anche sotto il dominio romano, Cuma continuò ad essere protagonista a pieno titolo delle vicissitudini belliche che interessarono nei secoli la storia di quest'area geografica. Le strutture dei *Bunker* militari, infatti, si sovrappongono in alcune zone ad elementi architettonici antichi a dimostrazione di una continuità funzionale nel tempo non indifferente (D'ANDREA et al., 1991). Questi sono formati da un sistema di fortificazioni ipogee a più livelli, interconnesse tra loro, le quali attraversano il duomo lavico di Monte di Cuma, partendo dal suo basamento trachitico. Il Catasto CA campano ha intrapreso da poco un progetto di collaborazione con il soprintendente archeologico di zona per la ricognizione dell'area agricola annessa di recente al Parco Archeologico finalizzando le attività all'esplorazione ed alla documentazione delle nuove cavità belliche, in parte già individuate. Da non sottovalutare la documentazione di altre cavità relative alla presenza delle truppe NATO, come ad esempio il *bunker* dismesso sui Monti del Partenio (AV).

E - Opere estrattive

La Regione Campania presenta un'antica, articolata e ancor poco conosciuta rete di cavità artificiali, la cui distribuzione è notevolmente influenzata da fattori di natura strettamente geologica e geomorfologica (DEL PRETE, 2008). Infatti, la genesi di gran parte di queste cavità è spesso riconducibile all'attività estrattiva in sotterraneo di materiali vulcanoclastici impiegati come lapidei ornamentali nell'architettura storica partenopea, quali il Tufo Giallo Napoletano (COLELLA et al., 2013) e il Piperno (CALCATERRA et al., 2013). In particolare, l'estrazione del Tufo Giallo Napoletano ha avuto più volte luogo direttamente sotto all'area di edificazione sfruttando la capacità di autosostegno dell'ammasso roccioso in maniera tale da riservare la

superficie alle ordinarie attività antropiche e creare ipogei adibiti a depositi oppure utilizzati come cisterne per la raccolta dell'acqua piovana. La coltivazione in sotterraneo del Piperno ha interessato gli affioramenti alla base della collina dei Camaldoli a Napoli dove l'unica cavità ancora accessibile è ubicata a Pianura, in località Masseria del Monte (CALCATERRA et al., 2007), di fronte alla quale è presente un'ulteriore cava non ancora esplorata in quanto l'ingresso è ostruito da detriti e rifiuti. Nel sito di Soccavo è presente un'altra cava sotterranea, anch'essa ostruita da materiali di risulta. Le opere estrattive dell'entroterra sono invece rappresentate da siti minerari dismessi in cui l'attività ha interessato rocce e minerali per l'industria. Tra questi ricordiamo: le miniere di bauxite dei Monti del Matese e di Monte Maggiore, le miniere di ittiolo dei Monti Picentini, le miniere di lignite di Acerno (SA) e le miniere di zolfo della Media Valle del Sabato, fra i comuni avellinesi di Altavilla Irpina e Tufo (DEL PRETE et al., 2010). Soprattutto le miniere costituiscono importanti casi di archeologia industriale, nonché ammirevoli opere di ingegneria mineraria che in futuro potrebbero essere soggette ad importanti progetti di recupero e di valorizzazione, non solo della miniera in sé ma anche di tutta la zona dell'indotto, che ospitava le strutture per lo stoccaggio del materiale o per l'alloggio dei minatori; un parco archeologico industriale che racconti la realtà antropologica di un territorio.

F - Vie di transito

In Campania, soprattutto nel partenopeo, esistono numerosi esempi di gallerie utilizzate per il transito di merci e persone (CAPUTO, 2004). Molte di queste opere sono state realizzate originariamente per scopi militari, pertanto trovano collocazione incerta nell'ambito degli schemi classificativi proposti dalla CNCA (CAPPA, 2000). Tuttavia possiamo citare alcuni esempi napoletani significativi come: la *Crypta Romana* del Monte di Cuma, la Grotta di Cocceio, la *Crypta Neapolitana* e il più recente *tunnel* Borbonico (D'ANDREA et al., 1991; DEL PRETE, 2008 e bibliografia correlata).



Figura 1. Dromos ipogeo, pertinente a un mausoleo d'età romana. Pozzuoli (NA) (foto: I. GUIDONE).

Figure 1. Dromos, pertinent to a mausoleum of Roman age. Pozzuoli (NA) (photo: I. GUIDONE).

precedenti nazionali e che non dovrebbe passare inosservato a chi, in futuro, si occuperà di pianificazione territoriale.

Confrontando questi dati con il catasto della cavità naturali campane, che al 2010 attesta 1122 grotte censite (dati *on line* SSI: <http://catastogrotte.speleo.it>), si comprende immediatamente quanto può essere considerevole

G - Altre cavità non classificabili

Le cavità artificiali campane riescono ad essere presenti ancora una volta negli schemi classificativi preposti dalla CNCA, questa volta grazie alle cisterne d'olio del sottosuolo napoletano descritte da PICIOCCHI (1990).

Un importante lavoro di accatastamento sarà rappresentato in futuro anche dalla lunga serie di cavità costiere individuate in area flegrea. Al momento se ne è identificato qualche centinaio (FERRARI & LAMAGNA, 2007; SIMEONE et al. 2007), di cui solo in parte si è riconosciuta la tipologia; esse sarebbero da mettere in relazione con altre strutture antiche sommerse che caratterizzano la costa flegrea notoriamente soggetta ai fenomeni bradisismici.

Prospettive di ricerca

Il patrimonio artificiale ipogeo della Campania vanta enormi potenzialità sia per l'elevata presenza in tutte le tipologie classificatorie sia per l'ampio arco di tempo che storicamente ricoprono. Da un punto di vista spaziale invece, le CA risultano ben concentrate nell'area regionale contraddistinta dalla presenza degli ormai noti depositi vulcanici che maggiormente hanno facilitato lo sfruttamento del sottosuolo. Se in futuro si riuscisse a dare un effettivo riscontro alle indagini preliminari effettuate da VARRIALE, in cui risulta che in Campania siano segnalate ben 3574 unità ipogee (VARRIALE, 2007), si potrebbe raggiungere un termine quantitativo senza

l'impatto ambientale delle 3574 cavità antropiche sulle zone d'interesse. Un altro elemento fondamentale da tenere in considerazione, nella ricerca delle motivazioni basilari per stilare un catasto speleologico, è indubbiamente il Rischio Cavità (CIRAM, 2002); l'abbandono degli ipogei e la mancata manutenzione degli stessi è alla base degli improvvisi collassi strutturali e dei dissesti idrogeologici che troppo spesso affliggono le zone del napoletano e della Piana Campana (DEL PRETE et al., 2011). Una concorrenza di forze locali affiancata dalla comunanza di dati catastali tra enti pubblici e privati potrebbe contribuire fortemente ad ampliare la conoscenza del territorio che è alla base di qualsiasi progettualità ambientale.

Il fine del catasto è dunque non solo quello di collezionare nomi e numeri di cavità, ma di rendere condivisibile e fruibile la peculiare conoscenza sotterranea del territorio, sul quale e con il quale ci rapportiamo quotidianamente. Condividere i dati è quindi condividere conoscenza, è mettere la collettività in condizione di poter compiere scelte costruttive grazie all'oggettiva e consapevole comprensione del proprio *habitat* nella sua interezza. Il nostro ecosistema ha infatti anche una dimensione sotterranea, quanto più dimenticata tanto più pericolosa; possiamo parlare quindi di paesaggio ipogeo, che cambia e si modifica nel tempo influenzando, spesso gravemente, la vita epigea. Le cavità necessitano pertanto di essere contestualizzate nel territorio di appartenenza e il primo passo risulta essere obbligatoriamente la raccolta dei dati.

Se l'attività speleologica ha in qualche misura un risvolto di promozione sociale, questo può essere individuato nella documentazione delle cavità e nella dovuta pubblicazione degli studi preliminari con relativo accatastamento. Consci che i dati accatastati dovranno essere trasmessi con i dovuti distinguo, il Catasto Speleologico può essere progettato anche come polo di raccolta dati, una sorta di *router* di una grande rete catastale dove è possibile scambiare i riferimenti dei vari inventari stilati da partner diversi, in cui privati, enti pubblici e istituti accademici possono restituire e ricevere informazioni. Consapevoli del lungo cammino che ci aspetta concludiamo recitando l'articolo 1 del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (D.L. 42/04): "*La tutela e la valorizzazione del patrimonio culturale concorrono a preservare la memoria della comunità nazionale e del suo territorio ed a promuovere lo sviluppo della cultura*".

Bibliografia

- AMODIO M., EBANISTA C., 2008. *Aree funerarie e luoghi di culto in rupe: le cavità artificiali campane tra tarda antichità e medioevo*. Atti VI Convegno Nazionale di Speleologia in Cavità Artificiali, Opera ipogea, **1/2**, 117-144.
- CIRAM AA.VV., 2002. *Banca dati delle cavità del sottosuolo dei comuni della Provincia di Napoli*. In: PROVINCIA DI NAPOLI E CENTRO INTERDIPARTIMENTALE DI RICERCA E AMBIENTE (eds.), *Progetto Cavità*. Napoli.
- CALCATERRA D., CAPPELLETTI P., DE GENNARO M., DE GENNARO R., DE SANCTIS F., FLORA A., LANGELLA A., 2007. *The rediscovery of an ancient exploitation site of Piperno, a valuable historical stone from Phlegraean Fields (Italy)*. In: R. PRINKRYL & B.J. SMITH (Eds.), *Building Stone Decay: from Diagnosis to Conservation*, Geological Society of London, sp. publ. **271**, 23-31.
- CALCATERRA D., LANGELLA A., MORRA V., CAPPELLETTI P., COLELLA A., DE GENNARO R., DE GENNARO M., 2013. *Il Piperno*. In: DE GENNARO M., CALCATERRA D., LANGELLA A. (eds.) *Le Pietre Storiche della Campania, dall'oblio alla riscoperta*. Luciano Ed., ISBN 978-88-6026-182-3, Napoli, 179-197.
- CAPPA G., 2000. *Il Catasto delle Cavità Artificiali*. Opera Ipogea, **1**, 51-61.
- CAPPA G., 2008. *I pozzi collegati a condotti sotterranei degli acquedotti antichi*. Atti VI Convegno Nazionale di Speleologia Cav. Art., Napoli, 30 maggio - 2 giugno 2008, Opera Ipogea, **1/2**.
- CAPPA G., CAPPA E., 1991. *Cavità artificiali nei massi di Tufo Verde sul Monte Epomeo (Isola d'Ischia – Campania – Italia)*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, marzo 1991, **1**, 45-54.
- CAPUTO P., 2004. *La Grotta di Cocceio a Cuma: nuovi dati da ricerche e saggi di scavo*. In: *Viabilità e Insediamenti nell'Italia Antica*. Atlante Tematico di Topografia Antica, **13**, 309-330.
- COLELLA A., CALCATERRA D., CAPPELLETTI P., DI BENEDETTO C., LANGELLA A., PAPA L., PERROTTA A., SCARPATI C., DE GENNARO R., 2013. *Il tufo giallo napoletano*. In: DE GENNARO M., CALCATERRA D., LANGELLA A. (eds.) *Le Pietre Storiche della Campania, dall'oblio alla riscoperta*. Luciano Ed., ISBN 978-88-6026-182-3, Napoli, 129-154.
- D'ANDREA G., DEL VECCHIO U., TUFANO C., IOVINO F., 1991. *I Bunkers di Cuma*. In: PAONE R., PICIOCCHI C. (eds.), Atti III *International Symposium on Underground Quarries*, Napoli, 10/14 luglio 1991, 64-99.
- D'ARBITRIO N., ZIVIELLO L., 1991. *Ischia. L'architettura rupestre delle case di pietra*. Napoli 1991.
- D'ISANTO A., LAPEGNA U., PICIOCCHI A., SANTACROCE U., 1988. *I graffiti di guerra nel sottosuolo napoletano*. Notiziario sezionale CAI Napoli, **2**, 47-48.

- DEL PRETE S., 2008. *Speleologia in Cavità Artificiali in Campania*. Geologi, **25**, 16-23.
- DEL PRETE S., VARRIALE R., 2007. *Breve rassegna sui principali acquedotti ipogei della Campania*. Opera Ipogea, **1**, 75-84.
- DEL PRETE S., MANCO M., MELE R., 2010. *Siti minerari abbandonati in Campania: stato delle conoscenze*. Atti II Convegno Regionale di Speleologia "Campania Speleologica", Caselle in Pittari (SA), 3 - 6 giugno 2010, 195-210.
- DEL PRETE S., GALEAZZI C., GERMANI C., MARTIMUCCI V., PARISE M., 2011. *Fenomeni di dissesto idrogeologico connessi a cavità sotterranee di origine antropica*. Atti dei Convegni Lincei "Frane e dissesto idrogeologico: consuntivo", X Giornata dell'Acqua, Roma, 22 marzo 2010, 223-232.
- EBANISTA C., 2007. *L'utilizzo culturale delle grotte campane nel medioevo*, in *Campania Speleologica*, Atti I Convegno Regionale di Speleologia, Oliveto Citra, 127-150.
- EBANISTA C., 2011. *Abitati e luoghi di culto rupestri in Campania e Molise*. In: E. MENESTO (ed.), *Le aree rupestri dell'Italia centro-meridionale, nell'ambito delle civiltà italiche: conoscenza, salvaguardia, tutela*. Atti IV Convegno internazionale sulla civiltà rupestre, Savelletri di Fasano, 39-94.
- FERRARI G., LAMAGNA R., 2007. *Cavità marine del litorale flegreo*, Atti I Convegno Regionale di Speleologia, Oliveto Citra, 251-263.
- FERRARIS L., 1995. *La Grotta di San Biagio, da una semplice esplorazione a un tentativo di restauro*. Notiziario Sezionale CAI Napoli, **2**, 40-45.
- LANGELLA A., BISH D. L., CAPPELLETTI P., CERRI G., COLELLA A., GRAZIANO S. F., PAPA L., PERROTTA A., SCARPATI C., DE GENNARO M., 2013. *L'Ignimbrite Campana*. In: DE GENNARO M., CALCATERRA D., LANGELLA A. (eds.) *Le Pietre Storiche della Campania, dall'oblio alla riscoperta*. Luciano Ed., ISBN 978-88-6026-182-3, Napoli, 155-177.
- LAPEGNA U., PALMINTERI R., 1987. *Relazione tecnica e relazione biologica del pozzo romano di Manocalzati in provincia di Avellino*. Notiziario Sezionale CAI, Napoli, **2**, 22-27.
- MARINIELLO A., 1988. *Il tracciato dell'Acquedotto augusteo nel tratto Napoli-Miseno*. Notiziario Sezionale CAI, Napoli, **3**, 34-36.
- MEDRI M., SORICELLI G., BENINI A., 1999. *In Baiano sinu: le Piccole terme di Baia*. In: DELAINE J., JOHNSTON D.E. (eds.), *Roman baths and bathing*. Ist International Conference on Roman Baths, 207-219.
- MENEGHINI M., 2010. *Il Catasto Nazionale delle Cavità Artificiali della Società Speleologica Italiana*. In: *Le Cavità Artificiali dalla riscoperta alla valorizzazione turistica*. Corso Naz. III livello, 2-4/12/2011 Urbino, 105-113.
- MUOLLO G., 2001. *La Basilica di Prata Principato Ultra*, Viterbo 2001.
- PICIOCCHI A., RODRIGUEZ A., 1976. *Grotta delle Camerelle di Pianura, Grotta degli Sportiglioni, Grotta di S. Michele. Una proposta per un itinerario speleologico*. Atti del Circolo Culturale B. G. Duns Scoto di Roccarainola, 72-79.
- PICIOCCHI C., 1990. *Le cisterne dell'olio nel sottosuolo napoletano*. Notiziario sezione CAI, Napoli, **1**, 31-32.
- SIMEONE M., MASUCCI P., PAGLIARANI A., 2007. *Cavità costiere dell'Area Marina Protetta Parco Sommerso di Gaiola Golfo di Napoli*, Atti I Convegno Regionale di Speleologia, Oliveto Citra, 241-249.
- VARRIALE R., 2007. *Nota preliminare sulla distribuzione delle cavità artificiali e relative tipologie rilevate nell'ambito della regione Campania*, Atti I Convegno Regionale di Speleologia, Oliveto Citra, 117-125.

SPELEOLOGIA E ISTITUZIONI NEI CAMPI FLEGREI

GRAZIANO FERRARI¹, RAFFAELLA LAMAGNA², PAOLA MINIERO³

¹ Via Vignati 18, 20161, Milano; gwferrari@gwferrari.it

² Via Cisterna dell'Olio 5, 80134, Napoli; Italy, raffaella_lamagna@yahoo.it

⁴ Archeologa, già direttore del Museo Archeologico dei Campi Flegrei, via A. Manzoni 78, 80123 Napoli; paolaminiero@alice.it

Riassunto

I Campi Flegrei costituiscono un luogo d'eccellenza per la pratica della speleologia in cavità artificiali. Le attività esplorative e documentative in tali cavità implicano però un alto livello qualitativo e quantitativo nell'interazione con un vasto numero di istituzioni e di singoli riferimenti. I motivi sono principalmente di natura autorizzativa, ma sono frequenti anche i rapporti di collaborazione multidisciplinare. Il lavoro presenta una sintesi delle esperienze maturate nel corso di otto anni di ricerche sulle cavità costiere, idrauliche e termali dei Campi Flegrei. Vengono descritti i rapporti intercorsi con gli Enti di governo del territorio - in particolare la Soprintendenza per i Beni Archeologici - con le Università, le associazioni speleologiche, le attività commerciali ed i privati residenti. Vengono infine discusse le problematiche riscontrate, le soluzioni adottate e le prospettive di evoluzione dei rapporti.

Parole chiave: Campi Flegrei, Speleologia, Cavità Artificiali, Soprintendenza Archeologica

Abstract

SPELEOLOGY AND INSTITUTIONS IN THE PHLEGRAEAN FIELDS - The Phlegraeian Fields represent an excellent place to research artificial caves. Exploratory activities and documentation of such cavities, however, imply a high qualitative and quantitative level of interaction with a large number of institutions and individual references. The main reasons are related to authorizations, but several multi-disciplinary collaborations are involved too. The paper reports about eight years experience in researches about coastal, hydraulic and thermal caves in the Phlegraeian Fields. Relationships with public administration bodies – the Archaeological Superintendency, in particular - Universities, caving associations, business companies and private owners are reported. Problems, solutions and perspectives in the interactions are discussed.

Key words: Phlegraeian Fields, Caving, Artificial caves, Archaeological Superintendency

Introduzione

Otto anni di ricerche nelle cavità artificiali dei Campi Flegrei (Napoli) hanno implicato la creazione e la gestione di una complessa rete di rapporti con le varie entità pubbliche e private portatrici di interessi nel settore. In questo senso, i Campi Flegrei costituiscono indubbiamente un ambito molto particolare, dal momento che il sottosuolo vi ha rivestito una grande rilevanza storica e sociale. Nello spirito della condivisione dei dati, si ritiene utile esporre e commentare anche questa particolare tipologia di informazioni. Quanto segue non vuole essere uno sterile ed autoreferenziale elenco di azioni e di relazioni, bensì l'analisi delle esperienze maturate, dal punto di vista sia degli attori sul campo, sia di uno dei funzionari archeologi che si sono trovati a gestire tali istanze.

Le Soprintendenze

Come è noto, il territorio flegreo, regione vulcanica a ovest di Napoli, è caratterizzato geologicamente dalla presenza di tufo giallo, frutto di eruzioni in epoca preistorica, che hanno portato alla formazione di crateri a terra e a mare, di scoscesi costoni di tufo giallo, di fenomeni di fumarole e sorgenti calde ancora attive e, soprattutto, del fenomeno del bradisismo, sprofondamento o innalzamento del suolo, peculiare di questo territorio, con i cui effetti l'uomo convive fin dai primi insediamenti. Già in antico questo territorio fu intensamente antropizzato per la presenza di condizioni favorevoli all'insediamento – salubrità del clima, fertilità dei campi, approdi naturali, sorgenti di acque calde e termali, vapori caldi – e fu qui che i coloni greci provenienti da Kyme eolica e da Calcide ed Eretria in Eubea fondarono alla metà dell'VIII sec. a.C. Cuma, la prima colonia greca in Italia

meridionale, mentre i Romani fecero di Puteoli il più importante scalo commerciale dell'Impero, di Baia la più importante località termale e residenziale dell'Impero, di Miseno, la sede della flotta imperiale.

L'archeologia, che attraverso lo scavo stratigrafico studia le dinamiche e le forme degli insediamenti antichi, necessita del supporto di altre discipline, in primo luogo la geologia, la paleontologia, l'antropologia fisica, la paleobotanica. Nei Campi Flegrei, i funzionari responsabili di zona della Soprintendenza per i Beni Archeologici si sono presto accorti dell'importanza della speleologia, poiché molti cunicoli, grotte e cavità, apparentemente naturali, erano invece opera di interventi antropici di epoca romana, la cui indagine comportava per l'archeologo difficoltà di accesso e richiedeva competenze specifiche, trattandosi di ambienti sotterranei.

Grazie alla disponibilità volontaristica degli esploratori, è stato possibile effettuare vari interventi, emblematici delle difficoltà incontrate sul piano burocratico, superate solo con le buone pratiche e l'assunzione personale di responsabilità sia del funzionario responsabile sia degli speleologi. Il primo intervento, effettuato anche grazie alla collaborazione del Gruppo Speleologico C.A.I. Napoli, fu l'accesso con una calata in cordata lungo il costone a mare del Castello Aragonese di Baia in due cavità situate in parete, non altrimenti raggiungibili e mai indagate, che furono rilevate e documentate, consentendo alla Soprintendenza di riconoscere la presenza di due cisterne romane appartenenti alla villa romana preesistente al Castello, che in quegli anni si stava documentando (DAMIANO *et al.*, 2011). L'autorizzazione della Soprintendenza prevedeva la sottoscrizione da parte degli interessati di esentare la Soprintendenza e l'Ufficio Archeologico di Baia da qualsiasi responsabilità in caso di danni a persone e/o cose durante l'attività. Negli anni a seguire è continuata la collaborazione, a carattere saltuario e su base volontaria, finalizzata alla conoscenza di cunicoli e cavità inesplorati o mal documentati a cominciare da quelli nei siti archeologici demaniali nei quali, dopo aver constatato la fattibilità dell'intervento, è stato autorizzato l'accesso, con la modalità della richiesta di autorizzazione alla Soprintendenza Archeologica da parte degli interessati e la prescrizione dell'Amministrazione di sottoscrivere una dichiarazione di scarico di responsabilità.

Si è trattato comunque di collaborazione su base volontaria e senza alcun impegno di tipo finanziario o di rimborso spese da parte della Soprintendenza, in assenza di un progetto di ricognizione delle grotte di interesse archeologico, per la cui redazione, non essendovi speleologi nei ruoli del Ministero Beni Culturali, la procedura burocratica vigente avrebbe richiesto un finanziamento sul bilancio ordinario della Soprintendenza per indire un bando di progettazione esterna tra speleologi, che finora non è stato possibile proporre, essendo le risorse finanziarie degli ultimi anni a stento in grado di garantire la manutenzione e gestione ordinaria dei siti di competenza.

Solo in un caso si ebbe il sostegno di soggetti privati. L'intervento si svolse nel 2010, in una galleria scavata in un tratto di costone in proprietà privata, in località Scalandrone, per rilevare e documentare con rilievo laser scanner un'iscrizione graffita in parete, che riportava sia il nome del curatore *aquae augustae, Decimus Satrius Ragonianum*, che autorizzò l'apertura di una presa d'acqua nella galleria, collegata con l'acquedotto augusteo, sia la data dell'apertura, il 30 dicembre del 10 d.C., documentando la più antica menzione dell'acquedotto finora nota e consentendo l'esposizione del calco dell'iscrizione nel Museo Archeologico dei Campi Flegrei e la presentazione in occasione del bimillenario il 30 dicembre del 2010 (FERRARI & LAMAGNA, 2013).

In quell'occasione sul piano operativo la Soprintendenza stipulò un protocollo di intesa con l'ARIN, responsabile dell'acquedotto, che finanziò le spese dell'intervento e il calco dell'iscrizione, con gli speleologi cui era assegnata la logistica e la sicurezza delle operazioni, con la supervisione scientifica del prof. GIUSEPPE CAMODECA, ordinario di Epigrafia e Storia romana dell'Università Orientale di Napoli, che per primo aveva scoperto molti anni addietro l'iscrizione, e della funzionaria archeologa responsabile di zona come Responsabile del Procedimento. Complessa fu invece la procedura autorizzativa per l'aspetto della sicurezza, che coinvolgeva oltre alla Soprintendenza anche la Provincia, responsabile della strada sotto il costone, il Comune di Bacoli e il proprietario del costone. Solo la collaborazione e la fiducia nelle reciproche competenze, consentì ai soggetti coinvolti di superare le difficoltà burocratiche e autorizzare l'intervento.

La Soprintendenza per i Beni Architettonici di Napoli ha invece giurisdizione sul Parco della Tomba di Virgilio, a Mergellina, dove si apre uno degli ingressi principali della *Crypta neapolitana*. Grazie alla presentazione da parte della Soprintendenza Archeologica, è stato possibile ottenere in tempi molto rapidi un'autorizzazione alla visita delle parti normalmente non accessibili ma già messe in sicurezza. In seguito, previa opportune garanzie di carattere assicurativo, si è potuto accedere anche agli altri spazi di interesse.

Le Pubbliche Amministrazioni

Le ricerche sono state svolte nelle pertinenze dei Comuni di Bacoli, Monte di Procida, Pozzuoli e Napoli. Si tratta di Enti con dimensioni e strutture molto diverse. Nelle realtà più piccole è relativamente agevole interagire direttamente con i livelli decisionali e tecnici del Comune. In particolare, a Bacoli l'assessorato ai Beni Culturali è attualmente affidato ad una giovane archeologa, per cui vi è una sensibilità particolare ai temi della ricerca sul territorio. Le interazioni con il Comune di Pozzuoli sono state finora mediate tramite l'Ufficio locale della Soprintendenza Archeologica, ed hanno ottenuto la disponibilità del servizio municipale di raccolta e gestione dei rifiuti per la pulizia di una cavità. Il rapporto con il Comune di Napoli e con le sue strutture è ovviamente ben più complesso. È opportuno ricordare che Napoli risulta essere l'unico Comune italiano dotato di un Ufficio Sottosuolo, specificamente delegato ai temi legati alle cavità. I funzionari dell'Ufficio hanno sempre manifestato interesse per le nostre ricerche e disponibilità a condividere le informazioni d'archivio e ad agevolare le operazioni per quanto di pertinenza. Inoltre abbiamo interagito direttamente con i funzionari dell'Assessorato Ambiente per l'organizzazione di eventi di pulizia di cavità.

Il Comune di Napoli è anche azionista unico di due società che hanno a diverso titolo interessi nel mondo del sottosuolo. Le Terme di Agnano hanno competenza sulle Terme Antiche, dove si trovano un tratto dell'*Aqua Augusta Campaniae* e vari cunicoli di vapore naturale, e sulla Grotta del Cane. La società Terme di Agnano ha delegato al Gruppo Archeologico Napoletano (GAN) la gestione delle visite guidate, ed è stato grazie alla disponibilità del GAN che abbiamo potuto svolgere interessanti indagini preliminari nei siti citati.

La società Acqua Bene Comune S.p.A. (ex A.R.I.N. S.p.A.) fornisce acqua potabile al Comune di Napoli e ad altre amministrazioni, per un totale di 1.650.000 abitanti. Come è noto, buona parte dell'acqua distribuita proviene dalle sorgenti di Serino, le stesse che erano utilizzate in epoca romana dall'*Aqua Augusta Campaniae*. Nel 2010, grazie a questo legame ed alla disponibilità del Presidente, MAURIZIO BARRACCO, e del Direttore dei Progetti Speciali, DAVIDE ROMANELLI, è stato possibile effettuare il già citato intervento di recupero e valorizzazione dell'iscrizione di Scalandrone del 30 dicembre 10 d.C.

Per quanto riguarda il livello provinciale, fra il 2007 ed il 2008 abbiamo avuto rapporti diretti con l'Assessore all'Agricoltura, Parchi e Protezione Civile della Provincia di Napoli, FRANCESCO BORRELLI, che ha accettato di sostenere la nostra ricerca sulle cavità costiere dei Campi Flegrei. A livello operativo abbiamo interagito con funzionari del Settore Edilizia Scolastica e del Settore Strade della Provincia, per ottenere documentazione cartografica ed autorizzazioni all'accesso. Al momento, la fase di passaggio verso la Città Metropolitana frena ogni tipo di rapporto, in attesa di determinare le suddivisioni di competenze operative.

A livello regionale vi sono stati rapporti con il Settore Difesa del Suolo, per contributi al Progetto C.A.R.G. e per la definizione di geositi legati alle cavità costiere. Va anche ricordata la proficua interazione con la Società Mostra d'Oltremare, i cui azionisti sono il Comune di Napoli, la Provincia di Napoli, la Regione Campania e la Camera di Commercio. Nelle pertinenze della Mostra si trova un importante tratto dell'*Aqua Augusta Campaniae*, e nel corso delle ricerche abbiamo ritrovato altri fenomeni di interesse speleologico.

Il Parco Regionale dei Campi Flegrei è l'Ente facente capo alla Regione con cui si è svolta l'interazione più efficace e duratura. Il Parco ha agito disponendo di risorse umane e finanziarie assai limitate, e con competenze vaste e diversificate. Grazie alla sensibilità dei responsabili che si sono succeduti, in particolare i Presidenti FRANCESCO ESCALONA e DIEGO GIULIANI ed il funzionario GIULIO MONDA, è stato possibile effettuare ricerche sul territorio, collaborare all'organizzazione di eventi ed alla stesura di pubblicazioni, ottenere autorizzazioni all'accesso usufruendo dell'autorevolezza dell'Ente Parco per godere di un'attenzione da parte di altri Enti che sarebbe stata preclusa a singoli ricercatori. Purtroppo, a partire dal 2012 l'Ente Parco ha perso l'unica figura direttiva di riferimento che era stata nominata. Da allora, la Giunta Regionale non ha più provveduto alla nomina di un Presidente ed a dotare il Parco delle necessarie risorse, bloccandone così in pratica ogni attività ed ogni efficacia sul territorio.

Un rapporto di particolare rilevanza si è verificato con il Servizio Patrimonio del Segretariato Generale della Presidenza della Repubblica Italiana. Oltre al Quirinale ed alla tenuta di Castelporziano, la Presidenza della Repubblica possiede anche Villa Rosebery, situata a Capo Posillipo (Napoli). Da pubblicazioni risalenti agli inizi del XX secolo risultava l'esistenza di cavità costiere all'interno della tenuta. Tramite il Parco Regionale dei Campi Flegrei abbiamo fatto richiesta di accesso, che è stata concessa a seguito degli opportuni controlli di polizia sui nominativi dei partecipanti. Abbiamo quindi svolto due brevi campagne di studio sulla linea di costa e sul tratto di mare antistante, supportati in modo molto cordiale sia dai servizi di gestione della villa, sia dai servizi di vigilanza espletati da personale della Guardia di Finanza e della Polizia di Stato (FERRARI *et al.*, 2011). Il Servizio Patrimonio si è dimostrato molto interessato ai possibili sviluppi di tali ricerche, con la stipula di una convenzione al proposito. Purtroppo le citate vicissitudini del Parco Regionale hanno finora impedito

l'attivazione di tale strumento.

Anche con le Forze Armate vi sono stati rapporti costruttivi. Essi sono stati tipicamente veicolati tramite altre istituzioni, fra cui il Parco Regionale dei Campi Flegrei, la Soprintendenza Archeologica o i Comuni. Abbiamo così potuto godere di supporto nautico da parte della Guardia Costiera nelle ricerche sulle cavità marine, in particolare presso Villa Rosebery. Il Comandante della base logistica della Guardia di Finanza di Bacoli ha messo a disposizione le strutture della base nel quadro di Puliamo il Buio 2011. Entrambi i Corpi hanno concesso l'impiego dei propri sommozzatori per le operazioni di bonifica ambientale alla Grotta del Lazzaretto di Nisida. La Direzione della Casa Circondariale Minorile di Nisida ci ha autorizzato ad accedere alle coste dell'isola per lo studio delle cavità costiere, che si è svolto anche con il supporto di un natante della base nautica dell'Aeronautica Militare. In generale i Corpi dello Stato, pur nelle note ristrettezze operative, sono disponibili a collaborare per lo svolgimento di iniziative pubbliche a carattere ambientale. Rispetto alle cavità naturali, le cavità artificiali si prestano meglio ad operazioni congiunte con le Istituzioni.

L'esplorazione del sottosuolo può portare ad imbattersi in situazioni di illeciti. Tipicamente si tratta di sversamenti di rifiuti, ma vi sono anche casi di occupazioni abusive di spazi che sono antropizzati fin dalle loro origini. In questi casi è fondamentale la sensibilità ambientale e sociale delle Istituzioni e degli esploratori. Nel corso delle nostre ricerche sulle cavità costiere, l'allora Assessore all'Agricoltura della Provincia di Napoli, i Presidenti del Parco Regionale dei Campi Flegrei ed i responsabili della Guardia Costiera ci hanno chiesto esplicitamente di segnalare gli illeciti, in particolare gli scarichi di reflui a mare. Con nostro sollievo, abbiamo verificato l'esistenza di un numero veramente limitato di situazioni anomale.

Le Istituzioni Accademiche e le Biblioteche

La ricerca in cavità artificiali richiede un approccio fortemente multi-disciplinare. Nel tempo si sono quindi sviluppati rapporti con numerosi docenti e dipartimenti universitari. Fra questi, possiamo citare i Dipartimenti di Agraria, Architettura, Ingegneria, Scienze della Terra, Scienze Chimiche per l'Università degli Studi "Federico II", il Dipartimento Asia, Africa e Mediterraneo per l'Università Orientale e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, sezione di Napoli. I singoli ricercatori hanno mostrato grande collaborazione e condivisione di informazioni, ed abbiamo potuto usufruire di analisi e di documentazione specifica. Al momento, questi rapporti sono stati svolti su un piano informale e non sono evoluti nella definizione di specifici progetti di ricerca.

Analogamente, totale disponibilità è venuta dal personale delle biblioteche: Biblioteca ed Archivio Diocesano di Pozzuoli, Biblioteca del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università "Federico II", Biblioteca Nazionale di Napoli, Biblioteca Universitaria di Napoli, Archivio di Stato di Napoli, Archivio Militare di Stato di Napoli.

Le Istituzioni speleologiche

L'attività di ricerca speleologica tende naturalmente ad organizzarsi nel quadro di Gruppi Speleologici, che a loro volta fanno riferimento su scala regionale alla Federazione Speleologica Campana, mentre a livello nazionale i Gruppi possono far parte di una o di entrambe le associazioni nazionali di riferimento (Società Speleologica Italiana e Club Alpino Italiano). Per la propria natura istituzionale, il Club Alpino Italiano ha sempre espresso un interesse limitato nello studio delle cavità artificiali a livello nazionale, mentre singoli gruppi speleologici hanno effettuato ricerche di grande interesse. Fra essi spicca il contributo del G. S. C.A.I. Napoli. All'interno della Società Speleologica Italiana è invece da tempo attiva la Commissione Nazionale Cavità Artificiali, che pubblica la rivista Opera Ipogea ed organizza periodici Convegni Nazionali. All'atto pratico, l'attività sul campo è legata alla disponibilità ed all'entusiasmo, spesso discontinui, di singoli appassionati. Inoltre, tipicamente gli speleologi svolgono un'attività volontaristica nel tempo libero, e ciò contrasta con le esigenze degli Enti che hanno giurisdizione sulle cavità, attivi normalmente nei soli giorni feriali. Le organizzazioni speleologiche potrebbero quindi avere un ruolo importante nel mitigare le problematiche insite nell'attività speleologica. Purtroppo, il numero ridotto di ricercatori e la vastità degli ambiti di ricerca rendono assai difficile operare in modo organizzato, efficace e continuativo. D'altro canto, i numeri limitati consentono una notevole immediatezza di rapporti, a tutti i livelli.

Le nostre ricerche si sono svolte finora in modo anomalo rispetto alla tipica attività speleologica, in quanto strutturate su occasionali brevi campagne di durata settimanale invece che su frequenti uscite festive. Grazie ai rapporti pregressi di conoscenza, abbiamo cercato di comunicare le nostre attività ai singoli ed alle associazioni interessate. Riteniamo quindi che il livello di collaborazione sia buono, come testimoniato anche dalle proposte di partecipazione a convegni e pubblicazioni che ci provengono dai livelli nazionale e regionale. Abbiamo riscontrato maggiori difficoltà a livello operativo, a causa delle specificità dell'ambito speleologico. Non è

sempre stato agevole mediare fra le esigenze di indipendenza operativa richiesta dall'attività speleologica ed i vincoli legali, burocratici, temporali ed organizzativi degli Enti coinvolti. Ciò si è espresso in vari modi, dalla necessità di ottenere l'avallo dei responsabili della Soprintendenza prima della divulgazione di immagini o video, alla necessità di fornire, a volte in tempi molto brevi, i nominativi dei ricercatori coinvolti in attività da svolgersi in giornate lavorative. Siamo felici di aver condiviso le emozioni dell'esplorazione con alcuni membri della speleologia locale che si sono resi disponibili, ma siamo consci del fatto che tale condivisione avrebbe potuto essere ancora più efficace e diffusa.

Associazioni, società di profitto e privati

Il territorio flegreo è fortemente antropizzato ed è ricco di attività commerciali e di iniziative edilizie. Al contempo, si verificano diffuse problematiche ambientali e sociali. In questo contesto è importante stabilire e mantenere buoni rapporti con le entità che hanno interessi sul territorio, anche per ottenere una corretta valorizzazione dell'attività di ricerca speleologica.

Fra le numerose associazioni di difesa del territorio e di valorizzazione degli aspetti culturali spicca Legambiente, che organizza annualmente l'iniziativa "Puliamo il Mondo". In tale contesto, grazie alla collaborazione dei circoli Legambiente di Pozzuoli e di Bacoli, dell'associazione CSI Gaiola, della Guardia Costiera, della Guardia di Finanza e dei Comuni di Napoli, Pozzuoli e Bacoli, è stato possibile organizzare nel 2011 tre eventi a carattere speleologico in cavità artificiali flegree, di cui uno subacqueo ed uno costiero. L'iniziativa ha riscosso grande successo ed interesse, sia da parte dei residenti locali sia delle istituzioni. Purtroppo non è ancora stato possibile replicare l'evento a causa principalmente di difficoltà burocratiche ed organizzative. È però opportuno selezionare siti che consentano l'operatività piena delle varie componenti coinvolte, in modo da permettere una divulgazione condivisa ed efficace delle attività svolte. Ciò spesso contrasta con le situazioni ambientali tipiche dell'attività speleologica, caratterizzate da spazi ristretti e dall'impiego di risorse umane in numero limitato. È inoltre importante saper mediare fra una certa tendenza speleologica all'autoreferenzialità e l'esigenza di interagire in modo costruttivo con entità complesse.

In molti casi, i siti di interesse speleologico si aprono all'interno di strutture commerciali private. È perciò necessario ottenere l'autorizzazione ad accedere alle proprietà prima ancora di esplorare le cavità vere e proprie. Tipicamente è necessario fornire almeno uno scarico di responsabilità scritto se non garanzie tecniche più stringenti, anche in caso di attività non a scopo di lucro. Mentre un accesso indiscriminato ad aree anche apparentemente incustodite può compromettere definitivamente un rapporto di fiducia, il fatto di procedere in modo corretto e rispettoso, informando preliminarmente i responsabili e riportando i risultati delle ricerche, ci ha finora permesso di accedere ad ambiti di notevole rilevanza, in situazioni a volte problematiche, ma sempre in un clima di grande collaborazione e di fiducia. Fra le numerose realtà da noi contattate, citiamo con gratitudine le seguenti attività commerciali: Stufe di Nerone, Villa Espero, Tonga, Beach Brothers, Lo Scoglio, Nabilah. Analogamente, i singoli privati proprietari delle cavità o dei loro accessi hanno tipicamente concesso la possibilità di studiare gli ipogei di loro pertinenza. Fra i casi di maggiore rilevanza, citiamo il Sudatorio di Tritoli e la Grotta della Sibilla. Un caso particolare si verifica nei rapporti con società di ingegneria tecnica, che possono essere soggetti esecutori di progetti relativi alle grandi cavità napoletane e flegree. Esse quindi da un lato sono depositarie di importanti informazioni su tali cavità ma dall'altro possono essere interessate ad utilizzare le informazioni ricavate dalle indagini speleologiche. È quindi necessario instaurare rapporti corretti e costruttivi, per ottenere la migliore tutela e valorizzazione del lavoro volontaristico speleologico.

Conclusioni

La particolare complessità dei rapporti fra ricerca speleologica e le varie entità interessate nei Campi Flegrei è emblematica delle potenzialità di sviluppo e delle difficoltà da superare per stabilire una collaborazione il più proficua possibile. Il principale ostacolo è legato al livello di impegno e di professionalità richiesto, che spesso è malamente compatibile con la disponibilità volontaristica dei singoli. Un serio rapporto con le istituzioni richiede anche di affrontare il problema del rispetto delle prescrizioni per la sicurezza sul lavoro in ambienti confinati. Infine, non abbiamo ancora affrontato seriamente il tema della divulgazione mediatica delle attività di ricerca, che si presenta particolarmente complesso, sia per le difficoltà tecniche intrinseche, sia per la necessità di mediare fra i diversi obiettivi e linguaggi delle diverse istituzioni coinvolte.

Per quanto riguarda nello specifico il fondamentale rapporto con la Soprintendenza Archeologica, l'esperienza di questi anni induce ad evidenziare la necessità di una regolamentazione che possa consentire alle Soprintendenze – e alle altre Amministrazioni pubbliche - di dotarsi della collaborazione di speleologi nei progetti di opere pubbliche in cui si ravvisi tale esigenza, come avviene per l'Archeologia preventiva, ai sensi

del D.leg. 163/2006 artt. 95 e 96, che disciplina le opere pubbliche in materia di tutela e stabilisce che presso il Ministero per i Beni e le Attività culturali e per il Turismo è istituito un apposito elenco, accessibile a tutti gli interessati, dei soggetti in possesso della necessaria qualificazione, a cura degli istituti archeologici universitari. Sono quindi auspicabili le seguenti procedure:

- la realizzazione di eventi formativi destinati a qualificare speleologi esperti che intendono operare professionalmente nelle cavità artificiali;
- la redazione da parte delle associazioni nazionali di speleologia di un elenco nazionale degli speleologi muniti di adeguato titolo formativo, al quale le Soprintendenze di settore, le Amministrazioni Regionali e Locali e i soggetti privati facciano riferimento per dotarsi di consulenze speleologiche a progetto;
- protocolli di intesa tra le associazioni nazionali di speleologia e i Ministeri per i Beni e le Attività Culturali e dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare, per la programmazione in bilancio di campagne di ricognizione multidisciplinare da attuarsi con le Soprintendenze di settore.

Se si attuassero questi passaggi normativi sarebbe molto più efficace la conoscenza dei territori e dei luoghi a rischio e, conseguentemente, la prevenzione dei disastri che sempre più frequentemente accadono.

Bibliografia

- DAMIANO N., FERRARI G., LAMAGNA R., TEDESCO R., 2011. *Cisterne romane sotto il Castello di Baia*. Atti del II Convegno Regionale di Speleologia della Campania, Caselle in Pittari (SA), 3-6 giugno 2010, 38-49.
- FERRARI G., LAMAGNA R., 2013. *Il bimillenario dell'acquedotto augusteo di Serino*. In: CUCCHI F. & GUIDI P. (eds.), *Diffusione delle conoscenze*. Atti del XXI Congresso Nazionale di Speleologia, Trieste, 2-5 giugno 2011, Trieste: EUT Edizioni Università di Trieste: 387-398. URI: <http://hdl.handle.net/10077/9087>
- FERRARI G., LAMAGNA R., BENINI A., DONADIO C., 2011. *I beni culturali e paesaggistici costieri di Capo Posillipo (Napoli): dati preliminari*. Atti del III Simposio "Il monitoraggio costiero mediterraneo: problematiche e tecniche di misura". Livorno, 15-17 giugno 2010, 323-330.

LA BASILICATA: UNA REGIONE PICCOLA CON UN ENORME PATRIMONIO CARSIKO

ERWAN GUEGUEN^{1,2}, SIMONA CAFARO^{3,4}, MARIO PARISE^{2,5}

¹CNR, IMAA, Tito Scalo (PZ); erwan.gueguen@imaa.cnr.it

²Centro Altamurano Ricerche Speleologiche

³Dipartimento di Scienze, Università della Basilicata, Potenza; simona.cafaro@unibas.it

⁴Gruppo Speleo-Alpinistico Vallo di Diano

⁵CNR, Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, Bari; m.parise@ba.irpi.cnr.it

Riassunto

In questo lavoro si descrivono le principali aree carsiche e grotte presenti in Basilicata. Si sottolinea l'importanza scientifica delle cavità, messa in luce da svariati lavori effettuati negli ultimi dieci anni, ma anche la valenza culturale delle cavità rupestri che la Regione vanta. L'intento è quello di risvegliare l'interesse per questi luoghi, per certi versi ancora sconosciuti, e ripristinare delle spedizioni sistematiche per arricchire la conoscenza del territorio lucano in maniera da poter contribuire ad una miglior tutela e salvaguardia del patrimonio carsico.

Parole chiave: Basilicata, carsismo, grotte, georisorse, geositi.

Abstract

BASILICATA: A REGION WITH A HUGE SMALL SHAREHOLDERS KARST - In this paper we describe the main karst areas and caves of the Basilicata region. It emphasizes the scientific importance of the caves, highlighted by several works carried out over the past decade, but also the cultural value of the artificial cavities that this region offers. The aim of this paper is to raise interest for these sites, in some ways still unknown, and to promote systematic exploration to enrich the knowledge of this area, aimed at contributing to a better protection and safeguard of the regional karst heritage .

Key words: Basilicata, karst, heritage.

Introduzione

I fenomeni carsici noti in Italia meridionale sono per lo più localizzati in aree in cui affiorano le successioni carbonatiche mesozoiche, derivanti dei domini paleogeografici di piattaforme peri-mediterranee (Apula, Alburno-Cervati, Picentini, Matese, ecc.) (PESCATORE et al., 1999). Incastonata tra realtà geologiche distinte in maniera piuttosto netta, troviamo la Basilicata, considerata terra di mezzo, in cui è molto facile osservare paesaggi totalmente diversi a poca distanza. La Basilicata, pur non presentando una vasta estensione areale, possiede una varietà di fenomenologie carsiche e paracarsiche di alto valore, tale da suscitare negli ultimi dieci anni interesse da parte della comunità scientifica e divenire oggetto di interessanti lavori. Ciò nonostante, ancora oggi la conoscenza e l'esplorazione di questi ambienti sono prevalentemente limitate a poche realtà come la Grotta di Castel di Lepre, i Vucculi e l'area del Coccovello, a causa della scarsa presenza sul territorio di gruppi speleologici attivi, e della poca attenzione dedicata a questo territorio.

Le Aree carsiche della Basilicata

Per la varietà litologica presente in regione, il territorio lucano non presenta ovunque le caratteristiche litologiche adatte per l'instaurarsi del carsismo, inteso nella sua complessità di fenomeni, sia superficiali che profondi (Fig. 1). Le tipologie però sono varie: oltre a forme carsiche in senso stretto, derivanti dai processi morfogenetici che si esplicano su rocce principalmente evaporitiche e carbonatiche, ritroviamo anche quelle definite paracarsiche (VON KNEBEL, 1906; ANELLI, 1963), che hanno invece origine, sempre da fenomeni di dissoluzione, ma su rocce non esclusivamente carbonatiche. E' il caso ad esempio delle cavità analizzate nel territorio di Gorgoglione, in provincia di Matera, dove varie tipologie di grotte sono state oggetto di studio e rilievo in anni recenti (PARISE et al., 2010; CAMPANELLA et al., 2013).



Figura 1. Carta dei paesaggi geologici della Basilicata (da LAVECCHIA et al., 2003, mod.)

Figure 1. Geological landscapes map of Basilicata Region (modified after LAVECCHIA et al., 2003)

I primi significativi lavori divulgativi e scientifici sulle grotte della Basilicata furono di FRANCO OROFINO, che nel 1988 pubblicò un primo "Contributo per la costituzione di un catasto speleologico in Basilicata" raccogliendo i rilievi di diverse grotte presenti nel territorio lucano. Attualmente, in Basilicata risultano censite



Figura 2. Doline sul Monte Coccovello

Figure 2. Dolines at Mount Coccovello.

331 cavità naturali, oltre la metà delle quali sono ubicate nell'area di Monte Coccovello, nel Lagonegrese e lungo la Costa Marateota, mentre le altre sono variamente distribuite nella regione. Le aree carsiche in cui sono stati svolti lavori scientifici o nelle quali si sono riconosciuti degli aspetti peculiari vengono brevemente descritte di seguito.

Area Marateota: Monte Coccovello e Festole di Trecchina

Il Monte Coccovello (1.505 m s.l.m.) è la più alta cima dell'Appennino lucano lungo il versante tirrenico ed è considerato uno dei più rappresentativi del territorio italiano per la presenza di un carsismo superficiale caratterizzato da oltre 100 doline, e da fenomeni ipogei composti da inghiottitoi attivi e fossili, nonché da suggestive e particolari cavità (Fig. 2).

Un bell'esempio è il sistema dell'Inghiottitoio del Patricello–Grotta del Dragone, dove l'acqua che entra nell'inghiottitoio percorre velocemente l'intricato sistema carsico sotterraneo fino alla risorgenza della grotta

del Dragone ad Acqua fredda di Maratea, dove in breve tempo aumenta la portata. La singolarità dell'area del Monte Coccovello ha fatto sì che, da gennaio 2011, essa sia stata inserita fra le aree protette dal Progetto Rete Natura 2000 in quanto rappresenta un sistema “di notevole interesse naturalistico e carsico”.

A Trecchina, cittadina alle pendici del Monte Coccovello, in provincia di Potenza, tra Lagonegro e Maratea, si parla di *festole* per indicare le profonde fratture che si aprono a circa settecento metri dal centro abitato, sul versante SE che si affaccia sulla Valle del Noce. Festola grande e Festola piccola da sempre rappresentano un tabù per la popolazione locale: si narra di streghe, mostri e maledizioni per gli esploratori, frutto di quel sentimento di paura che da sempre il buio, l'oscuro e l'ignoto infondono nell'uomo. La prima esplorazione è stata effettuata il 21 gennaio del 1977. La grotta è stata poi riesplorata nel 2007 durante un campo organizzato da speleologi locali e pugliesi (PINTO et al., 2010). L'ingresso della cavità si presenta come una grossa fenditura nel terreno, larga tra 0,80 e 4,00 m e lunga circa 80 m. La cavità è una lunga fessura subverticale resa discontinua da numerosi blocchi franati. Gli speleotemi sono poco numerosi e rappresentati soltanto da piccole stalattiti e rare deposizioni di carbonato di calcio sulle pareti. Questa voragine si è impostata su sistemi di faglie quaternarie che hanno generato il Graben di Parruta ed allo stesso tempo aperto la soglia del lago pleistocenico della Valle del fiume Noce. La faglia su cui si è impostata la Festola grande si segue anche lungo la Festola piccola, localizzata a breve distanza. Da segnalare la notevole fratturazione della roccia lungo il piano di faglia, che la rende pericolosa per i continui distacchi dalle pareti (Fig. 3).



Figura 3. La grotta Festola Grande (foto G. PINTO).

Figure 3. Festola Grande cave (photos by G. PINTO).

Monti della Maddalena

I Monti della Maddalena costituiscono una dorsale montuosa allungata in direzione NW-SE, compresa fra il bacino del fiume Tanagro a W e quelli dei fiumi Agri e Pergola-Melandro ad E. Il limite settentrionale della struttura corrisponde alla valle del torrente Bianco, che la separa dal massiccio montuoso del Monte Marzano, mentre quello meridionale è rappresentato grossomodo dalla valle del fiume Calore e dal massiccio del Monte Sirino. Dal punto di vista idrogeologico, i Monti della Maddalena presentano importanti differenze rispetto ad altri massicci carbonatici dell'Italia centro-meridionale: un primo importante fattore condizionante la circolazione idrica sotterranea è rappresentato dagli estesi affioramenti di dolomie farinose, che si caratterizzano per una minore permeabilità relativa rispetto ai calcari di piattaforma e per una minore presenza di fenomeni carsici che, quando presenti, hanno sviluppi limitati. Altro aspetto importante è la diffusa presenza delle Unità Lagonegresi, che per la loro posizione strutturale, oltre che per le caratteristiche di permeabilità, creano spesso spartiacque sotterranei che condizionano i principali deflussi idrici in profondità (MENARDI NOGUERA & REA, 2000; LENTINI et al., 2002).

La Grotta di Monte Aquila, nel territorio di Tramutola (PZ), è ubicata a poche decine di metri dalla faglia omonima, ritenuta responsabile del grande terremoto del 1857 (M 7.0). All'interno della grotta è stata effettuata una campionatura di speleotemi fratturati per accrescere le conoscenze paleo-sismologiche nell'ambito del Progetto S2 Task2 UR 2.4 “Basilicata-Val d'Agri, terremoto M 7.0 del 1857”. Le misure documentano

spostamenti orizzontali e verticali da 3 cm fino a 10-20 cm lungo la direzione NNE-SSW (N15°-30°). Gli speleotemi più piccoli mostrano basculamento nelle direzioni da NNE a NE, in maniera compatibile con le conoscenze cinematiche sulla faglia di Monte Aquila (FERRANTI et al., 2007).

La grotta di Castel di Lepre è una delle cavità lucane più conosciute e frequentate da speleologi di varie regioni (BENTIVOGLIO & LEONCAVALLO, 1973; PASCALI et al., 1996). Attualmente è la più lunga della Basilicata (1845 m), ma anche la più profonda (146 m; MAROTTA, 1997). L'ingresso della grotta si trova in una piccola depressione, a 855 m s.l.m., nella omonima località ricadente nel comune di Marsico Nuovo (PZ). La cavità costituisce il collegamento sotterraneo tra due bacini idrografici diversi. Essa infatti raccoglie le acque del reticolo idrografico della piana di San Vito nella Valle del Melandro a W e le trasferisce nella risorgenza di Monaco Santino in Val d'Agri ad E. Il tratto iniziale della grotta è caratterizzato da un laminatoio di circa 40 - 60 cm di altezza e circa 200 m di lunghezza, sulle pareti laterali di questo passaggio è possibile notare i segni dei vari livelli di acqua, che nei periodi di piena, riempiono la grotta (Fig. 4). Inoltre molto affascinanti sono anche i depositi al suo interno, che testimoniano il riempimento elastico di un lungo tratto di grotta, successivamente quasi totalmente re inciso dall'azione delle acque.



Figura 4. Grotta di Castel di Lepre: a) Pozzo in prossimità dell'ingresso con alla base il laminatoio (foto G. PINTO); b) Laminatoio.

Figure 4. Castel di Lepre cave: a) shaft close to the entrance (photo by G. PINTO); b) low passage.

Area dei Vuculi (Basilicata settentrionale)

Il complesso carsico dei Vuculi è situato lungo il versante N di Monte Paratiello (Muro Lucano, PZ). Esplorato per la prima volta nel 1991, fu oggetto di altre tre spedizioni, grazie alle quali la lunghezza complessiva conosciuta del sistema carsico ha raggiunto 1800 m (STURLONI, 1995; GENTILE & MAURO, 2007), assumendo un ruolo importante tra le grotte della Basilicata. Nel resto del territorio del Marmo Platano, durante la spedizione italo-cubana "Marmo Platano 2007" (ABRAHAM ALONSO et al., 2008), sono state rinvenute ben 62 nuove cavità naturali, oltre a altre di natura antropica (MARANGELLA et al., 2008). Sebbene generalmente si tratti di grotte di dimensioni modeste, è stato in ogni caso un risultato che ha apportato un notevole contributo alla conoscenza del carsismo di questo territorio. Per la maggior parte, le cavità esplorate rientrano, in termini di lunghezza complessiva, al di sotto dei 20 m, ma circa una quindicina supera tale limite, sino ad arrivare a lunghezze superiori ai 100 m (PARISE et al., 2007). Gran parte delle grotte sono dislocate tra i territori di Muro Lucano, Castelgrande e Balvano. Alcune cavità sono a forte controllo tettonico, e presumibilmente si sono aperte a seguito del sisma del 23 novembre 1980, il cui epicentro fu individuato a pochi chilometri di distanza dalla zona esaminata. Esse sono caratterizzate da continui crolli e dalla presenza di abbondante materiale roccioso in precarie condizioni di stabilità.

Area Materana: Grotta dei pipistrelli e siti rupestri

La Grotta dei Pipistrelli, esplorata nel 1889 da DE GIORGI e poi da RIDOLA che ne studiarono la natura geologica e la rilevarono, è di grande interesse culturale e scientifico: la caratteristica principale della grotta risiede nell'importanza del suo strato archeologico e paleontologico studiato nel corso di diverse campagne di

scavi. I reperti scoperti sono esposti nel museo Ridola a Matera.



Figura 5. Grotta dei Pipistrelli (foto V. MARTIMUCCI).

Figure 5. Grotta dei Pipistrelli (photo by V. MARTIMUCCI).

Un'altra caratteristica delle grotte dell'area materana è l'importanza della fauna ipogea presente, ed in particolare dei chiroteri (BUX & MARTIMUCCI, 2006) tra i quali sono stati osservati il *Myotis emarginatus*, il *Vespertilio minore (Myotis Blythii)* e il *Vespertilio maggiore (Myotis Myotis)*.

La Basilicata conta innumerevoli cavità artificiali di diverse tipologie che potevano essere utilizzate come cantine o stalle, fungere da cisterne, o ancora utilizzate come catacombe. Il patrimonio più ricco ed importante riguarda i siti rupestri, nell'ambito dei quali numerose cavità di importanza culturale sono state restaurate e protette (LIONETTI et al., 2015). Alcuni esempi sono: la Cripta del Peccato Originale, nota anche con il nome di Grotta dei Cento Santi situata nella Gravina di Picciano, e le catacombe ebraiche di Venosa, scavate nel tufo, ed aperte al pubblico nel 2007.

Conclusioni

Ubicato tra le ricche realtà carsiche della Campania e della Puglia, il patrimonio carsico lucano è spesso dimenticato o sottovalutato. Esso, invece, si caratterizza per un elevato valore scientifico e culturale e contestualmente costituisce per la regione un'importante risorsa idrica sia in termini quantitativi che qualitativi, ma, per la sua stessa natura, risulta molto vulnerabile. E' quindi importante migliorare ancora la conoscenza e la tutela di questo patrimonio che può arricchire ancora l'offerta turistica regionale e garantire una risorsa idrica preziosa ma fragile.

Bibliografia

- ABRAHAM ALONSO A.N., ALDANA VILAS C., FARFAN GONZALEZ H., PARISE M., DE MARCO M., MARANGELLA A., MAURO G., MICCOLI A., TORRES MIRABAL L., TROCINO A., VALDES SUAREZ M., 2008. *Le porte del Marmo Platano*. Speleologia, n. 58, pp. 18-23.
- ANELLI F., 1963. *Fenomeni carsici, paracarsici e pseudocarsici*. Giornale di Geologia, vol.31, pp. 11-25. □
- BENTIVOGLIO A., LEONCAVALLO G., 1973. *La Grotta di Castel di Lepre – Marsico Nuovo (Potenza)*. Rass. Speleol. It., vol. 1-4, pp. 136-139.
- BUX M., MARTIMUCCI V., 2006. *Zoologi, speleologi e pipistrelli sulla Murgia*. Atti XI Raduno Regionale di Speleologia della Puglia, San Marco in Lamis, Spelaion 2006, pp. 119-127.
- CAMPANELLA G., PARISE M., RIZZI A., SAMMARCO M., TROCINO A., 2013, *Caves in sandstone deposits of the southern Italian Apennines*. In: FILIPPI M. & BOSAKP. (eds.), Proc. 16th Int. Congress of Speleology, Brno, vol. 3, pp. 320-325.

- FERRANTI L., MASCHIO L., BURRATO P., 2007, *Fieldtrip guide to active tectonics studies in the high Agri valley*. "In the 150th anniversary of the 16 December 1857, Mw 7.0 Earthquake" Meeting, Val d'Agri, 15-17 October 2007
- GENTILE G.C., MAURO G., 2007. *Il Monte Paratiello ed i suoi "Vucculi"*. In: DEL PRETE S., MAURANO F. (eds.), *Atti I Convegno Regionale di Speleologia "Campania speleologica"*, Oliveto Citra (Sa), 1-3 giugno 2007, pp. 171-177.
- LAVECCHIA G, SCHIATTARELLA M., TROPEANO M., 2003. *Paesaggi geologici e linee guida per l'individuazione dei geositi in Basilicata*. *Geologia dell'ambiente*, **1**, pp. 53-54.
- LENTINI F., CARBONE S., DI STEFANO A., GUARNIERI P., 2002. *Stratigraphical and structural constraint in the Lucanian Apennines (southern Italy): tools for reconstructing the geological evolution*. *J. Geodynamics*, vol. 34, pp. 141-158.
- LIONETTI G., BORNEO V., SANTARCANGELO S., PELOSI M., VIVA M., PARISE M., 2015. *The San Pellegrino rock-hewn complex at Matera: a magnificent example of the rupestrian culture in southern Italy*. *Proc. Int. Congress in Artificial Cavities "Hypogea 2015"*, Rome, March 11-17, 2015, ISBN 978-88-89731-79-6, p. 41-52.
- MARANGELLA A., INDELLI G., MASTRANGELO M., MICCOLI A., PARISE M., VALDES SUAREZ M., 2008. *La condotta forzata della diga sul Torrente S. Pietro (Muro Lucano, Basilicata)*. *Atti del XX Congresso Nazionale di Speleologia, Iglesias, 27-30 aprile 2007*, *Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia*, s. II, vol. 21, pp. 478-483.
- MAROTTA C., 1997. *Grotte ed aree carsiche della Basilicata*. *I Quaderni di Basilicata Regione*, Consiglio Regionale di Basilicata, 1-159.
- MENARDI NOGUERA A., REA G., 2000. *Deep structure of the Campanian-Lucanian Arc (Southern Apennine, Italy)*. *Tectonophysics*, vol. 324, pp. 239-265.
- OROFINO F., 1988. *Contributo per la costituzione di un catasto speleologico in Basilicata*. *Itinerari Speleologici*, suppl., 3, 40 pp.
- PARISE M., RIZZI A., SAMMARCO M., TROCINO A., CAMPANELLA G., 2010, *Fenomeni paracarsici nei dintorni di Gorgoglione (provincia di Matera, Basilicata)*. *Atti XII Incontro Reg. Speleol. "Spelaion 07"*, Altamura, pp. 211-220.
- PARISE M., FERRARA G., FUCCIO M., GENTILE C.G., GRASSI D., SANNICOLA G., TROCINO A., TORRES MIRABAL L., VALDES SUAREZ M. V. 2007. *"Marmo Platano 2007", la prima spedizione speleologica italo-cubana in Italia*. *Atti del XII Incontro Regionale di Speleologia "Spelaion 07"*, Altamura, pp.231-240.
- PASCALI E., LO MASTRO F., INGUSCIO S., 1996. *La Grotta di Castel di Lepre*. *Speleologia*, n. 35, pp. 25-32.
- PESCATORE T., RENDA P., SCHIATTARELLA M., TRAMUTOLI M., 1999. *Stratigraphic and structural relationships between Meso-Cenozoic Lagonegro Basin and coeval carbonate platforms in southern Apennines, Italy*. *Tectonophysics*, vol. 315, pp. 269-286.
- PINTO G., RODI M., SPORTELLI D., GUEGUEN E., MAROTTA C., 2010. *Le Festole di Trecchina (PZ)*. *Atti dell'12° Raduno Regionale di Speleologia della Puglia, Spelaion 2007*, pp. 161-165.
- STURLONI S., 1995. *La grotta "I Vucculi" a Muro Lucano*. *Speleologia*, anno XVI, vol. 32, pp. 73-81.
- VON KNEBEL W., 1906. *Höhlekundemitberücksichtigung der karst phänomene*. Braunschweig, F. Vieweg und Sohn, 222 pp.
- http://catastogrotte.speleo.it/search1/doc/2010_poster_regione_basilicata.pdf

L'AREA CARSIKA E MINERARIA DEL VALLINLUNGO, SAN VINCENZO, LIVORNO: UN PROGETTO INTEGRATO PER LA TUTELA E LO SVILUPPO.

GIOVANNA CASCONI¹

¹Gruppo Speleologico Archeologico Livornese c/o Museo di Storia Naturale del Mediterraneo, Via Roma 234, Livorno; giannacascone@tiscali.it

Riassunto

Il calcare metallifero affiorante nell'area sudorientale della provincia di Livorno ospita un consistente patrimonio sotterraneo caratterizzato dalla compresenza di vuoti di origine carsica e di origine mineraria, documentati da più di 30 anni di attività del Gruppo Speleologico Archeologico Livornese.

Gli sviluppi ipogei delle miniere di età preindustriale altro non sono che il calco negativo tridimensionale del giacimento minerario, quasi sempre arricchito dalla contiguità di ambienti di origine carsica spesso non affioranti in superficie: questo aspetto ha attratto inevitabilmente i ricercatori di diversi settori, dai geologi agli storici agli archeologi. Storicamente infatti quest'area è stata sfruttata sin dal periodo protostorico per le risorse minerarie e lapidee presenti; ad oggi, chiuse le ultime miniere alla fine degli anni '70 del secolo scorso, è l'attività di estrazione del lapideo che sta incisivamente caratterizzando e modificando il paesaggio carsico e minerario.

I primi risultati delle ricerche interdisciplinari, condotte dal nostro Gruppo Grotte in collaborazione con l'Università di Siena, hanno portato nel 1996 alla costituzione del Parco Archeominerario di San Silvestro che ha tra i propri scopi quello di gestire e valorizzare il patrimonio minerario; attualmente gli strumenti didattici e divulgativi utilizzati da questo Parco non prevedono a pieno titolo le attività speleologiche, principalmente a causa delle difficoltà legate sia all'ubicazione sia alla morfologia di questi ipogei.

Per questo la riflessione e la progettualità del nostro Gruppo riguardo questo argomento si sta facendo sempre più stringente anche in relazione alle continue nuove scoperte di siti minerari limitrofi all'area del Parco, come quello ubicato in località Vallinlungo ed oggetto del presente intervento, il cui patrimonio culturale deve convivere con l'incombente avanzamento delle attività estrattive di superficie.

Parole chiave: paesaggio carsico e minerario, archeologia mineraria, miniere di età preindustriale, attività estrattiva, patrimonio culturale

Abstract

THE VALLINLUNGO KARST AND MINING AREA (SAN VINCENZO, LIVORNO): AN INTEGRATED PROJECT FOR SAFEGUARD AND DEVELOPMENT - *The metalliferous limestone of the Tuscan Domain crops out in the southeastern territory of Livorno province. Since thirty years the Gruppo Speleologico Archeologico Livornese explored and documented a lot of important natural caves and preindustrial mines in this area. Karst phenomena exploration sometimes allowed the discovery of deep ore bodies excavated by preindustrial mining activity; at the same time ancient mine explorations allowed to find natural caves. Therefore an interdisciplinary speleological, mining archaeological and geological survey has been developed in this area. In fact this area is also a very important mining district where it is possible to recognize historical periods of intensive mining, from the 7th Century BC to the 20th Century AD. Actually all the mine shafts have been closed and only active quarries are present. These are today's main cause of modification of the karst and mining landscape. In 1996, thanks to our speleological studies and archeological surveys supported by the Siena University, a portion of this area is today preserved by way of the creation of the Archeological Mines Park of San Silvestro, a theme park who tries to identify suitable strategies to enhance the local cultural heritage. In the neighborhood of this Park there is the Vallinlungo area, that presents a lot of speleological emergencies but is endangered by emerging quarry activities. The purpose of the present project is to develop some measures to reduce the human impact on karst and to increase the value of this cultural asset in collaboration with the local institutions and the private productive activities working here.*

Key words: Karst and mining landscape, mining archaeological survey, preindustrial mines, quarry activities, cultural heritage.

Introduzione

Il Gruppo Speleologico Archeologico Livornese ha iniziato lo studio dell'area del *Vallinlungo* nel corso degli anni '90 del secolo scorso (CASCONI, 1993; CASCONI & CASINI, 1997b ; CASCONI & CASINI, 2001) quando questa vallata si presentava tra le più incontaminate di questo comprensorio carsico e minerario.

In quegli anni furono scoperti gli ingressi che hanno poi condotto agli sviluppi sotterranei più complessi ed importanti, ingressi che furono ipotizzati esistere, ancor prima di essere rinvenuti, in base all'osservazione in panoramica dei versanti, ricoperti da estese discariche minerarie legate alle antiche lavorazioni, e che oggi si presentano più o meno diffusamente ricolonizzate dalla vegetazione. La ricerca e lo studio sistematico di quest'area, dopo un lungo periodo di stasi, è stata poi ripresa con vigore nel corso del 2014, compiendo sia uno studio sistematico degli ipogei precedentemente individuati, sia rinvenendo nuovi accessi.

Nel frattempo la storica cava di San Carlo Solvay è stata autorizzata ad ampliare la propria area di escavazione inerpicandosi proprio in direzione del *Vallinlungo* con l'immediato risultato che sia la strada di arroccamento sia i primi fronti realizzati si stanno avvicinando pericolosamente agli ingressi insidiando l'articolato paesaggio superficiale e sotterraneo di quest'area.

La marcata sensazione di essere progressivamente inseguiti e raggiunti da un fronte di cava e l'oggettiva constatazione che ad ogni uscita il paesaggio fosse inesorabilmente mutato ci ha fatto riflettere sull'importanza che avrebbe assunto, in una situazione del genere, la capacità di documentare e di condividere i dati con tutti i soggetti che in quest'area detengono un interesse, sia esso di tipo economico, culturale, scientifico, istituzionale, turistico o di salvaguardia e di tutela. Siamo infatti convinti che solo il superamento delle logiche di sterile contrapposizione possa dar luogo ad un sistema integrato per la tutela, la fruizione ed al contempo per lo sviluppo di questo territorio, nel rispetto sia delle legittime attività imprenditoriali presenti, sia delle radici sociali e culturali delle comunità locali.

Inquadramento geografico e geologico

L'area in studio appartiene ai rilievi collinari dei Monti di Campiglia Marittima che ricadono amministrativamente nei Comuni di Campiglia M.ma, Castagneto Carducci, Sassetta, Suvereto e San Vincenzo, con quote massime che culminano nei 630 m del Monte Calvi (Fig. 1). Si tratta di un affioramento prevalentemente carbonatico ove affiorano i terreni del dominio toscano che dal calcare massiccio alla scaglia ospitano il fenomeno carsico (CASCONI, 1993); inoltre, all'interno del calcare massiccio, in concomitanza alla presenza di *skarn* e delle mineralizzazioni associate a Pb-Fe-Cu-Zn , si trovano sia le cavità carsiche sia gli ipogei minerari antichi. Infatti la compresenza di queste litologie a diversa permeabilità ha consentito lo svilupparsi di cavità carsiche spesso non affioranti in superficie ma rinvenibili nel sottosuolo esplorando le antiche miniere (CASCONI, 1991).



Figura 1. Il cuore dell'area carsica e mineraria nel Parco archeominerario di S. Silvestro (Foto G. CASCONI)

Figure 1. The core of the karst and mining area, in the Archeological Mine Park of San Silvestro (Photo G. CASCONI).

Proprio in corrispondenza del versante destro dell'impluvio che dal crinale di Monte Calvi confluisce nella Valle delle Rozze, nel Comune di San Vincenzo, in località *Vallinlungo* (Fig. 2) si apre, nell'arco di 0,5 kmq e compreso tra le quote di 270 m e 540 m slm, un importante sistema carsico e minerario preindustriale consistente in 7 ingressi riconducibili a 5 grotte-miniera che si ubicano in prossimità di affioramenti di *skarn* (Fig. 3), approfondendosi sino a -90 m, talora intercettando vuoti carsici, e con sviluppi che giungono sino a 500 m (CASCONI & TINAGLI, 2014).



Figura 2. Area in studio, Vallinlungo.

Figure 2. Survey area, Vallinlungo.

Metodi

L'obiettivo descritto, ad onore del vero molto ambizioso, non può prescindere dalla necessaria fase di sensibilizzazione a tutti i livelli coinvolgendo sia la popolazione in età scolare sia quella adulta, sino alle associazioni culturali e ricreative presenti sul territorio.

Al tempo stesso dovrà essere realizzato un processo di informazione-formazione nei riguardi sia degli amministratori locali sia dei gestori delle aree protette; in questo senso la convenzione stipulata tra il nostro Gruppo grotte e la Parchi Val di Cornia Spa, specifico per la ricerca, la documentazione e la divulgazione degli aspetti speleologici all'interno del Parco Archeominerario di San Silvestro, potrebbe essere esportata, adeguandola, alle altre istituzioni locali.

La pianificazione territoriale di queste aree sarà quindi in grado di tener conto di quanto da noi censito, documentato ed inserito nei data base regionali con una visione più consapevole rispetto al semplice disporre di cartografie "puntinate" cui le Amministrazioni raramente sanno attribuire il reale valore. Nel caso specifico di cavità di spiccato interesse storico ed archeologico, ai fini della loro salvaguardia, oltre all'accatastamento dei dati, è necessario ricorrere alla richiesta d'iscrizione ai siti vincolati da parte del Ministero dei Beni Culturali come è già accaduto per il sito estrattivo della *Buca del Biserno* (CASCONI & CASINI, 2010), anch'esso ubicato all'interno del Comune di San Vincenzo, che è stato oggetto nel 1997 di una dettagliata Relazione inoltrata dal nostro Gruppo, congiuntamente alla Parchi Val di Cornia Spa ed all'Università di Siena, alla Soprintendenza Archeologica della Toscana (CASCONI & CASINI, 1997a). Importante anche l'interesse del mondo della ricerca: nel corso degli ultimi anni il nostro Gruppo ha infatti cercato ed ottenuto il coinvolgimento del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa per l'assegnazione di due tesi da realizzarsi in queste aree. Infine, ma non ultimo per importanza, indispensabile ed ineludibile il rapporto con le attività produttive presenti, coinvolgendo anch'esse nella consapevolezza di quanto esse possano interferire ed impattare sul patrimonio culturale esistente così da individuare eventuali soluzioni atte a mitigare danni irreversibili. Per un progetto culturale a tutto campo sarebbe interessante la loro implicazione in progetti di divulgazione circa la stessa progettazione della coltivazione del lapideo, dalle fasi di ricerca a quelle di escavo sino ai cicli produttivi ad essa legati.

Come avvio di questo percorso di vicendevole coinvolgimento tra i vari attori presenti in quest'area, il nostro Gruppo sta realizzando un video documentario che renda manifesta l'importanza di quest'area per tutti i soggetti che su questo territorio svolgono un ruolo attivo.



Figura 3. Pozzo d'ingresso al contatto tra marmo e skarn.

Figure 3. Entrance along a vertical shaft: visible the geologic contact between white marble and dark skarn.

Strumenti

Gli strumenti per condurre questa campagna di sensibilizzazione sono quelli usuali delle conferenze, delle mostre fotografiche, della formazione speleologica nei riguardi delle guide del Parco, delle giornate di speleologia presso le scuole di ogni ordine e grado, dei percorsi di superficie che raccordino i siti di estrazione mineraria a quelli ove si ipotizza avvenissero le lavorazioni metallurgiche, sino ai resti degli insediamenti (CASCONI & CASINI, 2009).

Riguardo i percorsi di superficie ciò comporta la realizzazione di un'articolata rete sentieristica ad oggi pressoché inesistente in quest'area e per le quali le amministrazioni locali dovranno impegnarsi in un'ottica comune di valorizzazione e di sviluppo del proprio territorio.

Riguardo invece le visite guidate all'interno dei siti ipogei rappresentativi dobbiamo ovviamente distinguere tra il grande pubblico e visitatori di nicchia, ma in entrambi i casi le difficoltà riguardano essenzialmente tre aspetti: il primo è relativo alla morfologia quasi esclusivamente verticale (Figg. 4 e 5) di queste miniere che si sviluppano secondo un susseguirsi di pozzi di ricerca e di estrazione di lunghezza compresa tra i 5-10 ed i 40 metri, tra loro raccordati da brevi gallerie di ricerca (CASCONI & CASINI, 1997b) il secondo è la tutela di questi ambienti, in particolare dal punto di vista archeologico; il terzo, strettamente legato ai primi due, è quello legato alla garanzia dell'incolumità del visitatore durante la progressione, poiché interventi di messa in sicurezza secondo le vigenti normative snaturerebbero la reale configurazione della miniera privando il visitatore della reale suggestione che accompagna la visita di questi luoghi. Pertanto, per il grande pubblico, la soluzione per riuscire a compiere visite in un ambiente che rispecchi quello reale senza doverlo compromettere, proverrà dall'utilizzo delle nuove tecniche di rilievo e restituzione tridimensionale delle cavità, ricorrendo pertanto a

visite virtuali con percorsi speleologici all'interno delle miniere ritenute più significative: la visita guidata consentirà la comprensione del giacimento minerario, dei metodi e delle tecniche di coltivazione ed di abbattimento utilizzati ed dell'organizzazione del lavoro minerario nel suo insieme, senza dover ricorrere a modifiche della reale morfologia della miniera. In questo modo i ricercatori e gli studiosi di settore potranno sempre disporre dei siti originari di estrazione nel rispetto di tutte le emergenze presenti.

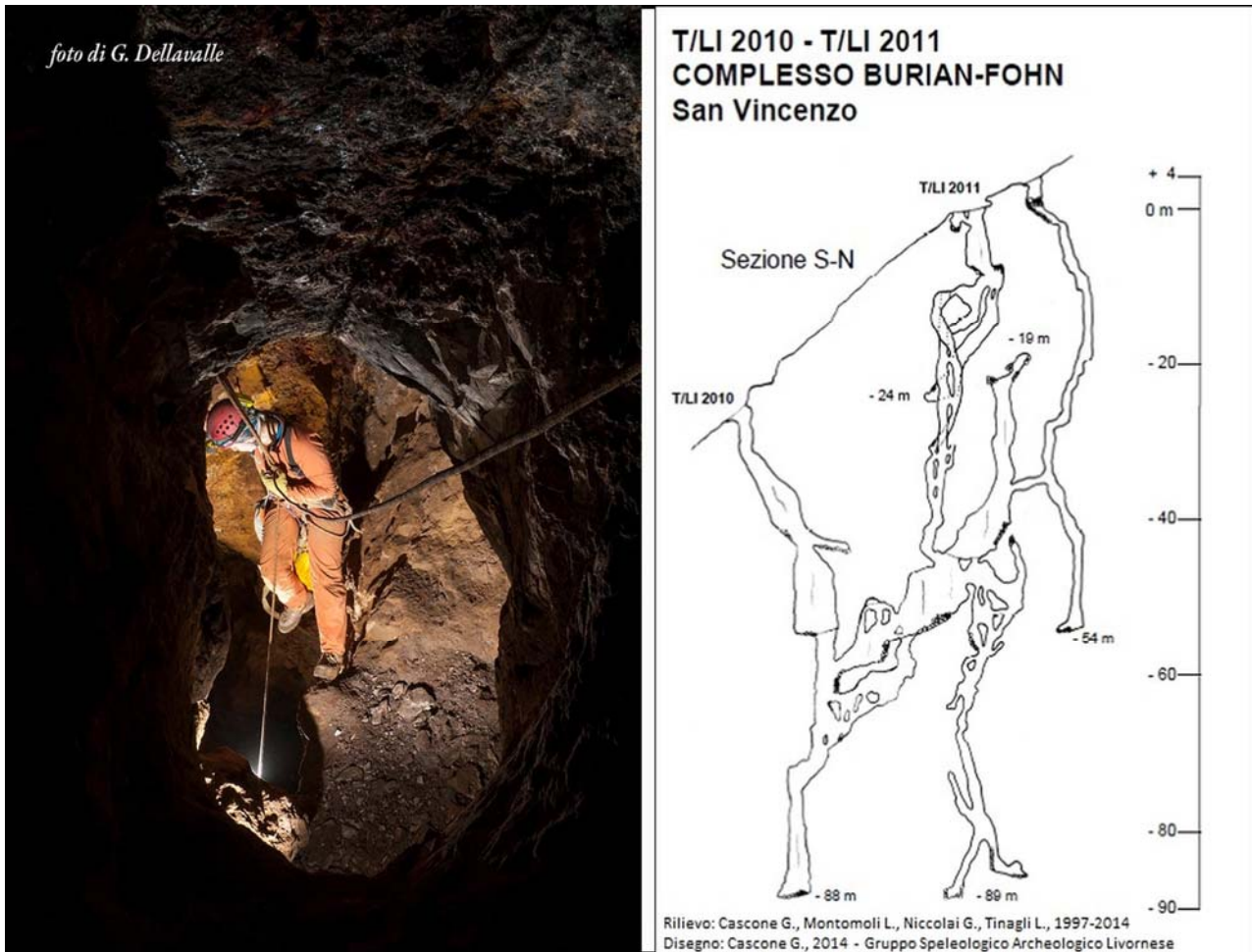


Figura 4. Pozzo di coltivazione all'interno dello skarn.

Figure 4. Vertical shaft excavated in the skarn

Figura 5. Sezione topografica del complesso Burian-Fohn.

Figure 5. Topographic profile of the Burian-Fohn mine system

Conclusioni

Chi è a conoscenza di un bene pubblico ha il dovere di segnalarlo. E' quanto ci siamo ripetuti in continuazione tutti noi soci del GSAL in questo anno di ricerche sistematiche effettuate su un territorio affascinante che ci è apparso invece dimenticato da tutti e per questo destinato a "scompare" o essere "mutilato nella sua essenza" nell'ambito di una pianificazione territoriale poco accorta.

L'altro aspetto su cui abbiamo molto riflettuto è come sia stato possibile che una piccola comunità locale appartenente ad un'areale che per secoli ha basato il proprio assetto socio-economico sull'estrazione della risorsa mineraria dal sottosuolo abbia potuto far questa *tabula rasa* delle proprie radici.

Da queste riflessioni è maturata la nostra decisione di impegnarsi per giungere alla più ampia divulgazione della documentazione da noi redatta, ma non solo tra gli esperti di settore, bensì a tutto campo per una necessaria riattribuzione del proprio "valore" a questa particolare zona.

Il video documentario che stiamo realizzando costituirà proprio il primo concreto passo per il coinvolgimento di tutti i soggetti che a diverso titolo gravitano su quest'area, e creare le premesse per una progettualità condivisa per lo sviluppo di questo areale, facendo assumere così alla speleologia un inaspettato ruolo di collante culturale.

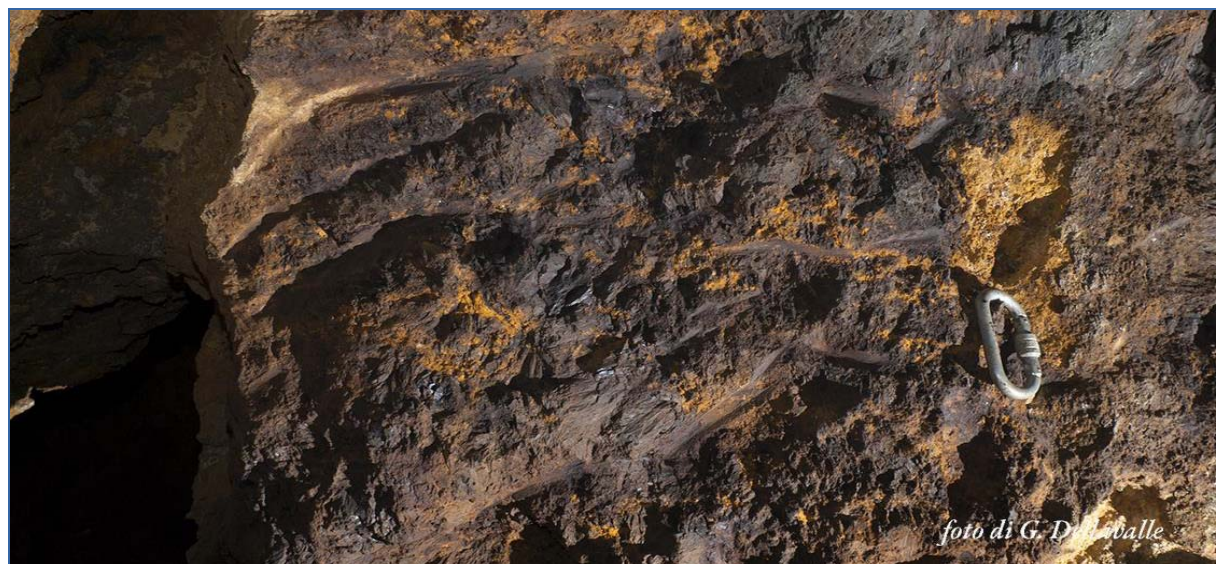


Figura 6. Tracce di scalpelli e punteruoli per l'abbattimento del minerale

Figure 6. Marks left by digging in the altered skarn

Ringraziamenti

Si ringraziano tutti i soci del GSAL, il Museo di Storia Naturale del Mediterraneo di Livorno ed il Direttore dei lavori e le maestranze della cava San Carlo Solvay.

Bibliografia

- CASCONE G., 1991. *Ricerche speleologiche nei Monti di Campiglia M.ma (Livorno): peculiarità e problematiche di quest'area carsica*. Atti 6° Congresso della Federazione Speleologica Toscana, Stazzema (LU), 97-137.
- CASCONE G., 1993. *La zona speleologica del Massiccio del Monte Calvi. Primo contributo alla sua conoscenza*, in Mazzanti R. (ed) *La scienza della terra nell'area della Provincia di Livorno a sud del fiume Cecina*. Quad. Mus. Stor. Nat. di Livorno, **13** (2), 183-212.
- CASCONE G., CASINI A., 1997a. *La Buca del Biserno*. Relaz. Inedita, inviata a Soprintend. Archeol. della Toscana.
- CASCONE G., CASINI A., 1997b. *Le miniere antiche dei M.ti di Campiglia M.ma (Campiglia M.ma, LI)*. Atti del IV Convegno Nazionale sulle Cavità Artificiali, Osoppo (UD), Trieste, 29-50.
- CASCONE G., CASINI A., 2001. *Un contributo alla definizione della metodologia di studio e di rilevamento delle attività minerarie d'età pre-industriale: il caso di Campiglia Marittima (LI)*. Atti del VII Congresso della Federazione Speleologica Toscana, Gavorrano 31 marzo-1 aprile 2001, 111-138.
- CASCONE G., CASINI A., 2009. *Grotte e miniere dell'area sud orientale della provincia di Livorno: progetti di ricerca e valorizzazione del sottosuolo*. Giornata di studio presso il Parco Archeologico Minerario di San Silvestro, Campiglia M.ma (LI), 20 marzo 2009.
- CASCONE G., CASINI A., 2010. *The karst area and the preindustrial mines of the Campiglia Marittima ridge (LI)*. 85° Congresso Società Geologica Italiana, Pisa, 6-8/09/2010, sessione poster.
- CASCONE G., TINAGLI L., 2014. *Il sistema minerario della Valle in lungo, San Vincenzo, Livorno*. VIII Congresso della Federazione Speleologica Toscana "ToscanaIpogea", Parco Archeominerario di San Silvestro, Campiglia M.ma, 27-28 settembre 2014, sessione poster.
- CASINI A., 1993. *Archeologia di un territorio minerario: i Monti di Campiglia*. In: MAZZANTI R. (ed.) *La scienza della terra nell'area della Provincia di Livorno a sud del fiume Cecina*. Quad. Mus. Stor. Nat. Livorno, **13** (2), 303-313.
- CASINI A., FRANCOVICH R., 1992. *Problemi di archeologia medievale nella Toscana meridionale: il caso di Rocca San Silvestro (LI)*. *Les Techniques minières de l'Antiquité au XVIII Siècle*. Editions du CTHS, Paris, 249-265.

LE FORME DEL PAESAGGIO RACCONTANO: LA CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA IN AMBIENTE CARSIKO

MARIO PARISE¹, MARIANGELA PEPE²

¹CNR, Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, via Amendola 122-I, Bari; m.parise@ba.irpi.cnr.it

²Autorità di Bacino della Puglia, Valenzano (Bari); mari.pepe81@gmail.com

Riassunto

Il paesaggio che osserviamo sulla superficie terrestre deriva da una serie di processi e fenomeni che ne hanno determinato la genesi e la successiva evoluzione, sino a creare le morfologie attualmente visibili. Negli ultimi secoli, con un ritmo via via crescente nei decenni a noi più vicini, l'uomo è divenuto egli stesso un agente modellatore del paesaggio, spesso modificandolo anche in maniera sostanziale. Cartografare le forme del paesaggio significa riportare su carte, a scala adeguata alle morfologie esistenti, gli elementi caratterizzanti il paesaggio stesso, e "descriverlo" mediante opportuni simboli anche ai non esperti. Si tratta di documenti di estrema importanza, che però talora risultano eccessivamente complessi, e poco si prestano a illustrare a non tecnici il paesaggio.

Alcuni esempi di cartografia geomorfologica in aree carsiche dell'Italia meridionale sono utilizzati in questo lavoro per discutere, da un lato, la maggiore o minore complessità delle carte geomorfologiche e, dall'altro, i loro potenziali utilizzi ai fini scientifici, didattici, divulgativi e di conoscenza del territorio.

Parole chiave: carsismo, geomorfologia, cartografia, simboli.

Abstract

THE FORMS OF THE LANDSCAPE TELL A STORY: GEOMORPHOLOGICAL MAPPING IN KARST - *The landscapes that we observe on the Earth's surface derive from a number of processes and phenomena that caused their formation and the later evolution, until creating the morphologies nowadays visible. In the last centuries, with an increasing pace in the recent decades, man has become himself an agent modelling the landscape, and often modifies it, even substantially. Mapping the forms of the landscape means to represent on maps, at proper scales in function of the size of the morphologies, the elements that characterize the landscape itself, and "to describe" it by means of symbols to make it understandable also to non experts. Maps are therefore documents of great importance, that, however, sometimes are too complex, thus not reaching the goal to illustrate the landscape to non technicians.*

Some examples of geomorphological mapping in karst areas of southern Italy are used in this work to discuss, on one hand, the complexity of geomorphological maps, and, on the other, their potential use for scientific, didactic, divulgative aims, and for increasing the knowledge of the territory.

Key words: karst, geomorphology, mapping, symbols.

Il paesaggio carsico

Il paesaggio carsico si differenzia dagli altri ambienti epigei della superficie terrestre per una serie di motivi, i principali dei quali sono costituiti dalla presenza di cavità naturali, dalla scarsità o assenza di acque superficiali, e dalla difficoltà nell'individuare, e quindi nel tracciare, i limiti dei bacini idrografici, a causa della non corrispondenza in ambiente carsico tra spartiacque superficiali e sotterranei (GUNN, 2007; PALMER, 2010; PARISE, 2014). Le peculiarità idrogeologiche che caratterizzano il carso si riflettono in superficie con la presenza di morfologie tipiche, spesso mascherate o di non immediato riconoscimento, ma che ad un'attenta analisi evidenziano i punti o le zone di potenziale (per quanto limitato) deflusso superficiale e di assorbimento. Mai come in ambiente carsico, la stretta connessione idraulica ed idrogeologica esistente tra suolo e sottosuolo può essere fortemente modificata a causa di interventi antropici che determinano cambiamenti nel paesaggio.

L'identificazione di forme del paesaggio carsico risulta abbastanza evidente in ambienti carsici di montagna, o in aree di carso tropicale, dove le morfologie sono talmente nette che risulta veramente difficile non apprezzarle. Discorso leggermente diverso si ha in ambienti carsici a topografia poco accentuata (ad es., in generale sulle evaporiti, o in zone sub-pianeggianti): in questo caso l'individuazione delle varie forme non è immediata, e la redazione di una cartografia morfologica specifica risulta quindi ancora di maggiore importanza.

In questo contributo si descrivono brevemente alcuni esempi di cartografia geomorfologica carsica in Puglia, cercando di evidenziare i principali elementi del paesaggio di interesse carsico-speleologico, ma anche geomorfologico-applicativo, in quanto potenziali siti interessati da flusso idrico e che potrebbero essere all'origine di eventi di piena e allagamenti a seguito di intensi eventi meteorici, o essere interessati da fenomeni di sprofondamento (PARISE, 2012; GUTIERREZ et al., 2014). Gli esempi riguardano due aree campione del territorio pugliese, la prima ubicata nelle Murge, e la seconda nel Salento.

Esempi di cartografia geomorfologica carsica

Metodologia

I caratteri salienti delle forme carsiche epigee presenti nelle aree di studio sono stati esaminati a partire dall'analisi in visione stereoscopica (utilizzando uno stereoscopio Wild APT2) di fotografie aeree multi-temporali (dagli anni '50 ai giorni nostri), integrata dall'analisi delle ortofoto disponibili, e tarata sul campo mediante rilievi diretti in situ. L'analisi dei fotogrammi più antichi, risalenti al 1954-55, ha consentito di analizzare le aree di studio prima delle intense fasi di urbanizzazione che hanno caratterizzato gli scorsi decenni; quindi, l'analisi delle foto recenti ha consentito di definire meglio le forme precedentemente individuate, oltre a verificarne l'attuale presenza o, eventualmente, la loro cancellazione dal paesaggio a causa di interventi antropici. Le legende utilizzate sono state redatte tenendo conto delle principali indicazioni in materia di geomorfologia carsica derivanti dalla più recente letteratura internazionale, al fine di evidenziare al meglio i principali caratteri del paesaggio carsico. Particolare attenzione è stata rivolta alle doline, distinte in base alla loro maggiore o minore evidenza morfologica, la quale è spesso conseguenza diretta dei processi che hanno condotto alla formazione della dolina stessa.

Caso di studio n. 1: Ruvo di Puglia (Alte Murge)

I caratteri del carsismo nel settore dell'Alta Murgia sono stati esaminati da Sauro (1991), che effettuò un'analisi morfometrica sulle depressioni carsiche, evidenziandone alcune peculiarità, quali le modeste profondità e gli ampi diametri, le geometrie poligonali, e la disposizione a nido d'ape. Queste depressioni sono state interpretate (Sauro, 1991) come forme di carso a cockpit (carsismo poligonale), ereditate dal tardo Terziario, differenti dalle doline di crollo, meno frequenti in zona ed associate ad erosione accelerata dall'intrusione di acque salmastre, durante le fasi trasgressive del Pleistocene inferiore (Castiglioni & Sauro, 2000). Nella zona centrale dell'Alta Murgia, dove prevale il carso di tipo poligonale, il reticolo idrografico è caratterizzato da corsi d'acqua effimeri (lame, termine tipico del territorio pugliese, con cui si designano valli di origine carsica, caratterizzate da scarso dislivello con i versanti limitrofi, ai quali si raccordano gradualmente; per l'etimologia del termine si veda Parise et al., 2003), ampi e con fondo piatto, che alimentano i bacini endoreici (Parise, 2011). Nei settori marginali dell'altopiano, l'aumento delle pendenze conferisce alle lame i caratteri di corsi d'acqua incisi e meandriformi, come quelli che caratterizzano i puli di Ruvo, sul versante NE dell'Alta Murgia.

La rete carsica superficiale della zona dei puli di Ruvo è caratterizzata dalla compresenza di valli fluvio-carsiche e di doline (Fig. 1). Le prime si articolano in una fitta rete di solchi e lame, con vario andamento, che confluiscono in aste principali, tra le quali Lama Reale, Lama D'Ape, Lama Ferratella, il pulo di Modesti e quello della Cavallerizza. Queste aste principali, a tratti strette, incise e meandriformi, presentano andamenti prevalentemente SW-NE e S-N, alimentando il sistema di drenaggio superficiale dall'altopiano murgiano verso l'Adriatico. Un brusco cambio di direzione (E-W) caratterizza i settori più a monte, in località Modesti e Jazzo Rosso. Nonostante il regime di questa rete idrografica sia sostanzialmente effimero, non mancano i segni dell'azione erosiva dell'acqua incanalata in occasione degli eventi piovosi, che arriva talvolta ad incidere il substrato calcareo alla base dei depositi colluviali.

A questa rete idrografica principale, diretta verso la costa, si somma un sistema di drenaggio endoreico, caratterizzato da solchi poco profondi che non superano il 3° ordine gerarchico, e che alimentano bacini di poche centinaia di metri quadrati. Un esempio è dato dal bacino della Grave della Ferratella (Pu 444, la principale cavità carsica in area, purtroppo obliterata dagli anni '80 a causa di lavori antropici nel terreno).

Per quanto riguarda le doline, esse presentano forme molto irregolari, con diametri generalmente dell'ordine di poche centinaia di metri ed assi maggiori variamente orientati. Sebbene si tratti in prevalenza di doline da dissoluzione, non mancano casi di doline da crollo, come quella che accoglie la Grave della Cavallerizza.

La relazione tra doline e lame presenta però anche delle ambiguità: talvolta doline adiacenti sono messe in comunicazione da solchi; in altri casi si osservano doline su fondo lama, o "catturate" a monte delle lame, o separate da queste attraverso blande selle morfologiche. Questi elementi suggeriscono una sovrapposizione di diverse fasi carsiche nell'area, che merita ulteriori approfondimenti.

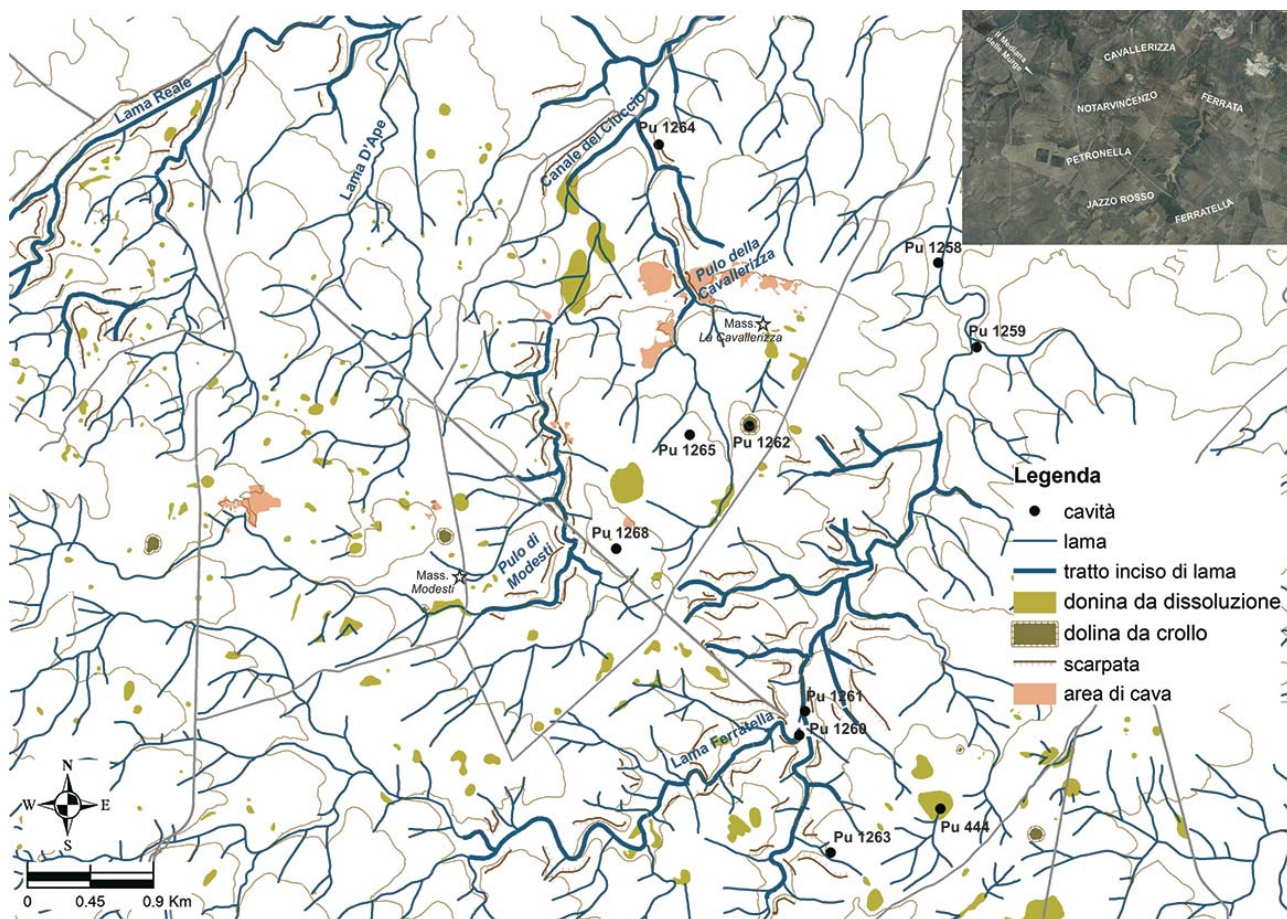


Figura 1. Carta idro-geomorfologica dell'area in esame, sita a sud di Ruvo di Puglia.

Figure 1. Hydro-geomorphological map of the study area, located S of Ruvo di Puglia.

Caso di studio n. 2: S. Cesarea Terme (Salento)

La carta geomorfologica del territorio di S. Cesarea Terme (Fig. 2), territorio noto soprattutto per la presenza lungo costa di una serie di grotte sulfuree che alimentano le locali terme (CALÒ, TINELLI, 1995), mostra alcune significative forme del paesaggio carsico, eminentemente rappresentate da doline, anche di dimensioni ragguardevoli. La più estesa è certamente presente nella porzione settentrionale del territorio in esame, a N dell'abitato di Cerfignano. Come di frequente si osserva nelle aree carsiche del territorio pugliese (PARISE, 2008), si tratta di doline a loro volta posizionate all'interno di più ampie aree pianeggianti, delle quali costituiscono un ulteriore approfondimento, più o meno marcato dal punto di vista altimetrico. Nel caso specifico, la dolina occupa la porzione centrale di una vasta area pianeggiante all'interno della quale confluiscono una serie di lame, alcune delle quali chiaramente delimitate da scarpate. Si tratta complessivamente di una zona di richiamo idrico, le cui quote più basse risultano più basse di 4-5 metri rispetto alle aree circostanti.

Tra le altre doline riportate in carta, aventi netta evidenza morfologica, ne spiccano alcune, come ad esempio quella di località Macube, di forma ellittica, allungata in senso E-W, e con un dislivello rispetto alle aree limitrofe pari a 6-7 metri. In zone più prossime alla costa Adriatica, si segnalano anche le doline di località

Malepasso (posizionata subito a monte di una netta scarpata, prodotta da antichi fenomeni gravitativi ma certamente a controllo tettonico, con direzione NW-SE) e di località Sportelle, entrambe di forma più nettamente circolare.

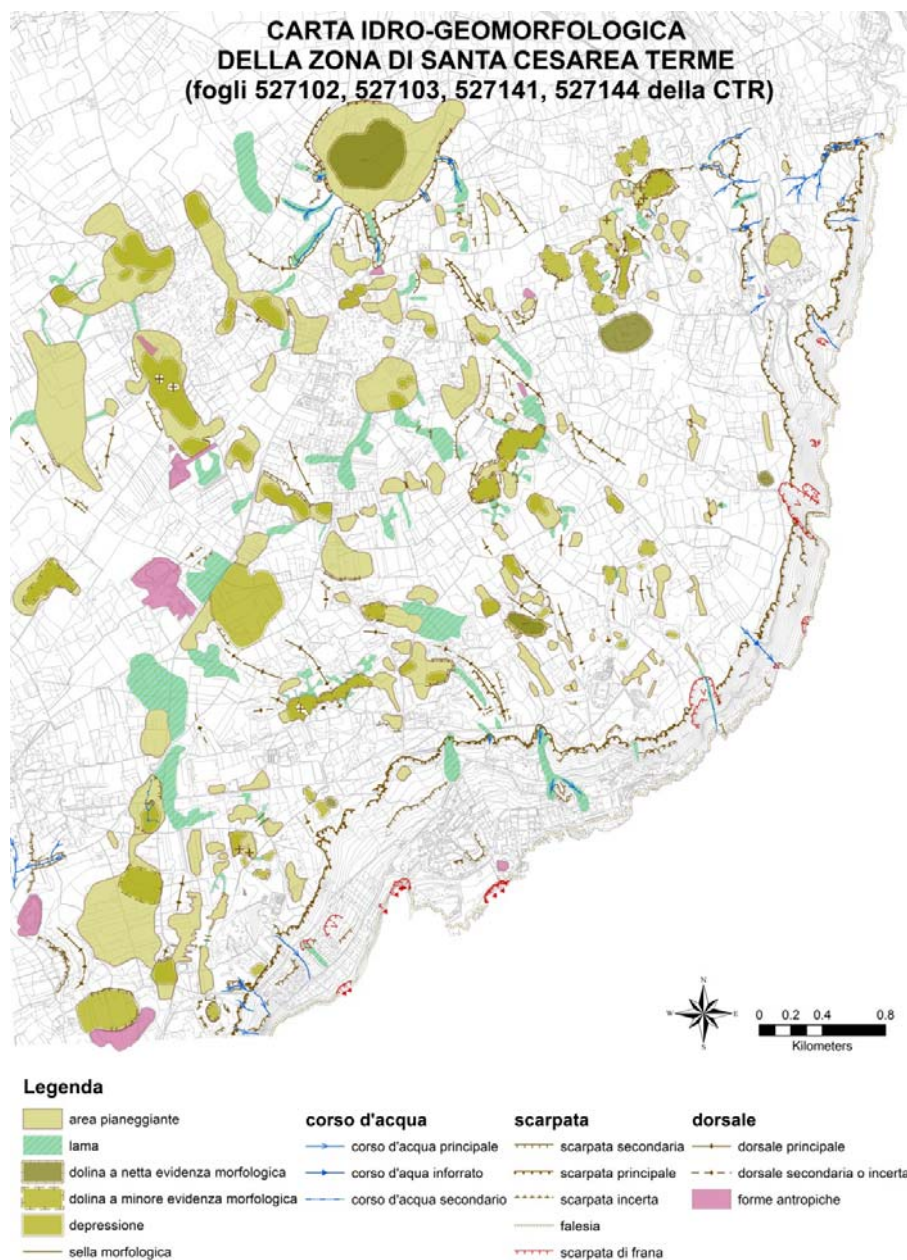


Figura 2. Carta idro-geomorfologica della zona di Santa Cesarea Terme (Puglia sud-orientale).

Figure 2. Hydro-geomorphological map of the area of Santa Cesarea Terme (south-eastern Apulia).

Sono comunque numerosi i settori in cui le doline, e più in generale le depressioni prodotte dal fenomeno carsico, risultano particolarmente frequenti. L'area a N della su citata località Macube, ad esempio, risulta particolarmente articolata dal punto di vista morfologico, con un susseguirsi di doline e aree depresse separate da blande dorsali o, più frequentemente, da piccole selle morfologiche. Situazioni analoghe, ma con ancora minore evidenza morfologica, si riscontrano anche in prossimità dei centri abitati, dove però la individuazione delle forme del paesaggio è notevolmente complicata dall'azione antropica e dall'urbanizzazione che, date le compressive basse pendenze, hanno avuto facile gioco nel cancellare in parte o del tutto le originarie forme del paesaggio. In tal senso, sintomatica la situazione del settore tra Cocumola e Cerfignano, dove le principali depressioni individuate risultano chiaramente interrotte dallo sviluppo delle aree urbane, e/o modificate a seconda della realizzazione di infrastrutture o assi stradali.

In prossimità della fascia costiera, l'elemento morfologico più evidente, riconoscibile con grande continuità seppure con evidenza morfologica variabile a seconda dei luoghi, è la scarpata principale che segue l'andamento

della linea di costa a distanze comprese tra i 200 e 500 metri. Tra questa e il mare, si individuano altre scarpate, di più ridotta estensione, sino a raggiungere l'attuale falesia, che in più punti appare interessata da crolli e distacchi di roccia. La continuità della scarpata principale è a luoghi interrotta da scarpate riconducibili, almeno in parte, ad antichi fenomeni gravitativi (in località Malepasso, già precedentemente citata, ma anche in località Mastefina, in prossimità di Santa Cesarea Terme), nonché dalla presenza di *lame* o di vie di scorrimento di corsi d'acqua temporanei, localmente anche inforrati. Tra questi ultimi, il sistema certamente di maggiore interesse è quello ubicato al margine NE dell'area di studio, a N del Villaggio Paradiso. Da non trascurare anche i corsi d'acqua di minore importanza, sempre a carattere temporaneo, che possono cioè attivarsi solo in occasione delle principali precipitazioni meteoriche.

Per quanto riguarda le *lame*, queste costituiscono un elemento di notevole importanza, anche ai fini del ruscellamento superficiale. Le *lame* divengono infatti la principale via di deflusso delle acque a seguito di intensi eventi di pioggia, e di frequente interruzioni di tali morfologie o cambi di uso del suolo in corrispondenza delle stesse sono all'origine di fenomeni di alluvionamento, con danni anche ingenti alle eventuali abitazioni e infrastrutture presenti nelle vicinanze. Infine, le forme antropiche cartografate sono costituite da cave (non tutte attive), la cui estensione è alquanto varia. Le più grandi sono quelle a S di Cocumola, e le altre presenti al limite meridionale dell'area di studio, a WSW di Porto Miggiano.

Nel complesso, la carta geomorfologica prodotta evidenzia i principali elementi del paesaggio epigeo legati all'azione del processo carsico, oltre a riportare forme derivanti anche da altri processi. Da notare come sia osservabile un indubbio controllo, almeno relativamente ad alcune forme cartografate, da parte della tettonica: ciò si riconosce, ad esempio, nella distribuzione delle *lame* e delle depressioni di forma allungata, che frequentemente si dispongono individuando alcune direzioni preferenziali di sviluppo, a presumibile controllo strutturale. Tra quelle più evidenti, si segnalano le direzioni NW-SE (certamente quella dominante nell'area), con subordinati allineamenti in senso NE-SW e N-S. La connessione diretta tra elementi tettonici e geologico-strutturali e forme del paesaggio carsico è stata, d'altra parte, più volte evidenziata per vari settori del Salento (FESTA et al., 2012; PEPE & PARISE, 2014).

Conclusioni

Le forme del paesaggio carsico, per quanto poco accentuate e di non immediato riconoscimento, soprattutto in aree sub-pianeggianti o a scarsa energia di rilievo, forniscono importanti elementi di valutazione degli agenti morfogenetici che hanno agito, e ancora agiscono, sul territorio. La loro identificazione e cartografazione, anche in relazione allo sviluppo delle infrastrutture antropiche e delle interazioni con le attività umane, risulta pertanto di estrema rilevanza ai fini di una corretta gestione e pianificazione territoriale, la quale tenga debitamente in conto le possibilità di occorrenza di eventi di pericolo naturale (piene, sprofondamenti) connesse ad alcune tipologie di forme del paesaggio carsico.

Bibliografia

- CALÒ G.C., TINELLI R., 1995. *Systematic hydrogeological study of a hypothermal spring (S. Cesarea Terme, Apulia), Italy*. Journal of Hydrology, vol. 165, p. 185-205.
- CASTIGLIONI B., SAURO U., 2000. *Large collapse dolines in Puglia (Southern Italy): the cases of "Dolina Pozzatina" in the Gargano plateau and of "Puli" in the Murge*. Acta Carsologica, vol. 29 (2), p. 83-93.
- FESTA, V., FIORE, A., PARISE, M., SINISCALCHI, A., 2012. *Sinkhole evolution in the Apulian karst of southern Italy: a case study, with some considerations on sinkhole hazards*. Journal of Cave and Karst Studies, vol. 74 (2), p. 137-147.
- GUNN J., 2007. *Contributory area definition for groundwater source protection and hazard mitigation in carbonate aquifers*. In: PARISE, M., GUNN, J. (Eds.), *Natural and Anthropogenic Hazards in Karst Areas: Recognition, Analysis, and Mitigation*. Geological Society, London, sp. publ. 279, pp. 97-109.
- GUTIERREZ F., PARISE M., DE WAELE J., JOURDE H., 2014. *A review on natural and human-induced geohazards and impacts in karst*. Earth Science Reviews, vol. 138, p. 61-88.
- PALMER A., 2010. *Understanding the hydrology of karst*. Geologia Croatica, vol. 63, p. 143-148.
- PARISE M., 2008. *Elementi di geomorfologia carsica della Puglia*. In: PARISE M., INGUSCIO S., MARANGELLA A. (Eds.), *Atti del 45° Corso CNSS-SSI di III livello di "Geomorfologia Carsica*. Grottaglie, 2-3 febbraio 2008, p. 93-118.
- PARISE M., 2011. *Surface and subsurface karst geomorphology in the Murge (Apulia, southern Italy)*. Acta Carsologica, vol. 40 (1), p. 79-93.

PARISE M., 2012, *Il dissesto idrogeologico in ambiente carsico*. Geologia dell'Ambiente, n. 2, suppl., Atti Convegno Nazionale "Dissesto Idrogeologico. Il pericolo geoidrologico e la gestione del territorio in Italia", Roma, 10 giugno 2011, p. 242-246.

PARISE M., 2014. *No limits, no boundaries: a view of karst as the typical transboundary environment*. In: KUKURIC N., STEVANOVIC Z., KRESIC N. (Eds.), Proceedings International Conference and Field Seminar "Karst without boundaries", 11-15 June 2014, Trebinje – Dubrovnik (Bosnia & Herzegovina – Croatia), p. 392-397.

PARISE M., FEDERICO A., DELLE ROSE M., SAMMARCO M., 2003. *Karst terminology in Apulia (southern Italy)*. Acta Carsologica, vol. 32 (2), p. 65-82.

PEPE M., PARISE M., 2014, *Structural control on development of karst landscape in the Salento Peninsula (Apulia, SE Italy)*. Acta Carsologica, vol. 43 (1), p. 101-114.

SAURO U., 1991. *A polygonal karst in Alte Murge (Puglia, Southern Italy)*. Zeitschrift für Geomorphologie, vol. 35 (2), p. 207-223.

“UNA CASA PER UN VECCHIO AMICO: IL PIPISTRELLO”: PROGETTO DI DIDATTICA E VALORIZZAZIONE NATURALISTICA

GIANPAOLO FORNASIER¹, PAOLO ANTONIAZZI²

¹ *Unione Speleologica Pordenonese CAI, Pordenone; gianpaolo.bat@libero.it*

² *Studio associato Eupolis, Porcia (PN); paolo.antoniazzi@eupolis.info*

Riassunto

Negli ultimi anni l'opinione pubblica si è sempre più interessata della conservazione dei pipistrelli, sia per il loro ruolo ecologico, sia per la loro capacità di contenimento delle popolazioni di zanzare. Per questo da alcuni anni si stanno diffondendo progetti per la loro tutela e la sopravvivenza delle colonie di pipistrelli esistenti, messe a dura prova dalla mancanza di siti adeguati al letargo e dalla massiccia presenza nell'ambiente di sostanze tossiche che si accumulano nei loro intestini.

Un altro problema è legato alla cattiva fama (del tutto infondata) di cui godono e dalle numerose leggende che li accompagnano, le quali spesso causano la repulsione o addirittura l'uccisione dei pipistrelli.

Per favorire la ripresa di queste importantissime specie, l'Unione Speleologica Pordenonese C.A.I., in collaborazione con lo studio associato Eupolis e l'Amministrazione Comunale di San Quirino (PN) hanno proposto un progetto volto alla messa a dimora di numerose *bat-box*, parallelamente ad interventi di sensibilizzazione in tutte le scuole primarie del Comune.

La messa in posa di numerosi siti di rifugio e letargo dovrebbe permettere nel medio e lungo periodo, l'aumento della presenza di pipistrelli in ambito urbano, accrescendo la valenza ecologica dell'ambiente.

La linea progettuale si fonda infatti sulla convinzione che una corretta osservazione ed analisi, anche delle problematiche ecologiche più specifiche, porti ad una consapevolezza ambientale più profonda, specialmente in età scolare. Inoltre la possibilità di approfondire tematiche di attualità, a stretto contatto con la realtà quotidiana, permette ai bambini e ai ragazzi coinvolti di avere la percezione dell'importanza dell'argomento e di acquisire competenze basate sul metodo scientifico.

Parole chiave: chiroteri, *bat-box*, educazione ambientale, monitoraggio ambientale, progetto scolastico.

Abstract

“HOME FOR AN OLD FRIEND: THE BAT”: A PROJECT OF NATURALISTIC EDUCATION AND DEVELOPMENT - In recent years the public opinion has become increasingly concerned for the conservation of bats and their ecological role of biodiversity protection, and for their ability to contain populations of mosquitoes. For these reasons, projects dedicated to protection and survival of colonies of bats, strained by the lack of shelter and hibernation sites and the massive presence in the environment of toxic substances, are spreading.

Another problem is related to the bad reputation (entirely unfounded) they enjoy and the many legends that accompany them that often cause revulsion or even killing of bats.

To facilitate the recovery of these important species, the Unione Speleologica Pordenonese CAI, with Eupolis studio and the Municipal Administration of San Quirino (Pordenone province), have proposed a project for the positioning of numerous bat-boxes, alongside awareness raising campaigns in all primary schools of the City.

Positioning several shelters and hibernation spaces should allow in a medium to long term the increase of the presence of bats in urban areas, increasing the ecological value of the environment. The project is based on the belief that a correct observation and analysis, even on most specific ecological problems, lead to a deeper environmental awareness, especially in school age. Furthermore, the possibility to deepen current issues, in close contact with everyday reality, allows children and young people involved to have the perception of the importance of the subject, and to acquire competences based on the scientific method.

Key words: bats, *bat-box*, environmental education, environmental monitoring, school project.

Introduzione

Negli ultimi anni l'opinione pubblica si è sempre più interessata al problema della conservazione dei pipistrelli sia per il loro ruolo ecologico e di tutela della biodiversità sia per la loro capacità di contenimento delle popolazioni di insetti, in particolare alcune specie considerate dannose per l'agricoltura e/o fastidiose nel loro rapporto con l'uomo (es. Culicidi).

Per questo da alcuni anni si stanno diffondendo progetti per la loro tutela, e per la sopravvivenza delle colonie di pipistrelli esistenti messe a dura prova dalla mancanza di siti di rifugio e letargo e dalla massiccia presenza nell'ambiente di sostanze potenzialmente tossiche.

Un altro problema, di natura culturale, è legato alla tradizionale "cattiva fama" di cui i pipistrelli godono presso l'opinione pubblica, legata alla mancanza di conoscenza delle specie e alle abitudini prevalentemente notturne. Quest'ultimo aspetto è spesso causa di repulsione o addirittura uccisione di individui, anche per la non conoscenza delle leggi di tutela dei Chiroteri e della perseguibilità penale in caso di abbattimento o anche semplice disturbo (Art. 30, comma 1, lett. b, L. 157/1992. e Direttiva 2004/35/CE- parte VI Decreto Legislativo 152/2006).



Figura 1. Monitoraggio effettuato dai ragazzi presso la scuola primaria.

Figure 1. Monitoring carried out by the boys at the primary school.

Per favorire una migliore conoscenza delle problematiche in oggetto e per implementare la lotta biologica alle zanzare l'Unione Speleologica Pordenonese C.A.I. e il Comune di San Quirino (PN), in collaborazione con lo studio Eupolis hanno elaborato un progetto che prevedeva la messa a dimora di alcune casette per il rifugio (*bat box*), parallelamente ad interventi di sensibilizzazione ambientale per le scuole primarie e secondarie del

Comune.

La linea progettuale si fonda, infatti, sulla convinzione che una corretta osservazione ed analisi, anche delle problematiche ecologiche più specifiche, porta ad una consapevolezza ambientale più profonda, specialmente in età scolare. Inoltre, la possibilità di approfondire tematiche di attualità, a stretto contatto con la realtà quotidiana, permette ai bambini e ai ragazzi coinvolti di avere la percezione dell'importanza dell'argomento e di acquisire metodologie basate sul metodo scientifico. L'argomento specifico, quindi, non serve solo a trasmettere delle conoscenze in modo passivo, ma permette di sviluppare abilità per affrontare in modo simile nuove tematiche.

Inquadramento ambientale

Il territorio del Comune di San Quirino si trova nell'alta pianura pordenonese poco al di sopra della fascia delle risorgive e, seppur urbanizzato, è caratterizzato da notevoli valenze ambientali identificabili soprattutto nella zone magredili in corrispondenza del torrente Cellina e Meduna (SIC "Magredi del Cellina"). Si è però scelto di posizionare le *bat box* negli edifici pubblici del centro, nelle scuole e nelle frazioni di Villotte, S. Foca e Sedrano.

La scarsità d'acqua disponibile dei magredi è compensata da numerose canalette artificiali che scorrono in superficie a portata continua.

Metodi

Progetto

La prima fase del progetto si è sviluppata a partire dai primi mesi del 2012 con l'individuazione dei siti idonei al posizionamento di 23 *bat box*, secondo i suggerimenti del Museo di Storia Naturale di Firenze, e la successiva posa, grazie all'apporto degli operai comunali. Nel posizionamento si è cercato di prestare attenzione in particolar modo all'altezza e all'esposizione, e ben 8 *bat box* sono state posizionate nelle scuole presenti nel Comune, appena sotto il tetto, in pareti a diversa esposizione.

Il monitoraggio è cominciato nel 2013 con osservazioni periodiche da aprile a novembre che hanno permesso di constatare che ben 11 *bat box* su 22 (una *bat box* era stata tolta per motivi logistici) erano state occupate almeno occasionalmente di cui 7 delle 8 posizionate nelle scuole.

Alla luce di questi dati all'inizio dell'anno scolastico 2013-2014 sono stati coinvolti alcuni insegnanti delle scuole primarie e delle scuole secondarie di primo grado per concordare un programma di interventi didattici e di coinvolgimento dei ragazzi nell'azione di monitoraggio.

Al progetto hanno aderito due classi quarte della scuola primaria ed una classe prima della scuola secondaria di primo grado.

Il programma prevedeva due interventi didattici per ogni classe, svolti da un operatore dello studio Eupolis da svolgersi nel marzo 2014. Il primo intervento aveva come obiettivo la biologia dei Chiroteri, i loro specifici adattamenti evolutivi e il contrasto alle false credenze più frequenti; il secondo intervento è servito, invece, ad organizzare un protocollo di monitoraggio che fosse operativo anche durante i mesi di chiusura della scuola e che vedesse i ragazzi direttamente responsabili della raccolta dei dati e dell'opera di sensibilizzazione verso familiari, amici e altri cittadini. I primi dati sono stati raccolti insieme agli insegnanti di scienze attraverso il conteggio degli escrementi presenti alla base e alcune foto a cadenza quindicinale. Durante il periodo estivo la cadenza è stata mensile con alcuni ragazzi referenti per ciascuna *bat box*.

In alcune *bat box* è stato anche possibile applicare una webcam ad infrarossi, che collegata ad un computer, rilevava e registrava l'orario di entrata e di uscita degli animali.

Tutti i dati venivano inviati ad un indirizzo mail appositamente creato e caricati su una mappa on line consultabile da tutti i cittadini.

La fase successiva del progetto sarà l'analisi dei dati raccolti confrontando il lavoro svolto dalle varie classi, cercando di individuare delle variabili significative nell'utilizzo delle *bat box* e relazionando i dati stessi con i dati meteo, con l'esposizione e con le caratteristiche ambientali dei dintorni della scuola.

Metodologia didattica

La metodologia didattica utilizzata aderisce alle nuove modalità di educazione ambientale volte a trasmettere, attraverso la conoscenza, una consapevolezza che renda lo studente cosciente di appartenere ad un territorio, al suo ambiente e alla sua storia.

Questo tipo di approccio prevede che le competenze acquisite da parte dei ragazzi durante il progetto non siano semplicemente travasate da un operatore esperto, ma siano il frutto di una continua scoperta attraverso una serie di processi deduttivi. Il ruolo del bambino o del ragazzo non è più, quindi, quello di uno spettatore che ascolta passivamente, apprende e successivamente mette in pratica, ma quello di protagonista che attraverso la propria esperienza, i propri percorsi di apprendimento, accompagnati da un adulto esperto, giunge ad una propria conoscenza commisurata all'età. D'altra parte il ruolo dell'operatore didattico differisce sostanzialmente da quello dell'insegnante, diventando quello di un ricercatore che assieme ai ragazzi cerca di raccogliere dei risultati dalle esperienze comuni.

Conclusioni

Per quanto il progetto sia ancora in corso è possibile trarre delle evidenti considerazioni:

- le scuole si rivelano luoghi ideali per il posizionamento delle *bat box*, probabilmente grazie alle altezze considerevoli degli edifici e allo scarso disturbo durante le ore crepuscolari e notturne;
- il coinvolgimento dei ragazzi in modo attivo nel monitoraggio ha creato un volano considerevole per la sensibilizzazione delle famiglie capovolgendo la diffusa ritrosia nei confronti dei Chiroteri;
- la modalità didattica utilizzata si è rivelata estremamente efficace nei processi di apprendimento extra-curricolari e anche extra-disciplinari, sia nella scuola primaria sia nella secondaria di primo grado. Si auspica perciò che si diffondano sempre di più progetti didattici in cui non ci sia un semplice travaso di conoscenze, dimostrando che le tecniche della ricerca possono essere applicate anche in età diverse da quelle classiche.



Figura 2. Osservazioni in aula sulle *bat-box*.
Figure 2. Observations on the *bat-box* (in classroom).



Figura 3. Osservazioni esterne tramite telecamera ad infrarossi.

Figure 3. Outdoor observations using infrared camera.

DIVERSAMENTE SPELEO: DA INIZIATIVE LOCALI A MOVIMENTO NAZIONALE LO SCAMBIO DI ESPERIENZE CREA CONDIVISIONE?

ELISA PONTI ¹

¹ *Speleo Club Forlì (SCF), Via Orceoli 15, 47121 Forlì; www.speleoclubforli.it, info@speleoclubforli.it*

Riassunto

Il progetto DIVERSAMENTE SPELEO nasce dall'incontro casuale tra speleologi e ragazzi disabili desiderosi di conoscere il mondo delle grotte, ma ben presto diventa un movimento a livello nazionale. Lo scopo principale del progetto non consiste solo nell'effettuare visite in grotta con scopi terapeutici, attività per la quale ancora non siamo ancora pronti a valutare gli effetti a medio-lungo termine, ma soprattutto è quello di condividere momenti di cooperazione tra gruppi provenienti da più parti d'Italia, unitamente al Corpo Nazionale del Soccorso Alpino e Speleologico (CNSAS), alla Scuola Nazionale di Speleologia (SNS) del Club Alpino Italiano (CAI) ed alla Società Speleologica Italiana (SSI).

Gli eventi organizzati su tutto il territorio nazionale, oramai dal 2011, sono dal 2012 organizzati da un comitato composto dalle associazioni:

- "La Scintilena";
- Speleo Club Forlì;
- La Macchina del Tempo (Associazione speleo-archeologica culturale);
- Vesperilio – Gruppo speleo archeologico.

Da subito emerge l'esigenza di dotare i gruppi di barelle, specifiche attrezzature utilizzate anche dal CNSAS per i recuperi in caso di incidente sia in montagna sia in grotta, le quali consentono di trasportare in grotta anche i disabili con handicap molto grave che ne impedisce la deambulazione.

Sono state organizzate in passato e continuano le operazioni per raccogliere fondi da destinare all'acquisto di barelle affinché tutti i gruppi organizzatori possano svolgere le manifestazioni con la massima garanzia di sicurezza sia per gli accompagnatori sia per i ragazzi disabili.

A seguito dei convegni che si sono tenuti nell'ambito dei raduni di Casola (Underground 2013) e di Grottaglie (Spelaion 2014), nei quali il progetto ha avuto grande risonanza, sempre un maggior numero di gruppi speleologici, dislocati in tutta Italia, ha organizzato eventi a carattere regionale o interregionale, e sta programmando gli eventi del 2015.

Parole chiave: condivisione, DIVERSAMENTE SPELEO, disabilità, movimento sociale, speleologia.

Abstract

OTHERWISE SPELEO: FROM LOCAL INITIATIVES TO NATIONAL MOVEMENT. EXCHANGE OF EXPERIENCES CREATE SHARING? - *The project DIVERSAMENTE SPELEO was born from meeting between cavers and disabled children eager to learn about the world of caves, but soon becomes a nationwide movement. The main purpose of the project is not only the visit to the cave with therapeutic purposes, an activity for which we are not yet quite ready to evaluate the effects in the medium- to long-term, but above all is to share moments of cooperation between groups from different parts of Italy, in conjunction with the National Corporation of Mountain Rescue (CNSAS), the National School of Speleology (SNS) of the Italian Alpine Club (CAI) and the Italian Speleological Society (SSI).*

The events organized all over the country, since 2011, are organized from 2012 by a committee composed by the associations:

- "La Scintilena";
- Speleo Club Forlì;

- *La Macchina del Tempo (Cave, Archaeological and Cultural Association);*
- *Vespertilio –Cave and Archaeological Group.*

At first, there is the need to provide groups with stretchers, specific equipment used also by CNSAS for recoveries in the event of an accident in the mountains and in caves, which allow to transport people with disabilities in the cave even with very severe disability that prevents ambulation.

Several operations have been organized in the past, and still continue to be organized, in order to raise funds for the purchase of stretchers for all organizers groups, aimed at planning events with the maximum guarantee of safety for both careers and disabled children.

Following the meetings that were held as part of the gatherings at Casola (Underground, 2013) and Grottaglie (Spelaion 2014), where the project had great resonance, an ever increasing number of caving groups throughout Italy have organized events at the regional or interregional level, and is planning events in 2015.

Keywords: caving, disability, DIVERSAMENTE SPELEO, sharing, social movement.

Premessa

L'obiettivo di questo intervento consiste nel raccontare il progetto DIVERSAMENTE SPELEO, partendo dalle sue origini spontanee, fino ad arrivare alla creazione di un coordinamento nazionale, ed ora alla costituzione di una rete di organizzatori a livello regionale. La forza di questa rete è la grande diversità tra tutte le esperienze che la compongono; ogni esperienza ha maturato un suo bagaglio di "strumenti" che può mettere a disposizione di chi vuole intraprendere questa avventura.

La rete, così come è ora, può essere, infatti, non solo utile ai singoli componenti per scambiarsi consigli e buone prassi ma anche per dare utili indicazioni a chi volesse entrare ma non avesse sufficiente esperienza per fare questo salto "organizzativo" e trasformare una spinta spontanea in qualcosa di ben realizzato.

Nell'illustrare questo intervento però si vuole essere chiari nel dichiarare che non si è coinvolti direttamente nell'organizzazione di questo movimento, ma se ne è semplice cronista che, raccogliendo le informazioni disponibili, ha tentato di darne una seppur parziale sintesi, ben consapevole che da questo primo tentativo di analisi possa partire un interessante dibattito.

Cos'è DIVERSAMENTE SPELEO

Secondo l'accezione che i movimenti sociali non sono organizzazioni ma reti di relazioni tra diversi attori, anche senza essere dotati di una struttura formale, si può probabilmente affermare che il progetto DIVERSAMENTE SPELEO sia diventato un movimento.

Infatti, una delle caratteristiche principali dei movimenti è il potere far parte di una rete di relazioni, sentendosi coinvolti in uno sforzo collettivo, senza dover aderire ad una specifica organizzazione. In secondo luogo, per essere considerati un movimento sociale, e quindi differenziarsi da semplici fenomeni collettivi di aggregazione come le mode, queste reti devono elaborare un sistema di valori condivisi e una nuova identità.

Quali sono però i valori che questo movimento vuole rappresentare?

Innanzitutto occorre raccontare cosa non vuole essere. Infatti, seppure la speleoterapia abbia origini antecedenti, DIVERSAMENTE SPELEO non si pone questo obiettivo. La speleoterapia significa terapia in grotta. Ma il termine terapia presuppone una conoscenza medica che non è specifica del progetto descritto in questo intervento. DIVERSAMENTE SPELEO, infatti, non pretende di fare questo, seppure sia auspicabile un miglioramento delle condizioni di chi beneficia. L'obiettivo principale consiste nel condividere assieme delle emozioni, veicolate dall'esperienza di andare in grotta assieme, sia chi normalmente per le proprie condizioni fisiche ne è impossibilitato, sia chi le frequenta con altri scopi ma che per un giorno si pone a servizio di chi non potrebbe da solo.

Già nel 2009 il Team Argod, durante un evento che vedeva coinvolti ragazzi dai 6 ai 12 anni, ha aiutato alcuni diversamente abili, con problematiche psicologiche, ad accedere nell'ambiente grotta per "osservare le reazioni suscitate da un luogo che richiama l'ambiente amniotico prenatale, altamente regressivo".

L'esperienza che ho personalmente vissuto nasce da un incontro casuale tra speleologi e ragazzi disabili, tra le loro interessate domande e il desiderio di rappresentare nella realtà, più che con risposte teoriche con una vera esperienza in grotta. Ma la messa in opera di questa idea non è di semplice realizzazione; innanzitutto occorre pensare alla messa in sicurezza, in un ambiente potenzialmente ostile, dei ragazzi che non possono camminare oppure lo fanno in modo molto precario se non aiutati.

In questo contesto, il mio gruppo speleologico di appartenenza, lo Speleo Club Forlì (SCF), decise di portare Giulio e Giotto, due ragazzi tetraplegici dalla nascita, in una grotta della Vena del Gesso Romagnola, la Grotta Tanaccia. Grazie all'aiuto ricevuto dal gruppo "Bertarelli" di Gorizia che si attiva per consegnarci due barelle utilizzate dal Corpo Nazionale del Soccorso Alpino e Speleologico (CNSAS), lasciandole allo SCF in prestito permanente, nel 2011 e poi ancora nel 2012, con grande entusiasmo dei soci dello SCF, è stata resa "possibile" qualcosa che sembrava "impossibile": rendere la grotta un mondo accessibile a tutti.



Figura 1. L'avvicinamento alla Grotta Tanaccia - Parco Regionale della Vena del Gesso Romagnola (Brisighella - RA).

Figure 1. The approach to the Grotta Tanaccia – Regional Park of the Vena del Gesso Romagnola (Brisighella – Ravenna province).



Figura 2. Un momento della progressione in grotta - Grotta Tanaccia, Parco Regionale della Vena del Gesso Romagnola (Brisighella - RA).

Figure 2. A moment of progression in the cave - Grotta Tanaccia, Regional Park of the Vena del Gesso Romagnola (Brisighella – Ravenna province).

Da movimento spontaneo al coordinamento nazionale

Dopo le prime iniziative locali, i promotori di questo movimento si sono costituiti in comitato organizzatore poiché, sentita l'esigenza di unirsi e di pensare ad eventi di portata nazionale, hanno compreso l'importanza di confrontarsi e delineare azioni congiunte. Il primo evento a portata nazionale venne organizzato nel 2012 nella grotta di Bellegra in Lazio. Quella domenica, il 21 ottobre 2012, vide la partecipazione presso la Grotta dell'Arco di speleologi provenienti dall'Abruzzo, dall'Umbria, dal Lazio, dalla Campania e dalla Romagna. A seguito dell'ampia adesione degli speleologi ma anche di partecipanti non appartenenti al mondo della speleologia, venne concordato di organizzare un successivo incontro a valenza nazionale.

In vista del successivo incontro fissato per il 2013, emerse subito l'esigenza di dotare i gruppi di barelle, specifiche attrezzature utilizzate anche dal CNSAS. Partirono quindi varie iniziative per raccogliere fondi a livello locale che ottennero ottimi risultati, anche grazie alla solidarietà proprio del CNSAS, per consentire la disponibilità di attrezzature e la dotazione più idonea alle manifestazioni.

Il secondo evento nazionale si tenne il 16 giugno 2013 a Frasassi. Questa giornata vide la partecipazione di una ventina di disabili, di cui 4 non deambulanti, provenienti da Forlì, Pescara, Chieti e Terni supportati dai loro familiari, amici e da più di 60 speleologi arrivati da tutta Italia e appartenenti a molti gruppi speleologici.



Figura 3. L'importanza delle barelle - Grotta dell'Arco a Bellegra (Lazio).

Figure 3. The importance of stretchers - Grotta dell'Arco a Bellegra (Lazio).



Figura 4. Un sorriso ripaga di tutte le fatiche - Grotta del Mezzogiorno, Parco Naturale Regionale della Gola della Rossa e di Frasassi (Genga - AN).

Figure 4. A smile makes up for all the hard work - Grotta del Mezzogiorno, Natural Regional Park of the Gola della Rossa e di Frasassi (Genga – Ancona province).

Queste giornate sono servite a dimostrare che è possibile effettuare uscite in grotta con disabili, per questo l'esperienza è stata portata anche al raduno nazionale di speleologia di Casola 2013 per convogliare anche le esperienze di altri speleologi in giro per l'Italia. L'incontro a Casola è stato anche l'occasione per definire oltre ai punti di forza anche alcune lacune emerse nelle esperienze precedenti.

Nell'organizzazione di un evento simile da parte di gruppi che si vogliono avvicinare ed accompagnare portatori di disabili occorre innanzitutto tenere in considerazione la tipologia di disabilità, dalla cecità all'impossibilità di camminare, e dalla gravità delle stesse, al fine di mettere in atto tutte le misure di sicurezza per garantire la minimizzazione dei rischi sia degli accompagnatori sia dei partecipanti all'iniziativa, in particolare la disponibilità di ausili di trasporto e sicurezza, quali i caschi di protezione. Anche la scelta del luogo non è una cosa scontata in quanto devono essere raccolte tutte le autorizzazioni del caso, soprattutto se la grotta prescelta non presenta passerelle già realizzate per percorsi turistici, e devono essere valutate le vie di avvicinamento all'ingresso della grotta prescelta che se particolarmente ripide o disagiate comportano un incremento delle misure di sicurezza e delle forze volontarie da impiegare.

La diffusione a livello regionale

Frutto di quella che si può definire una "speleologia trasversale", le giornate dedicate a DIVERSAMENTE SPELEO rappresentano una bella esperienza da condividere con quanti già organizzano queste attività; per questo il comitato nazionale si è prodigato nel tempo per mettere a disposizione la conoscenza maturata con chi ha voluto emulare i pionieri di queste iniziative.



Figura 5. Un momento della giornata trascorsa a Frasassi - Grotta del Mezzogiorno, Parco Naturale Regionale della gola della Rossa e di Frasassi (Genga - AN).

Figure 5. A moment of the day at Frasassi - Grotta del Mezzogiorno, Natural Regional Park of the Gola della Rossa e di Frasassi (Genga – Ancona province).

Viene creato un sito, <http://www.diversamentespeleo.org>, dove i singoli eventi possono essere annunciati e di seguito raccontati; nasce anche un gruppo su Facebook denominato “DIVERSAMENTE SPELEO” con l’obiettivo di tenere in contatto tra loro gli organizzatori e questi con i partecipanti; in rete cominciano a girare post, video e foto.

Anche la scelta di confrontarsi in convegni organizzati all’interno del programma dei raduni internazionali di speleologia che si sono susseguiti in questi due anni, prima a Casola nel 2013 e recentemente a Grottaglie, ha fornito spunti per i diversi gruppi dislocati in tutta Italia che hanno organizzato, nel 2014 e che stanno programmando di organizzare nel corso del 2015, singoli eventi nelle proprie regioni.

Nel 2014 vengono organizzati singoli eventi in Sicilia, in Puglia, in Umbria, in Campania, in Lazio, Abruzzo ed in Emilia-Romagna e cominciano ad attivarsi anche i singoli gruppi su Facebook: il movimento si sta diffondendo a livello regionale.

Attraverso il racconto delle esperienze, i gruppi che fossero interessati a diffondere queste iniziative nel proprio ambito regionale possono attingere da una fonte di informazione molto rilevante. E’ l’occasione che hanno colto in Liguria nel corso del 2014, invitando i promotori di DIVERSAMENTE SPELEO a lasciare una testimonianza. In Liguria si è creato, infatti, un nuovo gruppo di lavoro con lo scopo di portare avanti lo stesso progetto a livello regionale, ed invitando a partecipare altre organizzazioni del settore interessate a collaborare con DIVERSAMENTE SPELEO Liguria. L’intento di questo nuovo gruppo consiste proprio nel mettere in campo una macchina organizzativa efficiente, grazie all’apporto dei gruppi speleologici, escursionistici e torrentistici liguri, per offrire anche ai disabili la possibilità di avvicinarsi a queste discipline e vivere un’esperienza unica.

La condivisione si ottiene anche con l’esperienza diretta

Uno dei veicoli più forti per la condivisione è però, a mio avviso, l’esperienza diretta; è per questo che è importante che alle giornate DIVERSAMENTE SPELEO si riesca ad ottenere la massima partecipazione da parte dei gruppi speleologici che per vincoli di amicizia piuttosto che per prossimità territoriale vogliono cogliere l’opportunità di vivere una esperienza simile.

La recente iniziativa promossa per l’Emilia-Romagna, che ha tra l’altro previsto una trasferta al di fuori dei

confini regionali emiliano-romagnoli, è stata l'occasione per raggiungere gli amici veneti che hanno aderito e collaborato attivamente all'organizzazione. La giornata ha visto la partecipazione di più di cento persone tra speleologi, accompagnatori e ragazzi disabili. L'iniziativa si è svolta a Monte di Malo, in provincia di Vicenza, all'interno della Grotta Buso della Rana ed è stata possibile solo attraverso il coinvolgimento di tutti i partecipanti, ognuno per la sua parte, provenienti da tutta Italia; tantissime sono state anche le manifestazioni di interesse ed i supporti che sono stati forniti dalle istituzioni e dalle strutture locali. Il risultato è stata una giornata ben organizzata, dal punto di vista logistico e della sicurezza, ma anche e soprattutto ben riuscita dal punto di vista della partecipazione e della condivisione. L'augurio è che da questa giornata anche i gruppi veneti trovino un punto di partenza per realizzare autonomamente iniziative simili.



Figura 6. Una testimonianza prima dell'ingresso in grotta - Grotta Buso della Rana (Monte di Malo - VI).

Figure 6. A witness before entering the cave - Grotta Buso della Rana (Monte di Malo – Vicenza province).

Prospettive future e conclusioni

La sintesi che sono portata ad esprimere si sostanzia in due concetti principali: si possono raccontare anche le buone azioni e condivido l'idea che solo i movimenti che accettano di confrontarsi siano in grado di crescere e migliorare. Quello che è auspicabile, infatti, è che queste giornate, raccolta di sforzi, capacità ed esperienze messe in campo, possano essere un seme che darà i propri frutti in tutta Italia e anche oltre, e che il movimento DIVERSAMENTE SPELEO diventi sempre più una realtà consolidata.

Quindi rimaniamo in attesa che nel 2015 vengano organizzati:

- DIVERSAMENTE SPELEO Umbria organizzato dagli speleologi umbri,
- DIVERSAMENTE SPELEO Abruzzo che sarà organizzato dagli speleologi abruzzesi;
- DIVERSAMENTE SPELEO Sicilia che sarà organizzato dallo Speleo Club Catania;
- DIVERSAMENTE SPELEO Puglia che sarà organizzato dagli speleologi pugliesi;
- DIVERSAMENTE SPELEO Emilia-Romagna a Casola organizzato dallo Speleoclub Forlì;

- DIVERSAMENTE SPELEO Campania a Napoli;
e altre iniziative dagli altri gruppi che si stanno proponendo, come in Liguria



Figura 7. L'avvicinamento all'ingresso in grotta - Grotta Buso della Rana (Monte di Malo - VI).

Figure 7. Approaching the entrance to the cave - Grotta Buso della Rana (Monte di Malo – Vicenza province).



Figura 8. Assieme in grotta - Grotta Buso della Rana (Monte di Malo - VI).

Figure 8. Together in cave - Grotta Buso della Rana (Monte di Malo – Vicenza province).



Figure 9. Un momento di pausa - Grotta Buso della Rana (Monte di Malo - VI).

Figure 9. A moment of pause - Grotta Buso della Rana (Monte di Malo – Vicenza province).

Bibliografia

BISCOTTO A., PONTI E., TURCI M., 2013. *Diversamente Speleo si può*. Speleologia Emiliana - Rivista della Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia-Romagna, **4**, anno XXIV – V serie, 31-35.

DE LUCA S., 2007. *I movimenti sociali – Formazione, ideologia e comportamenti*, <http://www.instoria.it>

GOLDONI M., PONTI E., S-TEAM, 2014. *Diversamente Speleo – La solidarietà rende possibile a tutti l'esperienza del mondo sotterraneo*. Montagne 360 - Rivista del Club Alpino Italiano, Settembre, 56-59.

Siti consultati:

www.teamargod.it/

www.diversamentespeleo.org

Foto: le foto sono di CRISTIANO RANIERI, MATTEO TURCI e SANDRO SEDRAN (S-Team).



Figure10. Questo è Diversamente Speleo!

Figure 10. This is Diversamente Speleo!

LA DIDATTICA SCIENTIFICA DELLA GROTTA GIGANTE PER LE SCUOLE

THOMAS DE MARCHI¹, FULVIO FORTI²

¹*Società Alpina delle Giulie - Sezione di Trieste del CAI, via di Donota 2, 34121 Trieste;
thomas.demarchi@grottagigante.it*

²*Commissione Grotte "E.Boegan", via di Donota 2, 34121 Trieste; fulvioforti@tiscali.it*

Riassunto

La Grotta Gigante, gestita dalla Commissione Grotte "E. Boegan" della Società Alpina delle Giulie - Sezione di Trieste del C.A.I., oggetto di studio in materia di speleologia e scienze carsiche fin dal 1840 ed aperta al turismo dal 1908, ha come finalità primarie l'educazione alla conoscenza ed al rispetto della natura carsica ipogea ed epigea e la promozione della ricerca scientifica svolta in modo continuativo nella caverna e nel suo ambito da prestigiosi istituti di ricerca, quali il Dipartimento di Matematica e Geoscienze ed il Dipartimento di Scienze della Vita dell'Università degli Studi di Trieste, l'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale - OGS, l'ARPA FVG ed il CNR. In quest'ottica si inserisce il progetto di didattica scientifica rivolto al mondo della scuola, iniziato nel 2012 e tuttora in fase di crescita, che propone laboratori specifici sugli argomenti di carsismo, biospeleologia e scienze sismologiche. Le attività, che prevedono sia un'introduzione teorica dei temi trattati che il coinvolgimento pratico degli studenti, sono differenziate in base all'ordine e grado di istruzione delle classi coinvolte. L'ideazione e la realizzazione delle lezioni e dei laboratori sono svolte con la supervisione del Dipartimento di Matematica e Geoscienze dell'Università degli Studi di Trieste, dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale - OGS e del Museo Civico di Storia Naturale di Trieste, per assicurare la validità dei contenuti trasmessi e delle metodologie adottate. Il progetto, che nei primi tre anni ha già visto il coinvolgimento di migliaia di studenti, evidenzia l'importanza del ruolo delle grotte turistiche come veicolo delle conoscenze scientifiche acquisite in tema di speleologia e carsismo verso il grande pubblico in generale e verso il mondo della scuola in particolare, in un'ottica più vasta di educazione alla conoscenza ed al rispetto dell'ambiente e della natura in cui viviamo.

Parole chiave: divulgazione, didattica, lezioni.

Abstract

GROTTA GIGANTE AND SCIENCE TEACHING FOR STUDENTS - Grotta Gigante, run by the Commissione Grotte "E.Boegan" of the Società Alpina delle Giulie - CAI Trieste, has been since 1840 a subject matter of research in the field of speleology and karstification. The cave was opened to the public in 1908 and its purpose is to promote education and knowledge of the hypogean and epigeous karstic nature. It also aims at supporting scientific research in the cave, that has been constantly carried out by important research centres as the OGS (National Centre for Oceanography and Experimental Geophysics), the ARPA FVG, the CNR and other centres of the University of Trieste. For these reasons in 2012 scientific teaching for students started, and it is possible today to take part in lessons about karstification, biospeleology and seismology. The lessons are organised, according to the age of the students, with theoretical and practical sessions. They are planned and constantly supervised by the Department of Mathematics and Geoscience of the University of Trieste, by the OGS and the local Civic Museum of Natural History, in order to guarantee the accuracy of contents and the adopted teaching methods. Thousands of students have already attended the lessons. This shows the importance of touristic caves as an instrument to communicate scientific knowledge about speleology and karstification to the general public and to students in particular.

Key words: teaching, lessons, dissemination.

Introduzione

La Commissione Grotte E. Boegan della Società Alpina delle Giulie si occupa della gestione della Grotta Gigante, cavità carsica turistica situata in provincia di Trieste. La Grotta Gigante è aperta al pubblico dal 1908 ma solo negli ultimi anni, anche a seguito di specifiche richieste provenienti da istituti scolastici, si è avvertita

l'esigenza di affiancare alla visita guidata alla grotta anche speciali attività didattiche volte ad avvicinare al fascino della speleologia scientifica gli alunni in visita di istruzione. Dal 2012 sono quindi stati allestiti presso il Centro accoglienza visitatori della Grotta Gigante appositi spazi dove svolgere i laboratori di approfondimento. Le classi in visita possono scegliere di seguire attività dedicate ad argomenti diversi, quali il fenomeno del carsismo, la biospeleologia e la geofisica (con particolare attenzione alla sismologia). I laboratori didattici vengono proposti, con un supplemento sul costo del biglietto di ingresso alla Grotta Gigante, alle classi di ogni ordine e grado, dalla prima della scuola primaria, alla quinta della scuola secondaria di secondo grado. La qualità scientifica dell'offerta è garantita dalla collaborazione del Dipartimento di Matematica e Geoscienze dell'Università degli Studi di Trieste, del Museo Civico di Storia Naturale di Trieste e dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale (OGS) ai progetti didattici. Nel 2014 è stato allestito all'interno del Centro accoglienza visitatori della Grotta Gigante il Museo Scientifico Speleologico, con la costituzione di un Comitato Scientifico che ha tra gli scopi anche quello di vigilare sui contenuti e sulle metodologie adottate nello svolgimento delle attività didattiche scientifiche. Dal 2014 ai laboratori di stampo scientifico si è aggiunta anche la possibilità per gli alunni di sperimentare le tecniche di progressione speleologica in corda e in scaletta grazie all'allestimento di una parete artificiale di arrampicata nell'area esterna alla Grotta Gigante, dove operatori adeguatamente istruiti assistono i ragazzi durante le prove.



Figura 1. Interno della Grotta Gigante.

Figure 1. A view of Grotta Gigante.

Inquadramento geografico

La Grotta Gigante (Fig. 1) ed il suo Centro accoglienza visitatori si propongono come sito ideale per la diffusione della conoscenza relativa alla speleologia ed alle scienze ad essa collegate in virtù della favorevole posizione geografica sull'altipiano calcareo nel cuore del Carso Classico in provincia di Trieste. La località in cui si trova la grotta, Borgo Grotta Gigante, nel comune di Sgonico, è facilmente raggiungibile sia dal centro di Trieste da cui dista soli 10 km, sia dall'autostrada A4, dalla cui uscita più vicina dista soli 5 km. La posizione facilmente raggiungibile, unitamente alla fama di cui il territorio gode per la ricca storia di esplorazioni speleologiche e per l'elevato numero di cavità già scoperte, rendono la Grotta Gigante un polo di notevole attrazione per il pubblico sia scolastico che generico, interessato ad avvicinarsi al mondo della speleologia ed alle scienze ad essa correlate. Ogni anno infatti le persone che visitano la Grotta Gigante sono circa 80.000, di cui almeno 18.000 studenti in visita di istruzione.

Metodi

Nel 2012 all'interno del Centro accoglienza visitatori della Grotta Gigante sono state allestite due aule per

ospitare i laboratori di approfondimento dedicati alle scuole in visita di istruzione (Fig. 2). Entrambe sono capaci di ospitare 35 persone, dotate di sedie, banchi per le dimostrazioni pratiche e monitor a grande



Figura 2. Aula didattica nel Centro accoglienza visitatori della Grotta Gigante.

Figure 2. Classroom in the Grotta Gigante Visitor Center.

formato (60 pollici) collegati a computer per proiezione di slide e filmati. Parte del materiale è stato. Nel 2012 all'interno del Centro accoglienza visitatori della Grotta Gigante sono state allestite due aule per ospitare i laboratori di approfondimento dedicati alle scuole in visita di istruzione (Fig. 2). Entrambe sono capaci di ospitare 35 persone, dotate di sedie, banchi per le dimostrazioni pratiche e monitor a grande formato (60 pollici) collegati a computer per proiezione di slide e filmati. Parte del materiale è stato recentemente rinnovato grazie ad un contributo ricevuto dal MIUR nel 2014. Tutte le attività didattiche, svolte da personale qualificato, sono costituite sia da una parte teorica che prevede l'ausilio di slide animate ed un approccio dialettico finalizzato a stimolare la curiosità degli studenti, sia da una parte pratica che prevede il coinvolgimento diretto degli alunni. La durata delle attività è di circa un'ora. Vengono proposti alle scuole tre diversi temi di approfondimento: "carsismo", "biospeleologia", "sismologia". Il progetto finanziato dal MIUR nel 2014 ha consentito il rafforzamento del rapporto di collaborazione con Dipartimento di Matematica e Geoscienze dell'Università degli Studi di Trieste, Museo Civico di Storia Naturale di Trieste e Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale (OGS), prevedendo un diretto apporto di conoscenza e un ruolo di supervisione di detti enti ai laboratori didattici proposti alle scuole presso la Grotta Gigante partecipando anche alla formazione degli operatori.

L'approfondimento dedicato al fenomeno del carsismo prevede la discussione sulle peculiarità e la diffusione del paesaggio carsico, sull'origine delle rocce carbonatiche e sul fenomeno dell'orogenesi, sulla chimica della dissoluzione carsica, sul concrezionamento delle cavità e per finire sulle tecniche di misura sia della dissoluzione che del concrezionamento. La discussione è accompagnata dall'osservazione di differenti tipologie di rocce al fine di imparare a distinguere le rocce carbonatiche, dall'osservazione di rocce carbonatiche fossilifere al fine di comprenderne l'origine in ambiente di sedimentazione marino, dall'osservazione empirica della reazione di sostanze acide su diversi tipi di rocce al fine di comprendere il principio della corrosione carsica e quindi della formazione dei conseguenti fenomeni sia epigei che ipogei, dalla dimostrazione dell'utilizzo di appositi micrometri analogici per la misurazione del tasso di dissoluzione carsica di rocce carbonatiche superficiali e del tasso di crescita delle concrezioni in ambiente ipogeo (Fig. 3). A conclusione l'attività prevede una breve escursione nell'area esterna del Centro accoglienza visitatori della Grotta Gigante

dove si possono osservare in situ affioramenti calcarei ricchi di microforme carsiche epigee (scannellature, fori, vaschette) ed una piccola dolina. All'esterno si visita anche la stazione per lo studio della dissoluzione delle rocce carbonatiche, attiva dal 1979 e seguita congiuntamente da Dipartimento di Matematica e Geoscienze



Figura 3. Il micrometro utilizzato nell'attività didattica dedicata al carsismo.

Figure 3. The micrometer used during the workshop about "karst".

dell'Università degli Studi di Trieste e Commissione Grotte "E. Boegan". Tale approfondimento viene solitamente proposto ad introduzione della visita alla Grotta Gigante.

L'approfondimento dedicato alla biospeleologia propone un'analisi della fauna tipica delle grotte carsiche, con particolare riferimento al Carso Classico. L'attività affronta la distribuzione delle specie animali e vegetali dalla zona dell'ingresso fino alla zona profonda delle cavità. In particolare vengono analizzate le caratteristiche degli organismi in funzione dell'ambiente in cui vivono e si osserva il grado di adattamento delle specie in funzione delle peculiarità ecologiche di ciascuna. Vengono affrontati anche temi specifici come la gestione del fenomeno "lampenflora" nelle grotte turistiche e le tecniche di raccolta di esemplari a scopo scientifico sia con metodi attivi che con l'utilizzo di esche e trappole. La discussione è arricchita dall'osservazione diretta di esemplari conservati e di modelli ingranditi cortesemente concessi in prestito dal Museo Civico di Storia Naturale di Trieste, che costituiscono un potente strumento didattico capace di attirare la curiosità e l'attenzione degli alunni delle classi di ogni ordine e grado. Gli esemplari vengono mostrati agli studenti, cui è consentito anche di toccare i reperti meno delicati. Gli esemplari più piccoli vengono osservati in dettaglio grazie all'utilizzo di un microscopio appositamente collegato ad un monitor da sessanta pollici.

L'attività dedicata alla sismologia, argomento non propriamente collegato alla speleologia, si dimostra di grande interesse per gli studenti in visita alla Grotta Gigante in quanto all'interno della cavità sono collocati i pendoli geodetici di proprietà del Dipartimento di Matematica e Geoscienze dell'Università degli Studi di Trieste e la stazione sismografica di proprietà dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale (OGS) e del Dipartimento di Matematica e Geoscienze dell'Università degli Studi di Trieste, mentre all'interno del Centro accoglienza visitatori della Grotta Gigante è attivo il sismometro della FESN (*Friuli Experimental Seismic Network*). La ricchezza di strumenti per registrare l'attività sismica del pianeta collocati presso la grotta e la stretta collaborazione con gli enti che li gestiscono hanno convinto a proporre tra le attività didattiche anche la sismologia, con particolare riferimento alle ricerche svolte in loco. In particolare durante l'attività gli studenti possono vedere all'opera alcune strumentazioni sia storiche che moderne utilizzate per la registrazione degli eventi sismici: un sensore orizzontale Wickers, un sensore orizzontale Ewing-Press (parte della stazione sismografica dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale operativa all'interno della Grotta Gigante nel periodo 1963-1996) e un moderno sismometro digitale perfettamente funzionante della rete

regionale FESN, collegato ad un computer grazie al quale gli alunni possono cimentarsi, con la guida di un operatore esperto, all'utilizzo dei software Seismowin e Winquake per l'osservazione delle registrazioni in tempo reale delle vibrazioni del suolo, l'analisi dei *drum*, il calcolo di distanza e magnitudo degli eventi sismici registrati.

Risultati

La partecipazione di alunni alle attività didattiche proposte alle scuole in visita di istruzione presso il Centro accoglienza visitatori della Grotta Gigante come arricchimento alla visita alla grotta stessa è evidente dai dati della tabella 1 e dai grafici nelle figure 4 e 5. Si nota come nel periodo considerato, a fronte di una lieve diminuzione del numero complessivo di studenti che visitano annualmente la Grotta Gigante (21.906 nel 2012, 18.535 nel 2014 anche se i dati del 2014 non sono completi) la partecipazione alle attività didattiche mostra invece un trend positivo (2.862 studenti, il 13% del totale nel 2012, 3.507 studenti, il 18,9% del totale nel 2014, anche se ancora una volta i dati del 2014 non sono completi).

Anno	Numero totale studenti in visita alla Grotta Gigante	Numero studenti che hanno partecipato anche ad una attività didattica oltre che alla visita alla grotta	% studenti che hanno partecipato anche ad una attività didattica oltre che alla visita alla grotta
2012	21906	2862	13%
2013	19179	2141	11,1%
2014	18535	3507	18,9%

Tabella 1. partecipazione delle scuole alle attività didattiche nel periodo 2012 - 2014 (i dati del 2014 sono parziali in quanto limitati al periodo 1/1 – 27/10).

Table 1. Level of participation of students at workshops of scientific dissemination during the period 2012 - 2014 (for 2014 missing data after 28/10/2014).

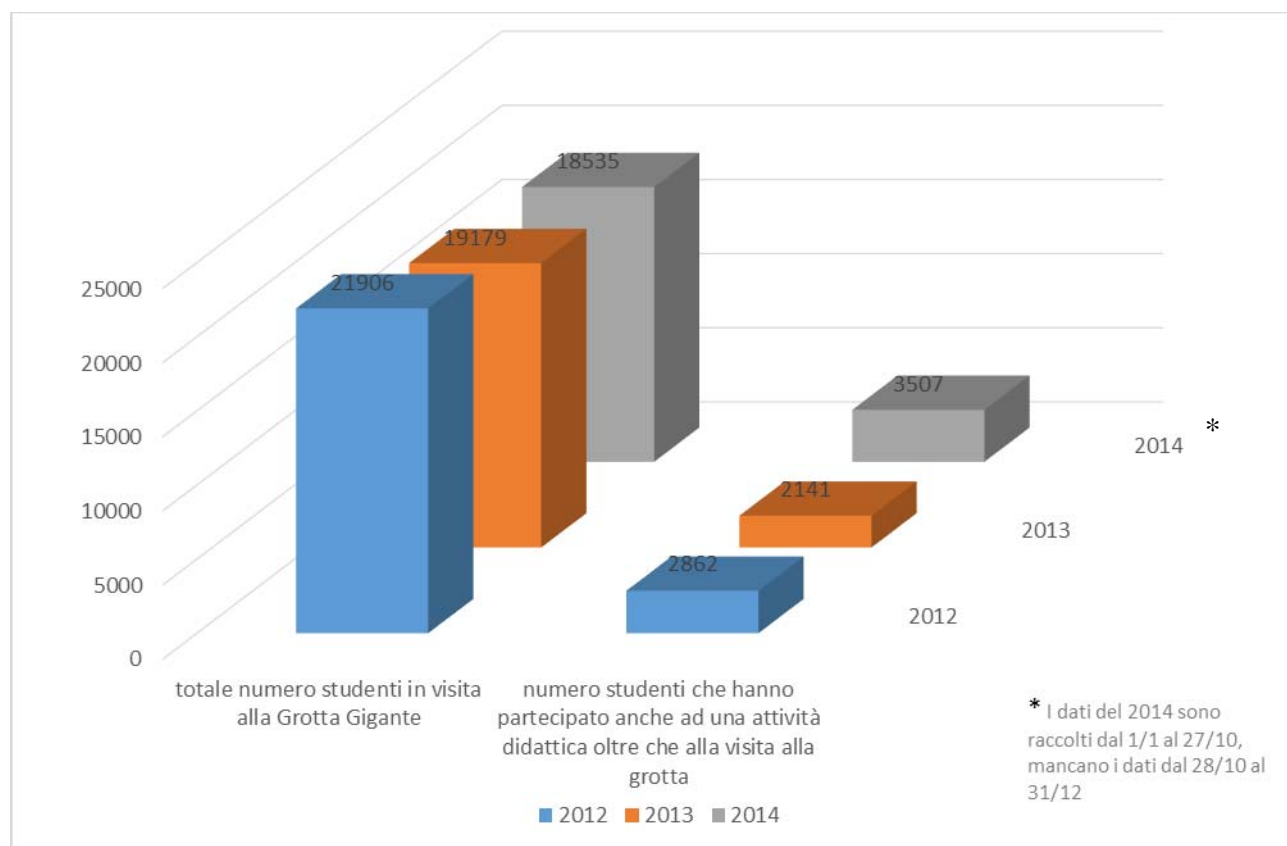


Figura 4. Numero totale di studenti in visita di istruzione alla Grotta Gigante e numero di studenti che oltre alla visita alla grotta hanno partecipato anche alle attività didattiche. Valori assoluti, relativi agli anni 2012, 2013, 2014.

Figure 4. Total number of students that visited Grotta Gigante and number of students that took part to workshops.

Discussione e Conclusione

Dai dati proposti in Tabella 1 e nelle figure 4 e 5 si evince che nel periodo 2012 -2014 (seppure per il 2014 manchino i dati del periodo 28/10 – 31/12) il trend del numero di studenti che partecipano alle attività didattiche, sia in termini assoluti che in relazione al numero totale di studenti in visita alla Grotta Gigante nell'anno, si dimostra positivo. Tale dato evidenzia sia le crescenti esigenze del pubblico scolastico in visita di istruzione, che non si accontenta più della classica visita guidata alla grotta ma cerca informazioni più dettagliate e approfondite sull'argomento, sia l'apprezzamento per le metodologie utilizzate per la divulgazione dei temi trattati, con il coinvolgimento diretto degli alunni in attività difficilmente realizzabili nel normale contesto scolastico. Si prevede per il futuro di ampliare l'offerta degli argomenti, rendendo i laboratori didattici un punto di forza dell'attività di divulgazione svolta dalla Grotta Gigante con scopo di instillare nelle nuove generazioni l'interesse per la speleologia e per le scienze ad essa correlate.

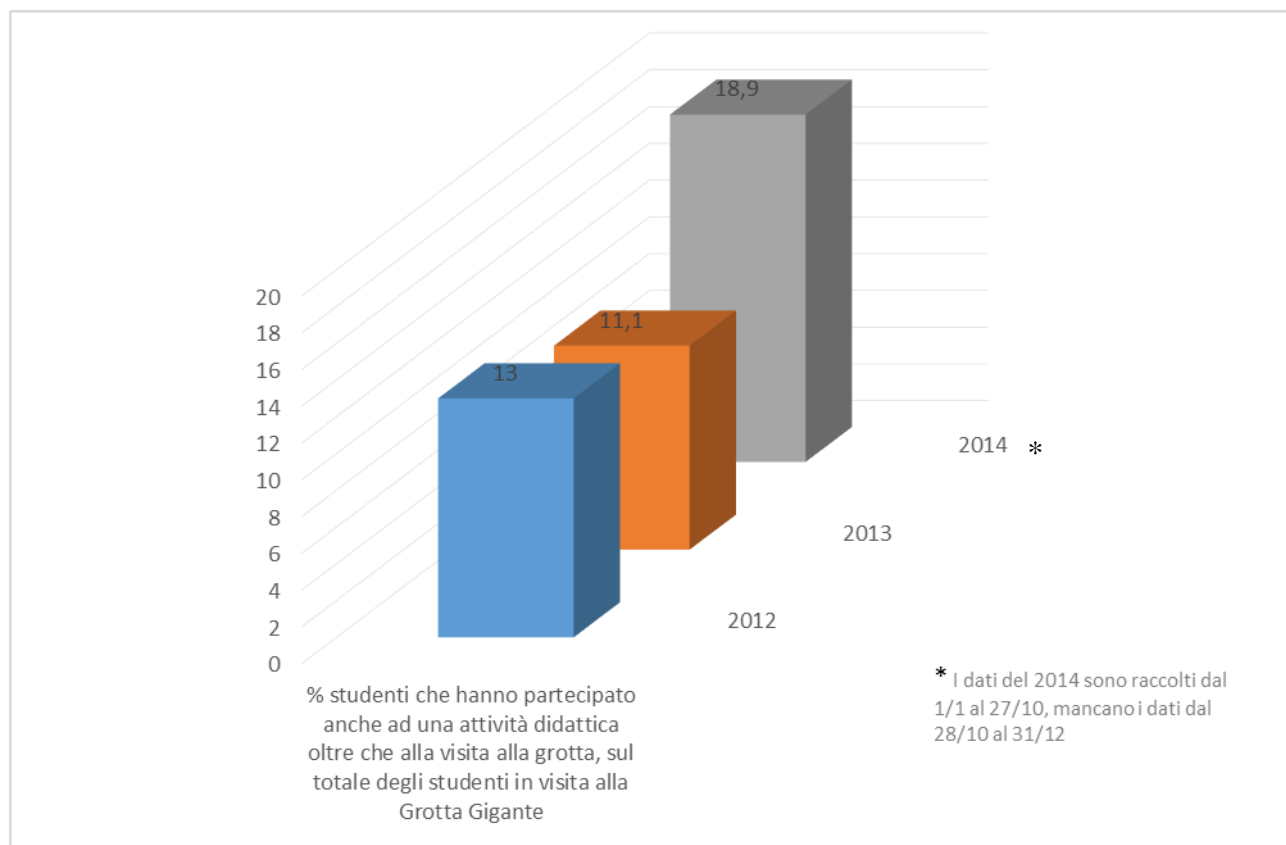


Figura 5. Percentuale di studenti che oltre alla visita alla grotta hanno partecipato anche alle attività didattiche. Valori percentuali, relativi agli anni 2012, 2013, 2014.

Figure 5. Percentage of students who took part to workshops in addition to the tour of the cave through years 2012, 2013, 2014.

Ringraziamenti

Si ringraziano Dipartimento di Matematica e Geoscienze dell'Università degli Studi di Trieste, Museo Civico di Storia Naturale di Trieste, Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale (OGS) e *Friuli Experimental Seismic Network* (FESN) per la collaborazione nella pianificazione delle attività didattiche. Un ringraziamento particolare al socio della Commissione Grotte "E. Boegan" AUGUSTO DIQUAL per aver ripristinato il sensore Wickers utilizzato nell'attività dedicata alla sismologia.

IL RESTAURO AMBIENTALE DELL'AREA DI DEFLUSSO DELLA FONTANA SALSA DI POIANO (VILLA MINOZZO, RE)¹

MAURO CHIESI¹, VILLIAM MORELLI², GIOVANNI CARRA³

¹ Società Speleologica Italiana, via Luca da Reggio 1, 42020 Albinea (RE); chiesi.sca@libero.it

² Società Botanica Italiana, via Carso, 8, 42021 Bibbiano (RE); vilmore@alice.it

³ ART s.r.l., Strada Prato, 15, 43100 Parma; g.carra@artambiente.org

Riassunto

Il Progetto Life+ 08/NAT/IT/000369 sviluppa azioni di tutela di habitat e specie animali di interesse comunitario strettamente associati agli affioramenti gessosi di sei Siti Natura della Regione Emilia-Romagna. Tra questi l'Habitat dell'area delle Fonti di Poiano (7210* Paludi calcaree con *Cladium mariscus* e specie del *Caricion devallianae*), unica stazione provinciale presente in forma relictuale, inserita nel Sito di Importanza Comunitaria "Gessi Triassici". L'area ha subito, negli ultimi 30 anni, inconsapevoli trasformazioni antropiche che hanno portato una delle più importanti zone umide di origine carsica dell'Appennino a perdere gran parte del suo valore naturalistico e della biodiversità. L'alterazione delle condizioni di deflusso dell'acqua salsa, rallentate nel cavo di un bacino artificiale, ha facilitato la rapida diffusione in forma invasiva di *Phragmites australis*, la comune cannuccia di palude, causando la semplificazione del complesso mosaico di habitat descritto in passato. Nel presente lavoro vengono illustrati gli interventi realizzati nell'area delle Fonti di Poiano che hanno perseguito quale obiettivo primario il restauro della morfologia naturale della zona di deflusso delle diverse risorgenti carsiche, al fine di ricostituire le basi per la conservazione e lo sviluppo delle comunità vegetali di questo peculiare tipo di ambiente umido: un fresco *prato salso* caratterizzato da un elevato contenuto in NaCl nel suolo.

Parole chiave: restauro ambientale, sorgenti carsiche, carsismo in evaporiti, Fonti di Poiano

Abstract

ENVIRONMENTAL RESTORATION OF THE FONTANA SALSA DI POIANO KARST SPRING OUTFLOW AREA –

Life+ Project 08/NAT/IT/000369 develops measures to protect habitats and species of EU interest closely associated with gypsum outcrops of six Natura 2000 sites of Emilia-Romagna region. Among these the Habitat area of Poiano springs, the only provincial station in relict form, part of the site of Community importance "Gessi Triassici". The area has suffered over the past 30 years, unaware anthropic transformations that led one of the most important wetlands in karst of the Apennines to lose most of its natural value. The alteration of salty water flow conditions, slowed down in the hollow of a pond, has facilitated the quick and invasive growth of *Phragmites australis*, the common reed, causing the almost total disappearance of a complex mosaic of habitats described in the past. In this paper Authors illustrate the interventions carried out in the Poiano flow area with the primary goal of restoration of the natural morphology of the outflow area of the different karst springs, in order to reconstitute the development of plant communities of this peculiar type of humid environment: a salty fresh meadow characterized by a high content of NaCl in the soil.

Key words: environment restoration, karst springs, evaporites karst, Fonti di Poiano

¹Lavoro svolto per conto di Life+ 08/NAT/IT/000369 "Gypsum: tutela e gestione di habitat associati alle formazioni gessose dell'Emilia-Romagna"



Introduzione

Le Fonti di Poiano, in origine denominate *Fontana salsa*, con una portata media di circa 400 l/s di acqua sensibilmente salata (media ca. 6 g/l di NaCl) sono la sorgente carsica più copiosa dell'Appennino settentrionale. Rappresentano una tipica sorgente di chiusura dell'area carsica di maggiore estensione del territorio regionale dell'Emilia-Romagna caratterizzata dall'affioramento di evaporiti triassiche, incise dal Fiume Secchia (Reggio Emilia). L'eccezionale valore naturalistico di questi ambienti e paesaggi unici è conosciuto da tempo grazie a approfondite ricerche multidisciplinari, in primis speleologiche, e testimoniato dalla recente istituzione di vincoli di tutela quali il SIC "IT4030009 Gessi Triassici" della Rete Natura 2000 all'interno del perimetro del Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano. A partire dagli anni '80 del secolo scorso e fino ai primi anni del 2000 l'area delle Fonti di Poiano è stata teatro di successivi interventi di trasformazione che, perseguendo finalità di valorizzazione essenzialmente turistico-idrotermali, ne hanno profondamente modificato il contesto naturale ed il paesaggio. Un laghetto di modesta profondità, delimitato verso valle da un argine artificiale rettilineo, laddove le acque sorgive scorrevano libere sul proprio conoide, nonché la realizzazione di una struttura recettiva rappresentano le maggiori evidenze dell'intervento antropico. Le profonde alterazioni subite sono ampiamente documentate dalla documentazione fotografica storica (Fig. 1). Il deflusso delle differenti sorgenti, infatti, avveniva lungo un leggero piano inclinato di detrito per canali liberi. Il rallentamento dello scorrere delle acque salse ha facilitato la rapida diffusione in forma invasiva, a partire dal bacino artificiale, di *Phragmites australis* (cannuccia di palude), causando la semplificazione del complesso e peculiare mosaico di habitat rilevato nel passato (Fig. 2).

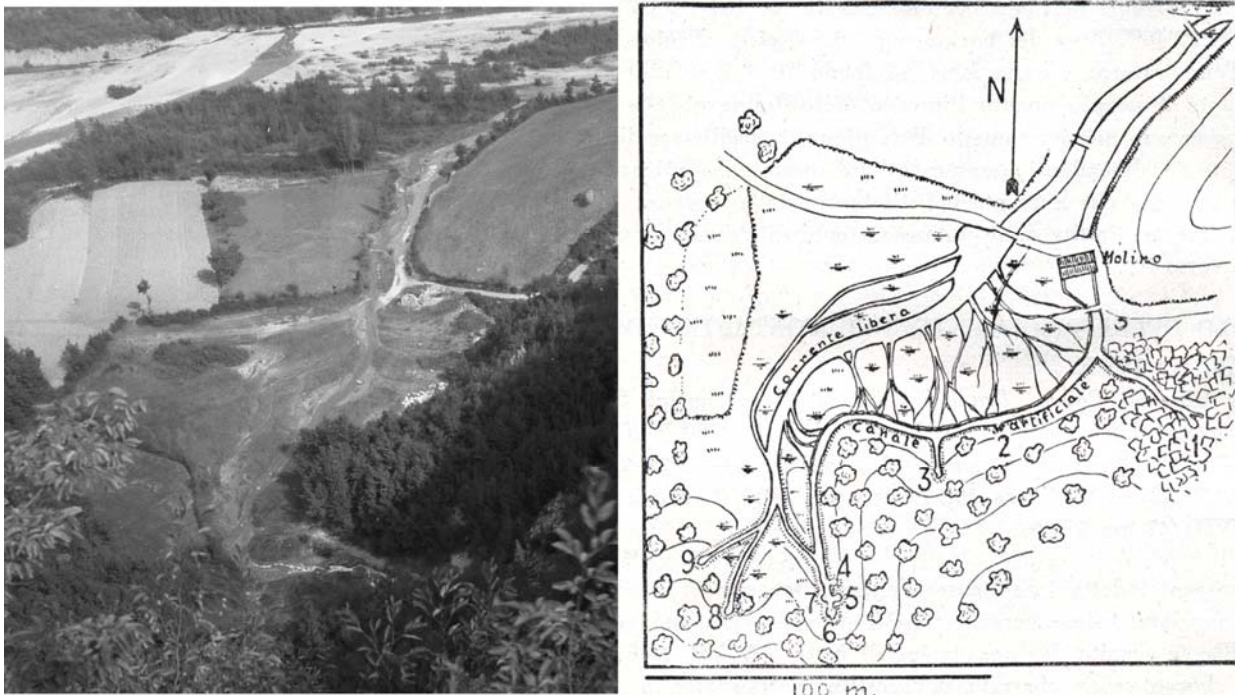


Figura 1. Foto (1963) e rilievo dell'area (1949) di DARIA BERTOLANI MARCHETTI.

Figure 1. Photo (1963) and drawing of the area (1949) by DARIA BERTOLANI MARCHETTI.

Il progetto di restauro ambientale dell'area di deflusso delle sorgenti carsiche di Poiano ha trovato finanziamento nell'ambito del Progetto Life+ 08/NAT/IT/000369 "Gypsum: tutela e gestione di habitat associati alle formazioni gessose dell'Emilia-Romagna". I lavori, appaltati dal Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano, si sono protratti per circa 6 mesi, con brevi interruzioni nel periodo invernale, sino alla consegna avvenuta nel maggio 2014, hanno comportato un impegno economico complessivo di € 90.000 (€ 70.000 per lavori, €20.000 per IVA e spese tecniche).

Obiettivi e particolarità progettuali

Il progetto ha inteso ricostruire in primo luogo l'assetto morfologico dell'area di deflusso delle sorgenti carsiche di Poiano, determinando così le premesse idrogeologiche affinché possano essere recuperate nel tempo le condizioni preesistenti nell'habitat. Sinteticamente si è basato sull'eliminazione dell'argine di sbarramento, l'elemento di maggiore alterazione del contesto, nelle operazioni di asportazione dei sedimenti accumulati nel

bacino (colonizzati dai rizomi della cannuccia) e di riporto di terreno in sito per la ricostituzione, a livello embrionale, delle linee di deflusso delle acque sorgive e nel conferimento alle forme emerse di una morfologia coerente a quella dei coni detritici coalescenti (Fig. 3).

La differenziazione morfologica tra zone emerse e canali di scorrimento è stata volutamente mantenuta al minimo in modo da permettere al reticolo idrico di modificarsi nel tempo e di acquisire di conseguenza condizioni di equilibrio rispetto al regime idrologico delle sorgenti.

Tutto il materiale proveniente dalla demolizione dell'argine è stato integralmente reimpiegato all'interno del cantiere per il recupero delle quote delle aree depresse e per la sostituzione dei fanghi sedimentati nel bacino,



Figura 2. Area di deflusso della Fontana salsa di Poiano, situazione ante-operam (Giugno 2013).

Figure 2. Fontana salsa di Poiano karst spring outflow area, ante-operam condition (June 2013).

totalmente colonizzati dai rizomi di *Phragmites*, viceversa conferiti a discarica. Poiché non sufficiente al volume di rinterro occorrente, il materiale in posto (prevalentemente ghiaia eterogenea, sabbia e limi in natura)



Figura 3. Asportazione dal bacino dei fanghi sedimentati, colonizzati dai rizomi di *Phragmites a.* (Novembre 2013).

Figure 3. Removal of mud sediments in the basin, colonized by *Phragmites's* rhizomes (November 2013).

è stato integrato e miscelato con analogo materiale estrattivo proveniente dallo stesso ambito fluviale, al fine di riattivare anche una circolazione di falda superficiale. Sul riempimento grossolano così ottenuto si è proceduto poi alla stesa di uno strato leggero di terreno vegetale argilloso, emendato con letame maturo, al fine di costituire un substrato idoneo all'inerbimento. Infine si è attuata la semina a spaglio di un miscuglio selezionato di erbacee autoctone, con prevalenza di leguminose (*Trifolium* sp.) al fine di sfruttarne l'azione azotofissatrice e, nel contempo, la buona tolleranza a condizioni di sensibile salinità nel suolo. L'assetto finale dell'area è stato pertanto riportato

alle condizioni potenziali del passato: una estesa superficie inclinata, incisa da diversi rivoli provenienti dalle sorgenti, di raccordo tra la base del versante e il canale emissario dell'area umida. Questa è la quota "di fondo" del sistema, sovrainposta all'atto della costruzione del mulino

presente già nella prima descrizione dell'area della *Fontana salsa* di Poiano, nel 1612.

Compatibilità paesaggistica-ambientale dell'intervento

L'opera realizzata è finalizzata ad un primo intervento di restauro di un assetto idrodinamico rimaneggiato, storicizzato in epoca storica (edificazione del Mulino di Poiano e conseguenti modeste opere di parziale captazione e regimazione delle acque delle diverse scaturigini per il suo funzionamento, esistenti già nel 1612), rilevato e descritto dai primi studi scientifici di ordine botanico, idrogeologico e carsico (AA.VV., 1949) e documentato dalle immagini fotografiche disponibili del secolo scorso (BERTOLANI-MARCHETTI, 1963; RER 1973 e successive). Tale assetto, documentabile come stabilizzato dai primi del 1600 sino al 1980 ca., ha sino allora conservato un elevato grado di naturalità sia per la modestia delle opere di captazione ad uso del mulino,

sia per l'elevata dinamicità caratterizzante l'idrodinamica delle sorgenti stesse che, a titolo esemplificativo, mostrano importanti variazioni di portata (minimo 220, massimo 760 l/s) cui conseguono periodi di deposizione alternati a erosione del detrito insolubile su cui scorrono. Grazie alla costante presenza in fase di direzione lavori e non da ultimo all'attenzione degli operatori di cantiere praticamente nulli sono risultati: gli impatti sulla vegetazione dei rilevati all'interno della zona umida (gli unici conservanti un discreto grado di biodiversità rispetto alla mono-colonizzazione sinantropica da parte di *Phragmites a.*), gli impatti sulla vegetazione acquatica, in particolare *Zannichellia palustris L. subsp. polycarpa*, grazie a positivi trapianti entro l'area di cantiere (allo stato odierno la specie ha rapidamente rioccupato maggiori stazioni rispetto alla situazione ante-operam). Le matrici di valutazione dell'entità delle trasformazioni indotte dall'intervento, degli interventi di mitigazione e ripristino, elaborate in sede di analisi progettuale, sono quindi risultate pienamente corrette e verificate.

Aspetti floristici e vegetazionali

La situazione pregressa

Le conoscenze sulla situazione pregressa dell'area riguardanti flora e aspetti vegetazionali risalgono al primo dopoguerra, grazie alla Commissione scientifica del CAI di Modena che avvia spedizioni scientifiche per lo studio e l'esplorazione speleologica dei gessi triassici dell'alta val Secchia. Dalla relazione della botanica DARIA BERTOLANI MARCHETTI si evince come la situazione fosse completamente diversa da quella attuale, per ricchezza di ambienti e specie presenti nell'area. Sicuramente si trattava, anche per le modificazioni apportate per alimentare il vecchio mulino (Fig. 7), di una zona umida molto complessa e di grandissima valenza naturalistica. Nella attuale situazione normativa sarebbe stata sicuramente sottoposta a una rigorosa tutela. Purtroppo gli interventi di "valorizzazione" turistica subiti dall'area, a partire dagli anni '80, sono stati eseguiti in modo sconsiderato, ignorando completamente l'importanza ecosistemica e paesaggistica del luogo.



Figura 4. Foto diacronica, dall'alto, dell'area di cantiere (Novembre 2013-Agosto 2014).

Figure 4. Diachronic photos, from the top, of the yard (November 2013-August 2014).

Esemplificativa, su tutto, la scomparsa di *Triglochin palustre*, pianta ormai rarissima nel nostro territorio e in forte diminuzione su tutto il territorio nazionale. Fortunatamente uno studio interdisciplinare condotto negli anni '80 ha permesso di individuare l'area tra quelle da inserire nella Rete Natura 2000 creata dalla Comunità europea. In questa fase viene individuato, nella zona umida presente a valle delle bocche, l'habitat 7210 – Paludi calcaree con *Cladium mariscus* e specie del *Caricion davallianae* (di priorità assoluta per la conservazione in Europa). Si tratta di zone umide e torbiere basse di tipo alcalino caratterizzate da formazioni emergenti azonali a dominanza di *Cladium mariscus*, con distribuzione prevalente nella Regione

Bioclimatica Temperata ma presenti anche nei territori a Bioclima Mediterraneo, spesso in contatto con la vegetazione delle alleanze *Caricion davallianae* o *Phragmition*. In Emilia-Romagna i lembi di vegetazione a *Cladium mariscus*, inquadrati nell'associazione *Mariscetum serrati* e nell'associazione *Cladietum marisci* (Codice CORINE Biotopes 53.33), si sviluppano in stazioni inondate durante i periodi piovosi ed asciutte d'estate, su suoli poveri di nutrienti.

La situazione attuale

In realtà la situazione che abbiamo trovato era completamente diversa e uno studio fitosociologico ha individuato la seguente sintassonomia: *Phragmiti-Magnocaricetea* Klika 1941; *Phragmitetalia* W. Koch 1926 em. Pign. 1926; *Phragmition communis* W. Koch 1926; *Phragmitetum communis* (All. 1921) Pignatti, 1953. Si tratta di una formazione decisamente sinantropica, con dominanza assoluta di *Phragmites australis* con poche altre specie presenti soprattutto nei rilevati. Importante la presenza di *Zannichellia palustris subsp. polycarpa*,

idrofito in fortissima rarefazione. Attualmente sono in corso i monitoraggi post operam che permetteranno di ricavare prime indicazioni significative sull'evoluzione della vegetazione e sulla presenza e distribuzione delle specie.

Possono però fin da ora essere delineate alcune considerazioni:



Figura 5. *Lythrum hyssopifolia*
(Agosto 2014).

Figure 5. *Lythrum hyssopifolia*
(August 2014).

1. il nuovo assetto idraulico e morfologico dell'area ha permesso la rapida diversificazione degli ambienti e nuove possibilità di colonizzazione per molte specie ormai scomparse nell'area (Fig. 4);
2. l'aumento considerevole della velocità della corrente nei canali che si sono formati/riattivati sembra non favorire la ricolonizzazione da parte di *Phragmites australis* (Fig. 6);
3. *Zannichellia palustris subsp. polycarpa*, presente in precedenza solo ai margini del canneto, si sta diffondendo in altre aree con copiose popolazioni;
4. il prato salso che è stato ricreato, è stato in brevissimo tempo colonizzato da specie molto interessanti con presenza di una popolazione di *Lythrum hyssopifolia* (specie rarissima nel reggiano) formata da centinaia di esemplari (Fig. 5);
5. la presenza di specie tipiche di ambienti umidi, soprattutto *Cypreaceae* e *Juncaceae* è rapidamente aumentata.

Si può quindi affermare che l'evoluzione in atto procede molto più rapidamente di quanto sperato in fase progettuale. È comunque impossibile prevedere come la vegetazione evolverà nel tempo e che situazione stabile avremo in futuro. Per questo motivo si ritengono

premature ipotesi di reintroduzione di specie scomparse come ad esempio *Triglochin palustre*. Rimane inoltre il problema del contenimento della cannuccia (*Phragmites australis*) che, anche se ampiamente ridimensionata, potrebbe, in mancanza di interventi ripetuti di contenimento (sfalci ripetuti nell'anno), colonizzare altre zone del prato salso.



Figura 6. Riattivazione dell'antico canale di alimentazione del mulino (Agosto 2014).

Figure 6. Ancient mill's channel reactivation (August 2014).

Aspetti paesaggistici, impatti rimanenti

Elementi di alterazione paesaggistica residui sono rappresentati dal fabbricato "Ristoro delle Fonti" eretto a ridosso dell'area umida, e dal recente ultimo intervento di "valorizzazione" rappresentato dall'inopinato scavo di un bacino stagnante poco a valle della stessa area. Poco o nulla si può ormai ipotizzare per il primo, se non una attenta rilettura dei materiali e dei colori degli infissi e di parti delle murature, una schermatura anche parziale con sistemi di verde e, soprattutto, una maggiore attenzione (decoro) riguardo alla ridondanza di cartellonistica e/o attrezzature ludiche sparse un poco a casaccio ma sempre e comunque "in bella vista". Discorso assai diverso, viceversa, può essere affrontato in raffronto al secondo elemento di impatto. Con forma assolutamente artificiale (vedi immagini dall'alto), deve la sua inverosimiglianza proprio a causa della sua stessa improbabile funzione: ai margini di un conoide di deflusso di una sorgente,

appoggiato sopra un terrazzo fluviale, proprio dove non si formerebbero mai specchi d'acqua stagnante. Non da ultimo è privo di un qualunque utilizzo da parte dei visitatori, che certamente preferiscono bagnarsi con la gelida corrente d'acqua salda dei canali naturali, sorseggiandola poi dalle scaturigini delle vicine sorgenti. Un possibile obiettivo di restauro paesaggistico per questo impattante elemento artificiale residuo dovrebbe, a nostro avviso, tendere alla ricostruzione del canale meandriforme presente sino alla sua rettifica indotta dai lavori di sistemazione della strada di collegamento col fondovalle proveniente dal soprastante paese di Poiano,

come ben visibile nella fotografia dall'alto del 1963 (Fig. 1).



Figura 7. Vista da una delle sorgenti intermedie; antico argine per l'alimentazione del mulino (Ottobre 2014).

Figure 7. View from one of the intermediate sources; the embankment for the power of the mill (October 2014).

Conclusioni

L'intervento di restauro dell'area di deflusso delle sorgenti carsiche ha consentito, in un lasso di tempo assai contenuto, di riportare con successo l'area naturalistica della *Fontana salsa di Poiano* verso le forme paesaggistiche storicizzate. Sul piano del ripristino degli habitat il nuovo assetto idraulico e morfologico dell'area ha permesso la rapida diversificazione degli ambienti e nuove possibilità di colonizzazione per molte specie vegetali ormai scomparse dall'area, in corso di monitoraggio, con risultati molto più rapidi di quanto era ipotizzabile in fase progettuale. Esemplificativo in tal senso è il caso di *Lythrum hyssopifolia* (specie rarissima nel reggiano), che ha trovato immediate condizioni favorevoli per un consistente insediamento nel prato umido realizzato da pochi mesi. Solamente la prosecuzione nel tempo di approfonditi monitoraggi potrà consentire una corretta valutazione di come la vegetazione evolverà nel tempo e quale assetto stabile assumerà in futuro. Per questo motivo si ritengono al momento premature ipotesi di reintroduzione di specie scomparse provenienti da orizzonti fitoclimatici estranei all'area dei "gessi". Il contenimento della cannuccia comune, anche se ampiamente ridimensionata in estensione dall'intervento, dovrà necessariamente proseguire per alcuni anni con interventi ripetuti di sfalcio (al momento si ritengono ottimali tre turni: indicativamente maggio/agosto/ottobre), in mancanza dei quali potrebbe ricolonizzare ampie zone del prato salso.

Ringraziamenti

Gli Autori desiderano esprimere gratitudine all'amministrazione del Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano che ha saputo cogliere tutte le potenzialità del Progetto Life+ Gypsum. NADIA FATTORI e ALESSANDRA CUROTTI ci hanno supportato e sopportato. Un ringraziamento personale è tuttavia dovuto a DINO GENITONI, vero *one-man-show* del cantiere, senza la cui tenacia e perizia le macchine impiegate, spesso immerse nel fango sino alla cabina, non avrebbero operato con tanta precisione e delicatezza.

Bibliografia essenziale

- AA.VV., 1949. *Studio sulla formazione gessoso-calcareo nell'alta valle del Secchia*, Club Alpino Italiano, Memorie del Comitato Scientifico Centrale, n. 1, 1-243
- AA.VV., 1988. *L'area carsica dell'alta Val di Secchia, studio interdisciplinare dei caratteri ambientali*, Regione Emilia-Romagna-Provincia di Reggio Emilia, Studi e documentazioni, 42, 1-303
- AA.VV., 1999. *Manuel d'interprétation des habitats de l'Union Européenne* – Commission Européenne DG Environnement.
- AA.VV., 2009. *Il Progetto Trias, studi e ricerche sulle evaporiti triassiche dell'alta val di Secchia e sull'acquifero carsico di Poiano (Reggio Emilia)*, Società Speleologica Italiana, Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s. II vol. 22, 1-164.
- ALESSANDRINI A., BRANCHETTI G., 1997. *Flora reggiana*, Cierre Edizioni.
- ALESSANDRINI A., MORELLI V., 2008. *Banca dati informatizzata della flora reggiana*. Provincia di Reggio Emilia (inedito).
- ALESSANDRINI A., TOSETTI T. (Eds.), 2001. *Habitat dell'Emilia Romagna*. Manuale per il riconoscimento secondo il metodo europeo "CORINE – biotopes", IBC Regione Emilia-Romagna.
- BOTTEGARI C., 1612. *Relazione di un suo viaggio all'acqua salata di Minozzo in quel di Reggio (di Modena)*. Documento XII in libro di Canto e di Liuto.
- CHIESI M., 2011. *I paesaggi carsici nel Reggiano*. in: LUCCI P. ROSSI A. (Eds.), *Speleologia e geositi carsici in Emilia-Romagna*. Regione Emilia-Romagna. Fed. Speleol. Reg. Emilia-Romagna, Pendagrone, Bologna, 69-78.
- CHIESI M., DE WAELE J., FORTI P., 2010. *Origin and evolution of a salty gypsum/anhydrite karst spring: the case of Poiano (Northern Apennines, Italy)* Hydrogeology Journal, 18, 1111-1124, DOI 10.1007/s10040-010-0576-2.

GEOSITI CARSIICI DELL'AREA DEI MONTI DI CAPO SAN VITO (SICILIA NORD-OCCIDENTALE)

ROSARIO RUGGIERI^{1,2}, DAVIDE MESSINA PANFALONE¹

¹ CIRS - Centro Ibleo di Ricerche Speleo-Idrogeologiche, via Torrenuova 87, Ragusa; info@cirs-ragusa.org

² University of Nova Gorica, Slovenia

Riassunto

Il risultato di circa un centinaio di cavità esplorate e documentate dal CIRS Ragusa a partire dal 1992 fa emergere l'area dei Monti di Capo San Vito, estrema propaggine nord-occidentale della Sicilia, come una delle più interessanti aree carsiche e speleologiche dell'isola. Il territorio prevalentemente montuoso evidenzia il suo carattere spiccatamente carsico con una diffusa varietà di forme carsiche, sia superficiali che ipogee, quest'ultime prevalentemente verticali, chiamate *zubbie*, dall'arabo *zuby*, voragine senza fondo. Fra queste l'Abisso del Purgatorio, che con i suoi 200 m di profondità si pone fra le cavità più profonde della Sicilia, e l'Abisso delle Gole di Cipollazzo, inghiottitoio attivo profondo circa 150 m, non ancora del tutto esplorato. Fra le cavità documentate lungo le paleo-falesie marine di grande importanza scientifica è emersa la Grotta Rumena, sia per gli aspetti paleontologici, con una diffusa incrostazione di coralli e altri organismi marini, che per la presenza di iatus in alcune stalattiti che ne evidenziano l'importanza come archivio di eventi paleoclimatici e delle variazioni del livello marino nel corso del Pleistocene. Per tale particolarità e rarità per questa cavità è stato avviato l'iter per il suo riconoscimento quale Geosito di importanza mondiale. In questo contesto di grande interesse carsico, si colloca, altresì, l'areale di Piano Zubbia, con la presenza di tre fra le più interessanti ed estese cavità di questo territorio costituite dalla Grotta della Clava, la Grotta Maria SS. di Custonaci e la Grotta del Fantasma. La relativa vicinanza delle suddette cavità, la bellezza delle loro formazioni calcitiche e non ultimo, in alcuni casi, la loro importanza scientifica a supporto della interpretazione morfotettonica dell'area dei Monti di Capo San Vito, hanno fatto emergere l'esigenza di una loro indifferibile salvaguardia e conservazione. Al riguardo, il CIRS ha proposto un progetto di valorizzazione, tutela e fruizione finalizzato all'istituzione del Geosito "Parco speleologico e carsico di Piano Zubbia", ai sensi della recente normativa, L.R. n° 25/2012, che disciplina in Sicilia l'istituzione delle singolarità geologiche.

Parole chiave: Sicilia, geosito, carsismo, speleologia

Abstract

KARST GEOSITES OF THE MONTI DI CAPO SAN VITO AREA (NORTH-WESTERN SICILY) - The result of about a hundred karst caves explored and documented by CIRS Ragusa since 1992 reveals the area of Monti di Capo San Vito as one of the most interesting speleological and karst areas of Sicily. This mostly mountainous territory has a distinctive karst character with a wide range of both surface and underground morphologies, these latter, mostly vertical, called *zubbie*, from Arabic language *zuby*, a shaft without a bottom. Among these, the Abyss of Purgatorio, with its approximately 200 m depth is one of the deepest caves in Sicily, and the Abyss of Cipollazzo Gorge, an active swallow hole about 150 deep, still not completely explored. Among the surveyed caves located along the relict sea-cliffs, the Rumena cave has shown a great scientific importance, both for the paleontological aspects and for the fact of representing an archive of paleoclimatic events and changes in sea level, constituting for its rarity a geosite of worldwide importance. Another area of great karst and speleological interest is the Piano Zubbia which hosts three of the most interesting and extensive caves: the Grotta della Clava, the Grotta Maria SS. di Custonaci and the Grotta del Fantasma. The beauty of their calcite speleothems and their scientific importance, in relation to the interpretation of the morphotectonic evolution of the area, have highlighted the need for an undeferrable protection and conservation. In this regard, the CIRS has proposed a project of promotion and safeguard aimed at the formulation of the geosite "Speleological and karst Park of Piano Zubbia", under the recent legislation in Sicily which governs the institution of geoheritage sites.

Key words: Sicily, geosite, karst, speleology

Introduzione

Con l'emanazione della L.R. n. 25/2012, "Norme per il riconoscimento, la catalogazione e la tutela dei geositi in Sicilia", che attribuisce la competenza della "materia geositi" all'Assessorato Territorio e Ambiente e che regola, insieme al Decreto Attuativo n. 87/2012, l'istituzione di ogni geosito tramite Decreto Assessoriale, le realtà speleologiche dell'isola acquisiscono un utile strumento al fine di proporre la tutela di realtà carsiche e speleologiche, sia se costituite da una singola cavità sia se rappresentate da un più o meno esteso areale. A ciò va aggiunto il riconoscimento della speleologia siciliana a essere rappresentata nella commissione tecnico-scientifica preposta all'esitazione con parere consultivo delle proposte di geositi provenienti da università, enti pubblici o privati, associazioni o singole persone.

In questo contesto si collocano le proposte di geositi carsici formulate dal CIRS, di seguito descritte, finalizzate alla valorizzazione, tutela e conservazione di areali carsici, speleologici e singole cavità, documentati nel territorio dei Monti di Capo San Vito, nella Sicilia nord-occidentale.

Inquadramento geografico e geologico

L'area dei Monti di Capo San Vito occupa l'estremo settore nord-occidentale siciliano, facente parte dei Monti di Trapani. L'orografia di questo territorio, prevalentemente montuosa, è costituita da un sistema di dorsali, allungate mediamente NW-SE, separate nell'entroterra da depressioni strutturali e lungo il mare da poco a mediamente estese fasce costiere. Questo territorio evidenzia, sotto il profilo geologico, un complesso contesto morfostrutturale derivante dalle deformazioni e sovrascorrimenti indotti dalla costruzione dell'orogene della catena siciliana-appennino-maghrebide a partire dall'Oligocene superiore, e dalle successive fasi neotettoniche estensionali trascorrenti plio-pleistoceniche legate all'evoluzione del margine meridionale tirrenico (ABATE et al., 1991; TONDI et al., 2006; CATALANO et al., 2011).

La natura prevalentemente carbonatica di questo areale e il complesso di discontinuità strutturali, derivato dalle diverse fasi orogeniche e neotettoniche che hanno interessato l'area, hanno favorito, veicolato e governato lo sviluppo di diffusi e importanti fenomeni carsici che si evidenziano in superficie con una variegata gamma di morfologie, da micro a macro dimensioni, e in profondità con numerose cavità ad andamento prevalentemente verticale, interessate altresì da diffusi fenomeni di riempimento calcitico (RUGGIERI, 2009, 2013).

Nell'area di ricerca insistono due comuni, San Vito Lo Capo e Custonaci, quest'ultimo interessato da un importante comprensorio minerario (secondo in Italia dopo quello di Carrara in Toscana) per la produzione di pietra carbonatica da ornamento e costruzione. Questa attività, che ha pesantemente inciso sul contesto paesaggistico-ambientale, ha, altresì, comportato negativi riflessi sul paesaggio carsico, degradando con la presenza di numerose cave estrattive ad ampi areali e minacciando, altresì, alcune cavità di particolare valenza scientifica e valore estetico ricadenti nel bacino di coltivazione. Da ciò deriva la necessità di tutelare queste morfologie sia sotto l'aspetto del degrado fisico, esterno e sotterraneo, che per ciò che concerne le problematiche di inquinamento delle falde idriche, particolarmente vulnerabili, per motivi derivanti sia dallo smaltimento dei prodotti di sfrido dell'attività estrattiva, che da sversamenti di prodotti inquinanti.

Attività di documentazione e sensibilizzazione

In tale contesto, il CIRS Ragusa a partire dai primi anni '90, esplora e documenta circa un centinaio di cavità facendo emergere l'area dei Monti di Capo San Vito come una delle più interessanti aree carsiche e speleologiche dell'isola (RUGGIERI & MESSINA PANFALONE, 2011). Con il procedere dell'attività esplorativa e con il conseguimento di importanti risultati, sia sotto il profilo carsico che speleologico, il Centro inizia a proporre e realizzare una serie di eventi didattici e di divulgazione indirizzati alla collettività, finalizzati alla conoscenza e alla sensibilizzazione nei confronti delle singolarità carsiche presenti nel proprio territorio, e specialistici, fra cui il 4° Convegno Regionale di Speleologia nel 2002 a Custonaci.

Consapevoli dell'importanza economica che l'attività estrattiva rivestiva, e riveste tuttora, per buona parte del territorio considerato, l'approccio di promozione e necessità di tutela delle singolarità carsiche rilevate viene incentrato sulla considerazione che tale patrimonio naturale non costituisce un ostacolo in conflitto con i prevalenti interessi economici del territorio, rappresentati prevalentemente dall'attività estrattiva, ma bensì un valore aggiunto, in termini di crescita culturale, socio-economica e di opportunità occupazionali nell'ambito di offerte turistiche indirizzate alla fruizione del patrimonio naturalistico in generale.

I geositi carsici dell'area di Custonaci

L'introduzione in Sicilia della Legge n. 25/2012, se da un lato fornisce un appiglio normativo sulla possibilità di valorizzare e tutelare singolarità geologiche di particolare valenza geomorfologica, speleologica e scientifica, dall'altro apre un importante e prioritario campo di intervento soprattutto in tutte quelle situazioni per le quali il bene geologico da conservare risulta minacciato da un incipiente degrado o quando, addirittura, se ne tema la completa distruzione. Al riguardo, le motivazioni sopra rappresentate stanno alla base delle cinque proposte del CIRS Ragusa di istituzione di geositi carsici ubicati nel territorio di Custonaci, in Provincia di Trapani, di seguito descritti.

Il Geosito “Parco carsico e speleologico di Piano Zubbia”

L'areale, così come perimetrato ai fini della presente proposta (Fig. 1), evidenzia un interesse primario in quanto al proprio interno ricadono tre cavità carsiche, la Grotta della Clava, la Grotta del Fantasma e la Grotta Maria SS. di Custonaci, di notevole interesse, sia speleologico in relazione alla loro estensione e profondità, che geologico, per la presenza di aspetti morfologici e geostrutturali significativi in quanto legati all'evoluzione morfotettonica e alle variazioni climatiche e del livello marino a cui è stato soggetto questo settore dei Monti di Capo San Vito nel corso del Pleistocene. In particolare, la Grotta del Fantasma evidenzia un significativo e raro esempio, per il contesto sud mediterraneo, di cavità di tipo *flank margin cave*, originatasi per soluzione di miscele con diverso contenuto salino sui margini, superiori e inferiori, di una lente di acqua dolce (RUGGIERI, 2013; RUGGIERI & DE WAELE, 2014).

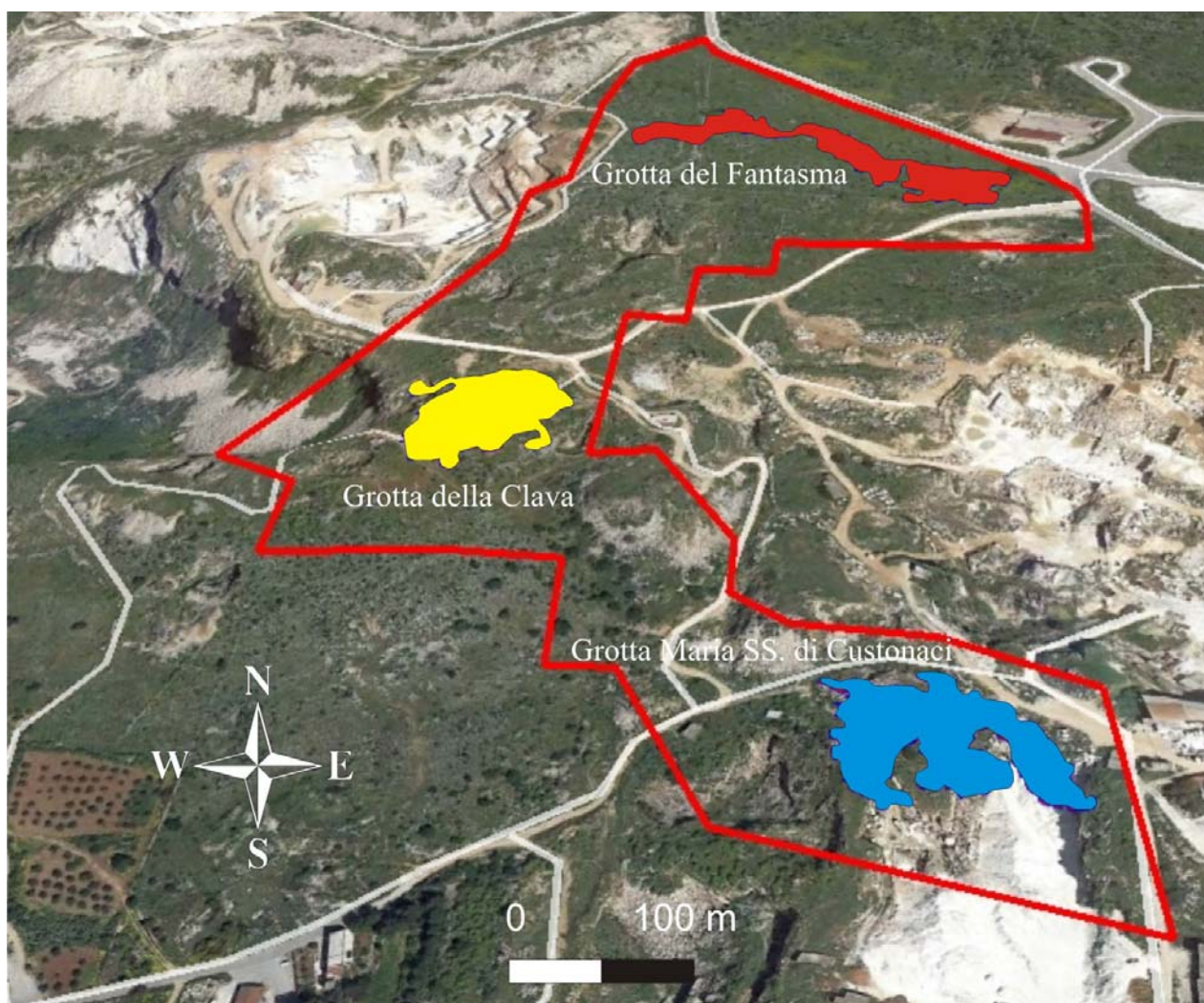


Figura 1. Perimetro del geosito “Parco carsico e speleologico di Piano Zubbia” all'interno dell'area delle cave.

Figure 1. Perimeter of the geosite “Karst and speleological park of Piano Zubbia” inside the quarried area.

L'area proposta come Geosito di importanza nazionale, denominata “Parco carsico e speleologico di Piano Zubbia”, risulta attualmente inserita nella zona “D M” Aree di sfruttamento del marmo del Piano Regolatore Generale del Comune di Custonaci in itinere di approvazione. Da ciò il reale pericolo che le cavità sopra riportate possano subire danni e degradi di varia entità, non ultimo fino a parziale o completa distruzione, in relazione alle attività di estrazione allo stato attuale consentite. In aggiunta, in considerazione della relativa facilità con cui è possibile accedere all'interno di due delle cavità menzionate, Grotta della Clava e Maria SS. di Custonaci, per queste si profila un notevole rischio di degrado e danneggiamento per asportazione di speleotemi, così come già riscontrabile, avvenuto negli ultimi anni.

Il Geosito di importanza mondiale “Grotta Rumena”

La Grotta Rumena scoperta e documentata dal CIRS Ragusa nel 2002 (RUGGIERI & MESSINA PANFALONE, 2011), qualche anno dopo diventa oggetto di studio, nell'ambito di una tesi di dottorato, per una serie di singolarità riguardanti la sua speleogenesi, una diffusa presenza sulle pareti e sul soffitto di incrostazioni di organismi marini, in particolar modo coralli e fori di litofagi (ROSSO ET AL., 2014) e, in particolare, per la scoperta di stalattiti con iatus dovuti a passate fasi di trasgressione marina (RUGGIERI et al., 2012; RUGGIERI, 2013) (Fig. 2). Per quest'ultimo aspetto, a seguito di datazioni, la cavità costituisce un archivio paleoclimatico e dei cambiamenti del livello marino unico a livello mondiale (ANTONIOLI et al., 2012, 2014).

La cavità presenta, altresì, un interesse geomorfologico e speleogenetico in quanto costituisce un significativo e inedito esempio, per il contesto sud mediterraneo, di cavità di tipo *flank margin cave* (RUGGIERI, 2013; RUGGIERI & DE WAELE, 2014) originatasi per dissoluzione nella zona di miscela tra acque di diverso contenuto salino nelle aree costiere (MYLROIE & CAREW, 1990; MYLROIE et al., 1995).

La cavità presenta un notevole rischio di degrado essendo ubicata a breve distanza da una strada provinciale e per la relativa facilità con la quale si può accedere al suo interno. Al riguardo, emblematici sono alcuni danni già arrecati in passato da visitatori occasionali riguardanti sia la presenza di scritte sulle pareti che la rottura e asportazione di speleotemi. Pertanto, sino a che non si pongano in essere strumenti di tutela è sicuramente consigliabile evitare la divulgazione di informazioni geografiche dettagliate sul sito che la riguardano.



Figura 2. Fori di litofagi su una parete della Grotta Rumena.

Figure 2. Lithofaga borings on a wall of Grotta Rumena.

Il Geosito Abisso del Purgatorio

L'Abisso del Purgatorio, ubicato nel polje omonimo, presenta uno sviluppo di 432 m e una profondità di circa 200 m collocandosi in questo modo fra le cavità più profonde del panorama speleologico siciliano.

Per ciò che concerne le morfologie da deposito calcitico, nella cavità a vari livelli sono presenti numerosi speleotemi, ricoprenti sia i massi di crollo che le pareti, alcuni dei quali di particolare bellezza come: l'*Abete* (nella sala omonima), costituito da un suggestivo scintillante bassorilievo calcitico, lungo diversi metri, incastonato in una rientranza della parete del salone; la *Discesa dei cristalli*, formata da una successione di vaschette concrezionate alternate a colate, con cristalli luccicanti di calcite; le *mensole*, curiosa serie di concrezioni sveltanti verso l'alto; e non ultimi *La grande stalattite*, lunga alcuni metri, pendente sulla volta nord-orientale della sala, e la *Medusa*, una spettacolare concrezione a drappi, sospesa sulla volta nord-occidentale del salone quasi a guardia dello stesso (RUGGIERI & MESSINA PANFALONE, 2011).

La cavità verrà proposta come geosito per le su descritte morfologie ma anche perché potenzialmente a rischio di distruzione in quanto nel Piano Regolatore Generale, in itinere di approvazione presso la Regione, è stato prevista a pochi metri dall'ingresso la costruzione di una strada tangenziale collegante la Città di Custonaci con quella di San Vito Lo Capo.

Il Geosito “Foresta a pinnacoli di Piano delle Ferle (Monte Sparagio)”

Si tratta di un areale di circa 13 ha ubicato in contrada Piano delle Ferle sulla dorsale del Monte Sparagio, costituito da una suggestiva serie di pinnacoli e guglie, immerse in una rigogliosa macchia mediterranea (Fig. 3). Sono morfologie costituite da rilievi residuali, sia singoli che a gruppi, a torri, guglie e pinnacoli di varie dimensioni e altezze fino a diversi metri. La loro genesi si lega tanto a processi di erosione selettiva che a fenomeni carsici di dissoluzione, sia in passate condizioni di carso coperto, che attuali, successive all'asportazione del suolo. Sulle superfici di questi rilievi, trovano posto sia *karren* di varie dimensioni (microsolchi, scannellature e solchi) sulle pareti inclinate, che forme di raccolta (vaschette di soluzione) nelle parti sub-orizzontali e alveolazioni biocarsiche (RUGGIERI, 2013).

Il suddetto areale è stato proposto come geosito per la valenza geomorfologica carsica del rilievo e per la singolarità naturalistica e paesaggistica nel suo insieme.



Figura 3. Pinnacoli di Piano delle Ferle (Monte Sparagio, Custonaci).

Figure 3. Stone forest of Piano delle Ferle (Mt. Sparagio, Custonaci).

Conclusioni

Al fine di tutelare alcune singolarità carsiche presenti nell'area dei Monti di Capo San Vito, alcune delle quali minacciate di distruzione, il CIRS Ragusa ha utilizzato gli strumenti normativi vigenti riguardanti sia la partecipazione pubblica nella redazione dei Piani Regolatori Generali, con osservazioni e pareri sulle scelte progettuali, che le opportunità offerte dalla L.R. 25/2012 di proporre aree da sottoporre a salvaguardia. Riguardo alle previsioni progettuali del PRG della città di Custonaci, le osservazioni ostative formulate dal CIRS concernenti l'areale di coltivazione della pietra calcarea in contrada Piano Zubbia, in cui ricadono tre cavità di particolare bellezza estetica nonché importanza scientifica, e il progetto di strada tangenziale in contrada Purgatorio, sono tuttora al vaglio del CRU (Commissione Regionale Urbanistica), mentre per quanto attiene le altre proposte di Geositi, è in fase di emissione il decreto assessoriale istitutivo del Geosito di importanza mondiale "Grotta Rumena", alla data di redazione di questa memoria, in fase di formulazione la proposta di geosito "Foresta a pinnacoli di Piano delle Ferle".

L'auspicio è che la comunità speleologica abbia sempre conoscenza delle normative a tutela del territorio e prontezza nell'utilizzarle per affrontare al meglio determinate battaglie in difesa del patrimonio carsico e del paesaggio naturale in generale.

Bibliografia

- ABATE B., DI MAGGIO C., INCANDELA A., RENDA P., 1991. *Nuovi dati sulla geologia della penisola di Capo San Vito (Sicilia nord-occidentale)*. Memorie della Società Geologica Italiana, **47**, 15-25.
- CATALANO R., AGATE M., BASILONE L., DI MAGGIO C., MANCUSO M., SULLI A., 2011. *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*, Foglio 593 Castellammare del Golfo. ISPRA, Servizio Geologico D'Italia, Roma.
- ANTONIOLI F., MONTAGNA P., CARUSO A., RUGGIERI R., LO PRESTI V., SILENZI S., FRANK N., DOUVILLE E., PIERRE C., 2012. *Investigation of marine and continental layers in a stalactite older than 1 million years (Custonaci, north-western sector of Sicily)*. SLALOM 2012, Athens 19-22 March 2012, Abstracts.
- ANTONIOLI F., RUGGIERI R., MONTAGNA P., PEPE F., CARUSO A., STOCCHI P., REND, P., LO PRESTI V., FRANK N., DOUVILLE E., PIERRE C., MESSINA PANFALONE D., 2014. *The geosite Rumena cave a unique paleoclimate and sea level archive in the Mediterranean area (north-western Sicily)*. Abstracts 4th International Symposium, Karst Geosites, Favignana, 30 maggio - 2 giugno, pp. 64-66.
- MYLROIE J.E., CAREW J.L., 1990. *The flank margin model for dissolution cave development in carbonate platforms*.- Earth Surface Processes and Landforms, **15**, 413-424.
- MYLROIE J.E., CAREW J.L., VACHER H.L., 1995. *Karst development in the Bahamas and Bermuda*. In: CURRAN H.A. & WHITE B. (Eds.) *Geological Society of America Special Paper*. Geological Society of America, Boulder, Colorado, 251-267
- ROSSO A., SANFILIPPO R., RUGGIERI R., MANISCALCO R., VERTINO A., 2014. *Exceptional record of submarine cave communities from the Pleistocene of Sicily (Italy)*. Lethaia, doi 10.1111/let.12094.
- RUGGIERI R., 2009. *Sentieri carsici e grotte dello Zingaro*. Ed. Dipartimento Azienda Regionale Foreste Demaniali.
- RUGGIERI R., MESSINA PANFALONE D., 2011. *Dentro e fuori la Montagna*. Ed. Comune di Custonaci.
- RUGGIERI R. MESSINA PANFALONE D., ANTONIOLI F., ROSSO A., SANFILIPPO R., MANISCALCO R., 2012. *The Rumena flank margin cave and its implication in support of the evolution of the Monti di Capo San Vito (North-western Sicily)*. Rend. Online Soc. Geol. It., **21**, 632-633.
- RUGGIERI R., 2013. *Speleological and speleogenetic aspects of the Monti di Capo San Vito karst area (north-western Sicily): influence of morpho-tectonic evolution*. Ph.D. Thesis, University of Nova Gorica, Slovenia.
- RUGGIERI R., DE WAELE J., 2014. *Lower to Middle Pleistocene Flank Margin Caves at Custonaci (Trapani, NW Sicily) and their relation with past sea levels*. Acta Carsologica **43/1**, 11-22.
- TONDI E., ZAMPIERI D., ALESSANDRONI M., GIUNTA G., RENDA P., UNTI M., GIORGIANNI A., CELLO G., 2006. *Active faults and inferred seismic sources in the San Vito Lo Capo peninsula, north-western Sicily, Italy*. Geological Society, London, Special Publication **262**, 365-377.

CUNICOLI DRENANTI LUNGO LA LINEA FERROVIARIA BATTIPAGLIA-REGGIO CALABRIA PRESSO LA STAZIONE DI PISCIOTTA (SA, CAMPANIA)

UMBERTO DEL VECCHIO¹, SALVATORE GABRIELE², GIACOMO SIRICA³, FERDINANDO VALENTINO¹,
GIOVANNI VIGILE³, GIULIO IOVINE²

¹ *Federazione Speleologica Campana, Castel dell'Ovo, Napoli; umberto.delvecchio@sns-cai.it; ferdinandovalentino@gmail.com*

² *CNR-IRPI di Cosenza, via Cavour n.6, Rende (CS); iovine,gabriele@irpi.cnr.it*

³ *Rete Ferroviaria Italiana S.p.A., Via Largo Calopinace, Reggio Calabria, g.vigile,g.sirica@rfi.it*

Riassunto

Durante una campagna di indagini geognostiche sulla tratta della linea ferroviaria Battipaglia-Reggio Calabria, recentemente interessata da spostamenti del rilevato ferroviario a causa di un fenomeno gravitativo di vaste dimensioni tra le stazioni di Pisciotta e San Mauro la Bruca, sono stati rinvenuti alcuni pozzi di grande diametro in calcestruzzo. Un'ispezione preliminare con videocamera consentiva di riscontrare la presenza di cunicoli che si dipartivano dal fondo dei pozzi, con funzione drenante. Si decideva, pertanto, di ispezionare il sistema di drenaggio profondo coinvolgendo personale specializzato, in modo da comprenderne caratteristiche e sviluppo. Sulla base di ricerche d'archivio, si è potuto appurare che tra la fine dell'800 e l'inizio del secolo scorso era stata realizzata una rete di cunicoli drenanti, accessibili per mezzo di pozzi, per la sistemazione dell'area. L'articolazione complessiva dell'opera di drenaggio, estesa in sotterraneo per circa 630 m, è al momento ancora oggetto di indagini. Al fine di avere piena conoscenza delle caratteristiche e dello sviluppo di pozzi e cunicoli, e per poter pianificare le azioni di ripristino per garantire la funzionalità della rete drenante e favorire la riduzione del rischio geo-idrologico, a partire da maggio 2014 sono state realizzate diverse ispezioni speleologiche. Queste, unitamente a indagini dirette e indirette di superficie in corso di completamento, consentiranno di ottimizzare gli interventi necessari a garantire livelli accettabili di rischio lungo il tratto di infrastruttura considerato.

Parole chiave: Pisciotta, linea ferroviaria, cunicoli drenanti, pozzi di grande diametro, rischio da frana.

Abstract

DRAINING CONDUITS ALONG THE BATTIPAGLIA-REGGIO CALABRIA RAILWAY LINE NEAR PISCIOTTA (S ITALY) - *During a campaign of geological surveys along the railway Battipaglia-Reggio Calabria, several concrete wells of large diameter (130 cm) have been recognized in a sector between the stations of Pisciotta and San Mauro la Bruca, recently affected by instability problems. A quick inspection by means of a video camera suggested the presence of deep draining tunnels at the bottom of the wells. By means of specialized personnel, it was then decided to inspect the drainage system to understand its characteristics and development. Based on archival investigations, it could be ascertained that a complex drainage system was realized in the study area. A network of deep drainage tunnels, accessible from the ground surface by means of wells (depth 20 to 40 m), was in fact realized between the end of the XIX and the beginning of the XX centuries for remediation purposes, aiming at stabilizing the area crossed by the railway and, evidently, affected by landslide damage. Up to date, the number of wells and the overall articulation of the remediation system (developed for about 630 m underground) are still under investigation. Aiming at understanding the characteristics of the deep draining system, and at proper planning the restoration actions useful to reduce the geo-hydrological risk, speleological inspections have been carried out from May 2014. These, together with outcomes from on going direct and indirect superficial investigations, will allow to optimize the actions needed to reduce the levels of risk along the sector of study to acceptable values.*

Key words: Pisciotta, railway, draining tunnels, large-diameter wells, landslide risk.

Introduzione

Nel corso di uno studio condotto dal CNR-IRPI sulle condizioni di instabilità della linea ferroviaria Battipaglia-Reggio Calabria, recentemente interessata da spostamenti del rilevato ferroviario a causa di un

fenomeno gravitativo di vaste dimensioni tra le stazioni di Pisciotta e San Mauro la Bruca (progressive km 70+200 e 70+396), durante il ripristino del piazzale a monte del rilevato ferroviario, sono stati rinvenuti alcuni pozzi in calcestruzzo di grande diametro profondi ca. 20-30 m. Un'ispezione preliminare con videocamera consentiva di riconoscere la presenza di cunicoli drenanti che si dipartivano dal fondo dei pozzi. Si decideva, pertanto, di ispezionare il sistema sotterraneo, al fine di comprenderne sviluppo e tipologia. Venivano avviate indagini geognostiche di superficie con sondaggi a carotaggio continuo fino alla profondità di 60 m, in asse al corpo franoso, analisi di laboratorio dei campioni prelevati, installazione di inclinometri e piezometri, e l'esecuzione di prospezioni sismiche e geoelettriche. Al fine di tenere sotto osservazione la dinamica del settore di studio, si disponeva, quindi, l'installazione di una serie di capisaldi di monitoraggio e vetrini in corrispondenza delle principali lesioni riscontrate sui manufatti. Considerata la rilevanza del tratto ferroviario investigato, si suggeriva, inoltre, l'installazione di un pluviografo, di una stazione totale, di alcuni fessurimetri e clinometri da parete, e di piezometri automatici. Al momento della redazione della presente nota (autunno 2014), sono in corso di completamento le indagini dirette e indirette di superficie che, unitamente ai risultati di ispezioni speleologiche e monitoraggio, consentiranno di ottimizzare gli interventi necessari a garantire livelli accettabili di rischio lungo il tratto considerato.

Inquadramento dell'area

Il sito di interesse è ubicato in prossimità della stazione di Pisciotta, poco a W dello sbocco della galleria di Capo Torraca (Fig.1). L'area interessata dal dissesto attivo si estende dalla strada per Marina di Pisciotta alla linea di costa, e comprende, oltre al tratto di linea ferroviaria, alcune abitazioni e un campeggio.



Figura 1. Ubicazione del sito di interesse (immagine tratta da Google Earth)

Figure 1. Location of the study area (image from Google Earth).

Da un punto di vista geo-litologico, secondo la recente cartografia (Fig. 2), prodotta da Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni & ISPRA (2010), nei pressi del sito affiorano 2 unità principali, sovrapposte con contatto erosivo inconforme: la superiore, costituita da torbiditi arenaceo-pelitici in prevalenza silicoclastiche, con intervalli di conglomerati poligenici in matrice arenacea, ascrivibili alle "Arenarie di Pollica", di età Burdigaliano medio-Langhiano; l'inferiore, costituita da torbiditi arenaceo-pelitici, calcilititi, calcareniti e calciruditi torbiditiche, alternate a marne calcaree scagliose. Tali terreni sono ascrivibili alla Formazione del Saraceno, di età Rupeliano-Burdigaliano. In base a quanto riportato in tale cartografia, il margine SE del sito sarebbe marcato da una struttura tettonica anti-appenninica che pone in contatto laterale le suddette unità.

Ispezioni ipogee

A partire dal primo sopralluogo si riscontrava la presenza di n. 5 "pozzi" ispezionabili di grande diametro, appartenenti a un antico sistema di regimazione delle acque sotterranee. Sulla base di ricerche d'archivio, si è appurato che tra fine 800 e inizio del secolo scorso, era stata realizzata a scopo di "sistemazione

idrogeologica" una rete di cunicoli drenanti, a profondità di alcune decine di metri dal piano campagna, accessibili per mezzo di pozzi. Poco a SE della zona investigata, si è riscontrata la presenza di ulteriori sbocchi di gallerie drenanti. A distanza di circa un secolo dalla realizzazione, grazie anche all'abbandono dei terreni, della rete drenante realizzata nel sito oggetto di studio si era persa la memoria.

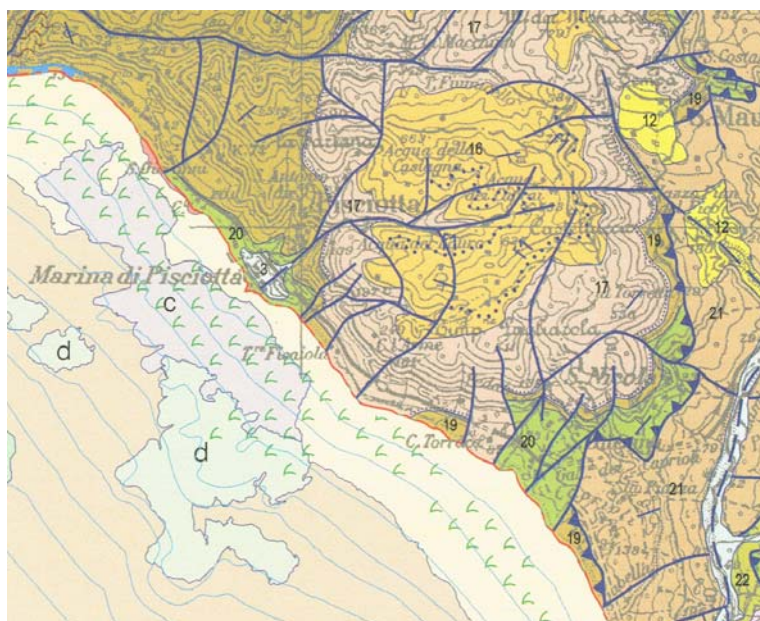


Figura 2. Schema geologico del sito: stralcio da Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni & ISPRA, 2010. La stella rossa indica l'ubicazione del sito di studio. I simboli e le unità geologiche di interesse sono descritti nel testo.

Figure 2. Geological scheme of the study area: excerpt from Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni & ISPRA, 2010. The red star marks the location of the site. Symbols and geological units of interest are described in the text.

Al fine di avere piena conoscenza delle caratteristiche e dello sviluppo di pozzi e cunicoli, dal mese di maggio 2014 sono state realizzate ispezioni speleologiche. Si è così potuto appurare che l'opera di drenaggio si estende in sotterraneo con cunicoli per circa 630 m, e comprende n. 8 pozzi di ispezione (Fig. 3; Tab. 1). Sulla base di alcune evidenze riscontrate durante le ispezioni, la rete di cunicoli è stata realizzata in esterno e poi ricoperta con materiale di riporto per alcune decine di metri. Al momento della prima ispezione, lo stato dei cunicoli non permetteva un'ispezione completa del sistema drenante: i tratti di cunicoli a monte si presentavano infatti allagati (Fig. 4), per la presenza di ingenti cumuli di detrito con incrostazioni di calcare che ostruivano il deflusso dell'acqua alla base dei pozzi. Inoltre, la parte della rete più a valle (Fig.5) si presentava intasata di fanghi che rendevano impossibile la progressione. Venivano pertanto fatti eseguire lavori di ripristino, con rimozione dei cumuli di detrito e dei fanghi per rendere possibile l'ispezione dell'intera rete drenante sotterranea, e l'esecuzione di un rilievo sommario di tutti gli ambienti.

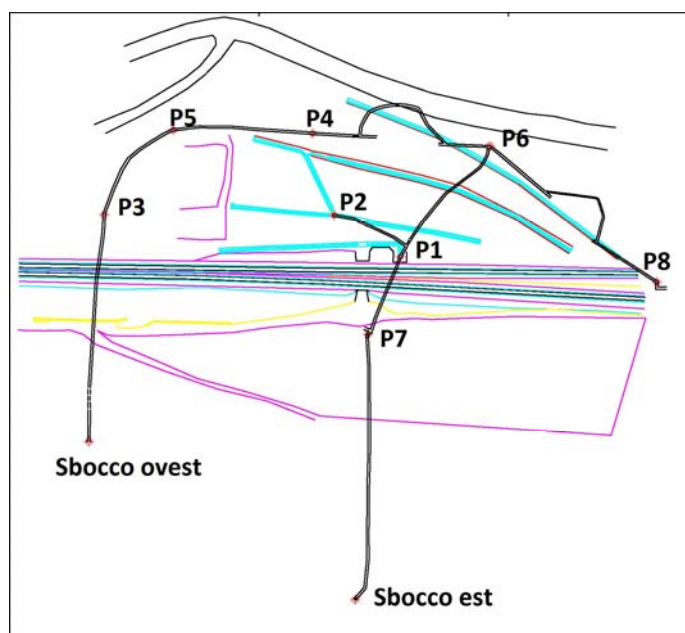


Figura 3. Stralcio illustrante l'andamento della rete dei cunicoli e l'ubicazione degli sbocchi delle gallerie e dei pozzi (P1-P8).

Figure 3. Sketch of the tunnel network, with location of outlets and wells.

.Pozzo	collegato a	quota (m s.l.m.)	profondità (in m da imbocco pozzo)	diametro (in cm)
Pozzo 1	cunicolo est	74.0	29	130
Pozzo 2	cunicolo est	76.1	27	130
Pozzo 3	cunicolo ovest	80.9	27	130
Pozzo 4	cunicolo ovest	83.2	20	130
Pozzo 5	cunicolo ovest	88.2	28	130
Pozzo 6	cunicolo est	92.2	38	130
Pozzo 7	cunicolo est	68.8	40	130
Pozzo 8	cunicolo est	72.0	10	130

Tabella 1a. Caratteristiche dei pozzi che costituiscono il sistema di drenaggio profondo.

Table 1a. Main characteristics of the wells of the underground drainage system

La rete ispezionata può essere schematicamente suddivisa in un tratto orientale (sviluppo totale ca. 400 m, dislivello 37 m), che recapita i fluidi verso il fianco sinistro del settore in frana, e uno più occidentale (sviluppo totale ca. 230 m, dislivello 25 m), che recapita verso il margine destro della frana. Attualmente, il tratto terminale del cunicolo occidentale è interrotto a causa di uno sprofondamento. La rete di cunicoli orientale risulta attiva (Fig. 6); essa si sviluppa a profondità di una decina di metri maggiore rispetto a quella occidentale. Alla base del pozzo 6 si connettono i due tratti di cunicoli drenanti, e da esso si diparte verso valle il cunicolo principale che convoglia i fluidi. Il cunicolo a ovest del pozzo 6 nella sua parte più elevata presenta forma arcuata, con copiose percolazioni attraverso finestrelle di drenaggio. Nella parte centrale, le pareti e il fondo del cunicolo risultano incrostate in modo continuo (Fig. 7), con spessi depositi calcarei e stalattiti in volta. Dal pozzo 6 si diparte verso SE un secondo cunicolo, con andamento rettilineo e intenso stillicidio, al termine del quale vi è una biforcazione.



Figura 4. Cunicolo parzialmente allagato (prima dei lavori di ripristino).

Figure 4. Partly flooded tunnel (before restoration works).



Figura 5. Sbocco di valle della rete di cunicoli (ramo SE).

Figure 5. Outlet of the tunnel network (SE branch).

Dalla base del pozzo 6, si diparte verso S un terzo cunicolo in discesa di circa 15%, con incrostazioni di calcare al fondo che determinano la riduzione dell'altezza della sezione. Circa 50 m a valle, si osserva una nuova biforcazione che conduce al pozzo 2. Proseguendo oltre, lungo il ramo principale del cunicolo, si raggiunge la base del pozzo 1, ubicato immediatamente a monte del binario: esso risulta collegato al pozzo 7, sito a valle del binario. Dalla base del pozzo 7, si accede all'ultimo tratto di cunicolo che, dopo circa 100 m, conduce allo sbocco E.

La rete occidentale di cunicoli manifestava durante le ispezioni scarsa attività di drenaggio. L'accesso più elevato può avvenire attraverso il pozzo 4 (Fig. 8), dalla cui base partono due cunicoli: uno si collega alla rete orientale, e l'altro si sviluppa verso i pozzi 5 e 3 (a W). Il tratto verso W presenta una leggera curvatura, con accumuli di detrito e fango (Fig. 9). Superati i primi 30 m, privi di acqua, si riscontra considerevole percolazione. A circa 60 m dal pozzo 4, il cunicolo intercetta il pozzo 5, a valle del quale curva verso S, con pendenza di circa 15%, poi prosegue per 50 m fino al pozzo 3. Superato questo, dopo circa 80 m il cunicolo risulta ostruito da detriti, a ca. 15 m dallo sbocco W della rete drenante.

Discussione

Le ispezioni effettuate hanno consentito di ricostruire lo sviluppo della rete sotterranea e di verificarne lo stato di efficienza (Fig. 10). Alcuni tratti sono risultati attivi, mentre in altri non erano visibili infiltrazioni rilevanti: si presume che tali porzioni del sistema possano attivarsi durante i periodi di maggiore ricarica delle acque sotterranee. Infine, alcuni tratti non presentavano tracce di attività né incrostazioni.

In attesa di completare l'esame dei risultati delle prospezioni, i tratti più attivi della rete sono stati oggetto di perforazioni di circa 1 m, allo scopo di investigare la struttura a tergo delle volte e delle pareti laterali, e per tentare di migliorare la capacità drenante del sistema. In alcuni tratti sono state riscontrate evidenze di dislocazioni prodotte dalla frana: diffuse fratture, e superfici di scivolamento a basso angolo. Quasi alla base del pozzo 7, alla profondità di ca. 37 m, l'armatura del pozzo è vistosamente dislocata, con spostamento di circa mezzo metro (Fig. 11). Nel cunicolo a valle del pozzo 7 si notano altri distacchi e cedimenti (Fig.12). Alcuni "vetrini artigianali" (mattonelle di stucco, Fig. 13), indicano che il cunicolo era interessato da frana dall'inizio del secolo: essi si presentano spaccati, a testimonianza delle deformazioni gravitative indotte dalla frana successivamente alla loro messa in opera.



Figura 6. Porzione orientale della rete di cunicoli.

Figure 6. Eastern portion of the drainage network



Figura 7. Incrostazioni calcaree nei cunicoli.

Figure 7. Calcareous incrustations in the tunnel.



Figura 8. Veduta dei cunicoli alla base del pozzo 4.
Figure 8. View of tunnels at the bottom of well 4.



Figura 9. Porzione occidentale della rete di drenaggio.
Figure 9. Western portion of the drainage network.

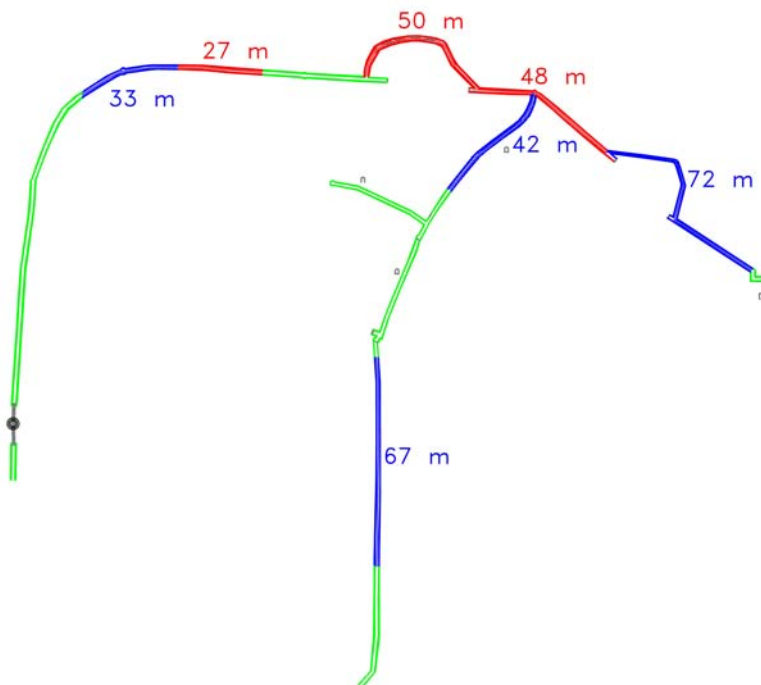


Figura 10. Stralcio della rete di drenaggio
sotterranea, con indicazione dei tratti più
attivi (in rosso), di quelli inattivi ma con
incrostazioni diffuse (in blu), e di quelli
inattivi privi di incrostazioni (in verde).
Figure 10. Sketch of the tunnel network.
Key) In red, active portions with calcareous
deposits; in blue, inactive portions with
calcareous deposits; in green, inactive
portions with no calcareous deposits.



Figura 11. Veduta delle dislocazioni alla base del pozzo 7.

Figure 11. View of fractures e displacements at the bottom of well 7



Figura 12. Veduta delle dislocazioni lungo il cunicolo drenante, a monte dello sbocco est.

Figure 12. View of fractures e displacements along the tunnel, upslope of the eastern outlet.

Il materiale di riempimento utilizzato per ricoprire l'opera di drenaggio è costituito da materiale eterometrico a matrice sabbioso-limosa (Fig. 14); il pietrame sciolto a spigoli vivi conferma l'ipotesi che la rete drenante sia stata, almeno in parte, realizzata a cielo aperto e successivamente ricoperta. L'ispezione e il rilievo della rete di drenaggio profondo nel sito di studio è stata possibile solo dopo la “riscoperta” di alcuni suoi elementi costitutivi, a seguito della riattivazione della frana. I lavori già realizzati di ripristino della rete drenante, combinati con la regimazione delle acque superficiali, forniranno un valido supporto per il controllo dei livelli delle acque sotterranee nel sito in frana. Le analisi dei dati ottenuti consentiranno di ottimizzare la scelta degli interventi di sistemazione per ridurre adeguatamente il rischio geo-idrologico.

Ringraziamenti

Il presente lavoro rientra in attività svolte in convenzione tra CNR-IRPI e RFI S.p.A., ai sensi del Protocollo d'Intesa su “*Studi territoriali lungo le linee ferroviarie della direzione territoriale produzione di Reggio di Calabria, propedeutici all'adozione, da parte di Rete Ferroviaria Italiana, di provvedimenti di mitigazione e alla realizzazione di interventi di riduzione del rischio geo-idrologico*”.



Figura 13. Veduta dei “vetrini artigianali” per il monitoraggio delle dislocazioni, installati il 12 luglio 1937 lungo il tratto occidentale della rete drenante.

Figure 13. Monitoring “glass” for controlling displacements (dated 12 July 1937) in the W sector.



Figura 14. Veduta della struttura a tergo della parete del cunicolo.

Figure 14. View of the structure on the outer side of the tunnel.

I SINKHOLES ANTROPOGENICI DELLA CITTÀ DI NAPOLI

ROSARIO VARRIALE¹

¹ Società Speleologica Italiana, Via S. Giacomo dei Capri 25A-80128-Napoli; varriale.rosario@libero.it

Riassunto

Il sottosuolo della città di Napoli è interessato dalla presenza di diverse tipologie di cavità artificiali. Questo particolare fenomeno speleologico, in relazione al numero delle cavità rilevate, alle superfici, alle volumetrie generate e allo stretto rapporto delle stesse cavità con le aree edificate è stato ed è, tuttora, oggetto d'indagini e rilievi topografici da parte dell'amministrazione comunale della città. Sin dal 1885 la città di Napoli è stata interessata da numerosi e documentati episodi di sprofondamento (sinkhole), che hanno provocato vittime, feriti e danni agli edifici. Dal 1992 l'autore è attivamente impegnato nella ricerca e nell'esplorazione speleologica delle cavità artificiali del sottosuolo di Napoli. Nel 1994 ha avuto inizio una lunga e personale attività di documentazione ed analisi su diversi episodi di sinkholes verificatisi nella città di Napoli tra il 1971-73 e dal 1977 al 2014. Nel corso della ricerca sono state raccolte ed analizzate 262 segnalazioni relative a dissesti statici ed episodi sia principali e sia secondari di sinkholes che hanno interessato l'intero territorio comunale. I dati acquisiti sono stati progressivamente inseriti in un database informatico e classificati sulla base delle caratteristiche delle dinamiche di manifestazione e del possibile ruolo di una sottostante cavità antropica. Il numero dei sinkholes documentati e pienamente attribuibili alla presenza e al collasso strutturale di una sottostante cavità antropica rappresentano, in percentuale, appena il 2% del totale relativo ai 262 reports del database analizzati. Gli sprofondamenti ed i crolli verificatisi nella città di Napoli rappresentano, in realtà, la fase conclusiva di un lungo processo di degrado spesso innescato da fattori antropogenici e non direttamente imputabili, quindi, ad uno straordinario fenomeno speleologico che merita, al contrario, di essere studiato, periodicamente monitorato e correttamente valorizzato.

Parole chiave: Campania, Napoli, sprofondamento, cavità artificiali.

Abstract

ANTHROPOGENIC SINKHOLES IN THE TOWN OF NAPLES - The subsoil of Naples is affected by the widespread presence of different types of artificial cavities. This particular speleological phenomenon, as concerns the number of explored cavities in relation to surfaces and volumes, as well as to the relationships among cavities and buildings, was and still is subject of long activities of research and topographic surveys by the Municipal of Naples. Since 1885 the town of Naples has been affected by numerous sinkholes that caused victims, injured persons and damages to many buildings and public areas. Since 1992, the author is engaged in research and exploration of the artificial cavities of Naples. In 1994 he began a bibliographic research and documentation on various sinkholes that occurred in the town of Naples between 1971 to 1973 and from 1977 to 2014. Through research 262 reports of static instability, collapse of building and major and minor phenomenon of sinkholes were acquired. These data have been progressively organized into a database constantly updated. The various sinkholes were classified according to the nature of the event and the possible leading-role or involvement of the artificial cavities. In the more than 262 reports included into the database, the number of sinkholes caused by the artificial cavities represents only 2 per cent of the total. The numerous sinkholes that have hit the town of Naples in recent decades have often been caused by anthropogenic factors that can not be attributed, therefore, to an extraordinary speleological phenomenon of subsoil of Naples that deserves to be studied, revalued and monitored periodically.

Key words: Campania, Naples, sinkhole, artificial cavities.

Introduzione

Le condizioni geologiche ed ambientali di alcune aree della penisola italiana hanno profondamente condizionato negli ultimi 2500 anni l'evoluzione dello sviluppo umano e dei relativi insediamenti abitativi. In tale processo è risultato particolarmente determinante il complesso rapporto tra l'uomo e l'ambiente

geologico e morfologico locale che ha influenzato, in molti casi ampiamente documentabili, anche la scelta di un sito per la creazione di un insediamento abitativo stabile, sia esso di tipo rupestre che tradizionale. Nell'ambito geografico della penisola italiana le maggiori concentrazioni di cavità antropiche in risposta, soprattutto, all'intensità delle escavazioni, alla cronologia, alla distribuzione e alle relative tipologie individuate si rilevano nel territorio delle regioni Lazio, Campania, Puglia e Sicilia.



Figura 1. Napoli, 23 gennaio 1996. Sprofondamento di Secondigliano (foto: R.VARRIALE).

Figure 1. Naples, 23 January 1996. Sinkhole at Secondigliano (photo by: R.VARRIALE).

In alcune di queste aree e in particolar modo nel Lazio e in Campania, le dinamiche evolutive dello scavo di cavità antropiche nel sottosuolo presentano evidenti correlazioni con l'ambiente geologico locale in risposta, soprattutto, alle positive caratteristiche fisico-meccaniche e alle volumetrie di alcuni depositi di origine piroclastica caratterizzati, tra l'altro, da una discreta lavorabilità. Questi depositi, seppur geomeccanicamente classificabili come rocce tenere, sono stati ampiamente utilizzati come materiali naturali da costruzione, favorendo l'evoluzione di un'intensa e millenaria attività mineraria legata alla coltivazione di tali rocce e all'evoluzione di ben 36 differenti tipologie di cavità artificiali (DEL PRETE & PARISE, 2007).

Comune	Municipalità	N. cavità	Accessi	Superficie	Edificato
Napoli	I, II, III	574	1.364	657.166mq	Si
Napoli	IV, V, VI	60	295	45.044 mq	Si
Napoli	VII, VIII	29	40	50.891 mq	Si
Napoli	IX, X	10	20	6.615 mq	No

Tabella 1. Distribuzione delle cavità artificiali nell'area urbana di Napoli.

Table 1. Distribution of the cavities in the town of Naples.

Una delle principali peculiarità del fenomeno speleologico della penisola italiana legato alla presenza delle cavità artificiali è in alcuni casi rappresentata dalla stretta correlazione esistente tra le stesse cavità e le aree edificate. Particolarmente indicativi risultano, a tal proposito, i documentati esempi di Roma e Napoli. In tali aree risulta particolarmente elevata la concentrazione di cavità antropiche nel sottosuolo in rapporto alle superfici urbanizzate e alla rispettiva densità demografica. La presenza di cavità antropiche rimaste sconosciute, alterate nella loro struttura da cause esogene o da fenomeni endogeni legati ad uno sfruttamento

eccessivo e prolungato nel tempo è stata in molti casi considerata, purtroppo, come un elemento di non trascurabile pericolosità nell'ambito dei rischi ambientali per le popolazioni locali per la documentata serie di fenomeni di subsidenza indotta, noti in letteratura con il termine di *sinkholes antropogenici* (NISIO & SALVATI, 2004; NISO, 2008; LOLLINO & PARISE, 2010; LOLLINO & PARISE, 2011; DEL PRETE, GALEAZZI, GERMANI, MARTIMUCCI & PARISE, 2011).

Inquadramento geografico

L'area del comune di Napoli si estende su di una superficie di 117 kmq ed è notoriamente interessata dalla presenza di numerose cavità antropiche. Nel sottosuolo di Napoli si riconoscono 7 diverse tipologie di cavità artificiali prevalentemente scavate nella caratteristica formazione lapidea del *tufo giallo caotico* ascrivibile all'attività vulcanica dei *Campi Flegrei*. La profondità media di tali cavità è generalmente compresa tra i 12 e gli 80 m dalla superficie e la cronologia degli scavi occupa un tempo generalmente ampio e compreso tra il V secolo a. C. e gli inizi del XX secolo. La distribuzione geografica e la concentrazione delle cavità in rapporto al tessuto abitativo appare fortemente condizionata dalla complessa evoluzione urbanistica del territorio. Attualmente, la superficie nota delle cavità rilevate è pari ad oltre 760.000 m² e per un totale, non definitivo, di circa 700 cavità artificiali irregolarmente distribuite sull'intera superficie del comunale. In tabella 1 è riportata una sintesi dei dati ricavati dall'autore nel corso delle ricerche avviate nel 1992. Il 70% delle cavità rilevate si sviluppa nel sottosuolo delle aree edificate. Le maggiori concentrazioni di cavità antropiche si rilevano nei territori della I, II e III Municipalità, ossia nell'ambito del *Centro Antico e Storico* della città. Dagli inizi del 1970 tutte le cavità artificiali rilevate sono state censite dall'amministrazione comunale di Napoli ed identificate con un codice catastale univoco (AA.VV, 1967, 1972). Lo stato delle conoscenze attualmente acquisite è pari a poco più del 50% del totale presumibilmente esistente ma non rilevabile per ostruzioni o riempimento degli accessi.

Metodi

Tra il 1994 ed il 2003 la città di Napoli è stata interessata da alcuni drammatici fenomeni di sprofondamento che hanno provocato vittime, dissesti e danni alle infrastrutture pubbliche ed edifici privati. In seguito ai dissesti l'attenzione dei mass media, del mondo politico e delle amministrazioni locali è stata costantemente rivolta alle peculiarità geologiche del sottosuolo di Napoli, al degrado della rete fognaria e alla ben nota presenza delle numerose cavità antropiche, molte delle quali sono rimaste in gran parte sconosciute ed ancora inesplorate. Nonostante il verificarsi di ripetuti eventi di *sinkholes* antropogenici di media e rilevante gravità è quasi sempre mancato, però, un censimento cronologico completo o un catalogo aggiornato degli sprofondamenti antropogenici avvenuti nell'area urbana di Napoli sin dal 1967. Solo recentemente e attraverso la verifica delle segnalazioni riportate in bibliografia e l'acquisizione di ulteriori dati presso Enti e Agenzie è stato avviato dall'ISPRA un censimento aggiornato dei *sinkholes* antropogenici verificatisi nell'ambito del territorio comunale tra il 1915 ed il 2010 (CORAZZA, 2004; ALBERICO, RAMONDINI & ZITO, 2006; NISIO & GUARINO, 2012; BASSO, CIOTOLI, FINOIA, GUARINO, MIRAGLINO & NISIO, 2013). Dal 1994 in poi l'autore ha predisposto la creazione di un database in ambiente di lavoro *Microsoft Access*. All'interno del database sono stati inseriti in ordine cronologico 262 fenomeni di sprofondamento, alcuni dei quali non sono stati ufficialmente documentati o riportati in bibliografia e verificatisi nell'ambito dell'area urbana del comune di Napoli tra il 1971-73 e dal 1977 al 2014. In ogni record del database è stata inserita la data in cui si è verificato il dissesto statico, la bibliografia, le coordinate GPS, la tipologia del dissesto, il numero delle vittime, dei feriti e delle famiglie sgomberate. Una particolare attenzione è stata riservata, inoltre, alla profondità media raggiunta dagli sprofondamenti che non è risultata generalmente inferiore ai 5 m, nonché alla presenza di una probabile cavità antropica nell'area del dissesto. L'attenzione del documento di ricerca è stata tuttavia indirizzata, però, verso l'elaborazione di un'attenta ed ulteriore analisi dei dissesti relativi ad un periodo cronologicamente compreso tra il 1996 ed il 2003. Tale periodo fu notoriamente caratterizzato dal verificarsi di alcuni dei più drammatici ed imponenti fenomeni di *sinkholes* antropogenici che provocarono vittime e l'instaurarsi di una delicata condizione di emergenza fisica, mediatica e politica della città di Napoli, tra cui la voragine del quadrivio di Secondigliano, di via Miano a Capodimonte del 1996, di via S. Maria della Purità a Materdei del 1999 e di via Luigi Settembrini del 2001.

Risultati

In *tabella 2* viene proposta una sintesi del totale dei dissesti riportati nel database e relativa a 223 segnalazioni di fenomeni di dissesto statico e di sprofondamento verificatisi nell'area del comune di Napoli nel periodo compreso tra il 1971-73 e dal 1977 a tutto il 2003. Nella colonna dei *crolli* è stato riportato il



Figura 2. Napoli, 5 maggio 1999. Sprofondamento di Materdei (foto: Comando PROV.LE VV.FF. Napoli, 1999).

Figure 2. Naples, 5 may 1999. Sinkhole of Materdei (photo: FIRE DEPARTMENT OF NAPLES, 1999).

numero totale dei dissesti a danno di muri di contenimento, frane di scivolamento e di crollo avvenute in corrispondenza di rilievi, nonché in prossimità di alcuni accessi a raso a cavità antropiche riconducibili all'intensa attività mineraria legata all'estrazione e all'utilizzo del tufo nell'ambito dell'edilizia tradizionale napoletana. Nella colonna delle *altre cause* sono stati presi in considerazione i dissesti e problematiche derivanti da cause alterative antropiche a danno delle stesse cavità e tra cui, ad esempio, gli incendi sotterranei legati alla deleteria e abusiva pratica di utilizzare le cavità come discariche, le immissioni abusive di liquami attraverso i pozzi e gli sprofondamenti del suolo provocati da cause perturbatrici non meglio specificate.

Nella colonna relativa ai *cedimenti delle cavità* sono stati presi in considerazione, invece, soltanto gli sprofondamenti provocati dal cedimento strutturale di una cavità artificiale. Dall'analisi compiuta sul campione dei 223 dissesti riportati nel database si evince che la presenza di una cavità antropica come principale causa perturbatrice di uno sprofondamento avvenuto nel periodo in esame occupa, in percentuale, appena il 2% del totale riportato. La causa principale di oltre il 65% degli sprofondamenti e dei crolli avvenuti con frequenza nell'area urbana del comune di Napoli è da attribuire alle infiltrazioni di acqua nel sottosuolo provocate da una generalizzata vulnerabilità dei sottoservizi. Risulta particolarmente emblematico, infatti, il dato fornito dal database sul numero dei dissesti e degli sprofondamenti del suolo provocati dalla rete fognaria ed idrica, nonché sulla recrudescenza degli stessi fenomeni in occasione di eventi pluviometrici di rilevante intensità. La distribuzione geografica dei dissesti nell'ambito del territorio comunale di Napoli appare alquanto disomogenea e non sempre è correlata alla presenza di una cavità artificiale. Le maggiori concentrazioni di dissesti si rilevano nei territori delle Municipalità II, III e IV, ossia nei comparti abitativi del *centro antico* e *storico* della città caratterizzati da evidenti episodi di degrado edilizio, da deficit strutturali e funzionali dei sottoservizi, da interventi alterativi antropici eseguiti sul suolo e nel sottosuolo e da discutibili caratteristiche geotecniche di alcuni terreni su cui insistono le fondazioni degli edifici e nei quali si sviluppa la rete dei sottoservizi.

Discussione

Il 23 gennaio del 1996 un imponente sinkhole antropogenico si aprì a nord di Napoli, in corrispondenza del quadrivio di Secondigliano. Lo sprofondamento presentava un diametro di 50 m ed una profondità di circa 20 m. Secondo le perizie dei tecnici il dissesto fu causato da un tratto di galleria di collegamento con l'Asse *Mediano* in costruzione sotto il tratto che intercorre tra via *Miano-Capodimonte* ed il *Quadrivio di Arzano*. Sin dal 1993 i lavori di scavo di 619 m di galleria erano stati caratterizzati da numerosi perturbamenti statici, più volte denunciati alle autorità competenti. Il *sinkhole* di Secondigliano provocò oltre 11 vittime e fu accompagnato da una violenta esplosione ed un incendio provocato dalla rottura delle tubazioni del gas a media e a bassa pressione. Il 12 dicembre del 1996 il fabbro Francesco Angrisano di 51 anni ed il figlio Carmine di 28 anni precipitarono all'interno di una voragine larga circa 10 m e inizialmente profonda 15 m apertasi dinanzi alla loro bottega artigianale in via *Miano-Capodimonte* a Napoli. Il *sinkhole* fu provocato da infiltrazioni avvenute in prossimità di un vecchio collettore fognario ostruito e situato a circa 40 m di profondità. Il dissesto aveva provocato nella sezione superiore del condotto la formazione nell'incoerente di una cavità naturale di circa 100 m². Il 25 dicembre venne recuperato a 32 m di profondità e all'interno della cavità laterale alla sezione della voragine il corpo di Carmine Angrisano. Il corpo del padre venne individuato e recuperato, invece, la vigilia di Capodanno e dopo oltre 18 giorni di complesse attività di messa

Comune	Municipalità	Rottura fogna	Dissesti rete idrica	Cedimenti delle cavità	Crolli	Altre cause
Napoli	I	4	2	0	8	17
Napoli	II	12	7	3	8	31
Napoli	III	8	2	6	8	24
Napoli	IV	5	1	1	1	11
Napoli	V	4	5	0	3	21
Napoli	VI	0	1	0	1	3
Napoli	VII	0	3	0	0	4
Napoli	VIII	2	0	0	0	3
Napoli	IX	2	0	0	3	3
Napoli	X	5	4	0	2	3

Tabella 2. Analisi dei Sinkhole verificatisi nel comune di Napoli tra il 1971-73 e dal 1977 al 2003.

Table 2. analysis of the sinkholes that have occurred in the city of Naples between 1971-73 and 1977-2003.

in sicurezza della voragine. Il 5 maggio del 1999 si verificò uno sprofondamento nel cortile del civico 44 di via S. Maria della Purità a Materdei. Nel fabbricato erano in corso opere di ristrutturazione e di consolidamento statico. Il geometra dell'impresa, Bruno Misuraca di 53 anni, precipitò nel fondo di una voragine dal diametro di circa 5 m e profonda oltre 30 m. Lo sprofondamento fu probabilmente indotto da dissesti nella rete fognaria dello stabile che provocarono nel tempo il cedimento strutturale del soffitto di una sottostante e sconosciuta cavità antropica, nonché il crollo dell'intera sezione di un pozzo ad essa collegato abbandonato ed obliterato in superficie. Il corpo del geometra venne individuato e recuperato dai Vigili del Fuoco la sera dell'8 maggio 1999. Il 15 settembre del 2001 la città di Napoli fu colpita da un violento nubifragio che provocò danni per oltre 350 milioni di euro, tre vittime e un'impressionante sequenza di crolli e sprofondamenti. A causa dei dissesti provocati dall'entrata in pressione della rete fognaria un consistente volume di acqua meteorica penetrò in un tratto dell'antico acquedotto ipogeo della *Bolla* situato nel sottosuolo di via Luigi Settembrini. L'acqua meteorica riempì l'intera cavità e risalì attraverso i pozzi fino alla quota di 12 m, raggiungendo le pozzolane circostanti e provocando l'innalzamento del pelo libero della falda. A seguito della saturazione delle pozzolane si verificò il collasso strutturale e il cedimento del piano di campagna e delle fondazioni degli edifici fino a 20 cm per l'elevata compressibilità delle pozzolane (PELLEGRINO, 2002).

Conclusioni

I dati analizzati evidenziano che molti dei fenomeni di sprofondamento verificatisi nella città di Napoli non sono sempre correlabili, in realtà, con la presenza di una cavità antropica. L'unica eccezione riferibile alla casistica riportata è rappresentata dal *sinkhole* di Materdei. Tale dissesto risultò particolarmente indicativo per le caratteristiche di manifestazione ed il ruolo di concausa svolto da una cavità antropica nel meccanismo di rifluimento dei terreni superficiali provocato da infiltrazioni attraverso un pozzo d'accesso. Il *sinkhole* di Materdei pose in evidenza, inoltre, le non trascurabili problematiche derivanti dal mancato censimento e rilievo di accessi a nuove cavità antropiche presumibilmente esistenti ma individuabili in superficie per la profonda alterazione di alcuni comparti edilizi avvenuta dopo il 1945 e nella fase di ricostruzione post-sisma del 23 novembre del 1980. Nell'ambito del centro antico di Napoli i pozzi di accesso rappresentano, purtroppo, uno dei principali elementi di rischio nella correlazione esistente tra le cavità antropiche e la formazione di *sinkholes*. Alcuni dei dissesti più frequenti che si sono verificati in alcune cavità nell'area del comune di Napoli sono stati proprio determinati, infatti, dal cedimento strutturale dei pozzi che di norma e in riferimento alla stratigrafia del territorio comunale attraversano il tufo solo nella parte inferiore, mentre in quella più superficiale interessano i terreni incoerenti. A fronte dei numerosi dissesti provocati dal nubifragio del 2001 va sottolineato che soltanto lo sprofondamento di via Settembrini presentava un'indiretta correlazione con una sottostante cavità antropica. I fenomeni di sprofondamento avvenuti nell'area del comune di Napoli ed esclusivamente provocati dal collasso strutturale di una cavità antropica sono in gran parte riconducibili, invece, ad attività minerarie speculative ed incontrollate perseguite sull'intero territorio con continuità temporale almeno fino alla fine del XIX secolo. Molte di queste cave ipogee risultano ubicate ai margini del centro antico di Napoli e sono state intensamente sfruttate e portate nel tempo a condizioni di stabilità non elevate (EVANGELISTA, LAPEGNA, PELLEGRINO, 1980). Ad eccezione della cava antropica di via Cupa Spinelli, gli sprofondamenti direttamente provocati dalle cavità e verificatisi nel periodo in esame sono solitamente avvenuti in corrispondenza di aree non edificate. Particolarmente indicativi risultano gli sprofondamenti avvenuti nel 1984 in via Nicolardi, in via Cupa del Principe nel 1989 e nell'agosto del 2003 in via Emilio Scaglione. Va sottolineato, in conclusione, che uno dei principali problemi del sottosuolo di Napoli è rappresentato, in realtà, dall'improcrastinabile necessità di ampliare e migliorare il quadro delle

conoscenze sul fenomeno speleologico delle cavità antropiche, di approfondire il programma di censimento degli accessi e di rilievo topografico delle nuove cavità secondo un modello geometrico tridimensionale da correlare, soprattutto, con il costruito di superficie, le opere di urbanizzazione e la rete dei sottoservizi.

Bibliografia

- ALBERICO I., RAMONDINI M., ZITO G., 2006. *Costruzione di un database per l'analisi e la previsione dei dissesti idrogeologici in area urbana: un esempio nell'area di Napoli (Italia)*. Italian Journal of Engineering Geology and Environment, **2**, 73-79.
- AA.VV., 1967. *Il sottosuolo di Napoli*. Atti della prima commissione tecnica per lo studio del sottosuolo cittadino.
- AA.VV., 1972. *Il sottosuolo di Napoli*. Atti della seconda commissione tecnica per lo studio del sottosuolo cittadino.
- AA.VV., 2013. *Suscettibilità ai fenomeni di sinkholes antropogenici nel territorio di Napoli*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It. XCIII, pp. 73-104, fig. 25, tabb. 3.
- CORAZZA A., 2004. *Il rischio dei fenomeni di sprofondamento in Italia-Le attività della Protezione Civile*. Atti 1° seminario "Stato dell'arte nello studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio". Roma, 20-21 maggio 2004, 319-330.
- DEL PRETE S., PARISE M., 2007. *L'influenza dei fattori geologici e geomorfologici nella realizzazione di cavità artificiali*. Opera Ipogea **2**, 11-23.
- DEL PRETE S., GALEAZZI C., GERMANI C., MARTIMUCCI V. & PARISE M., 2011. *Fenomeni di dissesto idrogeologico connessi a cavità sotterranee di origine antropica*. Atti dei Convegni Lincei "Frane e dissesto idrogeologico: consuntivo", X Giornata Mondiale dell'acqua. Accademia dei Lincei, Roma, 22 marzo 2010, 262, 223-232.
- EVANGELISTA A., LAPEGNA U., PELLEGRINO A., 1980. *Problemi geotecnici nella città di Napoli per la presenza di cavità nella formazione del tufo*. Atti del XIV Convegno Nazionale di Geotecnica, Firenze.
- GUARINO P. M., NISIO S., 2012. *Anthropogenic sinkholes in the territory of the city of Naples (Southern Italy)*. Physics and Chemistry of the Earth, parts A/B,C/, **49**, 92-102.
- LOLLINO P., PARISE M., 2010. *Analisi numerica dei processi di instabilità di cavità sotterranee e degli effetti indotti in superficie*. Atti 2nd into workshop "Sinkholes: the catastrophic sinking in natural and anthropic environments", Roma, 3-4 dicembre 2009, 803-816.
- NISIO S., SALVATI R., 2004. *Fenomeni di sprofondamento catastrofico. Proposta di classificazione applicata alla casistica italiana*. Atti 1° Workshop: stato dell'arte nello studio dei fenomeni di sinkhole e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio. Roma, 20 e 21 maggio 2004, 573-584.
- NISIO S., 2008. *Natural phenomena of sinkhole in Italian plain areas*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It, **85**, 475.
- PARISE M., LOLLINO P., 2011. *A preliminary analysis of failure mechanism in karst and man made underground caves in Southern Italy*. Geomorphology, **134** (1-2), 132-143.
- PELLEGRINO A., 2002. *Dissesti idrogeologici nel sottosuolo della città di Napoli: analisi ed interventi*. Memoria presentata al XXI Convegno Nazionale di Geotecnica dell' Aquila, 2002. Estratto pubblicato in: *Questioni di ingegneria geotecnica*. A cura di Gianfranco Urciuoli. Hevelius ed., 2005, 241-267.



Fornitura delle corde utilizzate per l'armo delle grotte



SERVIZI

- sismica attiva e passiva in array ed a stazione singola
- sismica in foro
- tomografia di resistività elettrica
- monitoraggio e diagnostica su strutture esistenti

CAMPI DI APPLICAZIONE

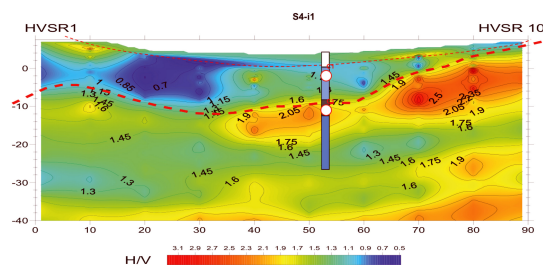
- caratterizzazione delle instabilità di versante
- interazione terreno-strutture
- problematiche idrogeologiche
- microzonazione sismica
- ricerca mineraria (con esperienza internazionale)
- ricerca archeologica
- ricerca cavità
- caratterizzazione dei terreni di fondazione

PROSPEZIONI SISMICHE A STAZIONE SINGOLA

- effetti di sito e microzonazione sismica
- misura delle frequenze di risonanza dei suoli
- stratigrafia sismica passiva
- Vs30 da fit vincolato della curva H/V
- caratterizzazione dinamica modale delle strutture
- monitoraggio delle vibrazioni
- array sismici attivi o passivi tramite sincronizzazione di più unità via radio o GPS
- sismica a rifrazione a piccola-media scala per onde P e S, MASW, FTAN



Tromino Micromed

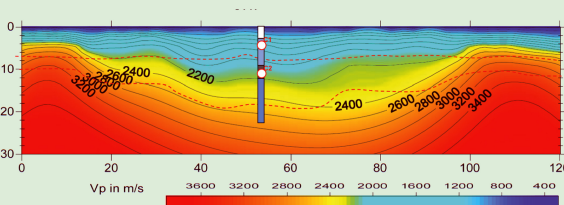


PROSPEZIONI SISMICHE MULTICANALE

- sismica a rifrazione onde P e S
- sismica a riflessione
- sismica passiva 1D (es. ReMi™) e 2D (es. SPAC, ESAC)
- sismica attiva basata su onde di superficie (SASW, MASW)
- down-hole e cross-hole
- acquisizioni soniche
- monitoraggi prolungati



SoilSpy Rosina Micromed



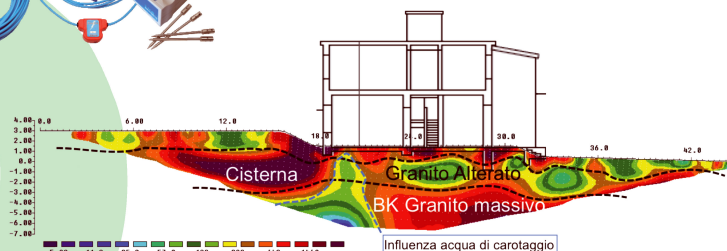
GEOELETRICA

tomografia elettrica 2D e 3D in corrente alternata a bassa tensione con dispositivi elettrodi:

- Wenner
- Schlumberger
- Dipolo-Dipolo
- Polo-Dipolo
- Polo-Polo
- Wenner-Schlumberger non symmetrical
- Potenziale spontaneo
- Polarizzazione indotta con tutti i dispositivi elettrodi



Electra Micromed



FILOSOFIA DELLA DITTA

Una buona progettazione parte da una buona diagnostica, per conoscere e contrastare le cause di effetti indesiderati (frane, cedimenti, danni da sisma ecc.) e risparmiare tempo e denaro.



TERRALAB^{srl}

Technology and Science Team

servizi avanzati per l'osservazione della Terra

SUPERFICIE

Ortofoto digitali (risoluzione fino a 4 cm)

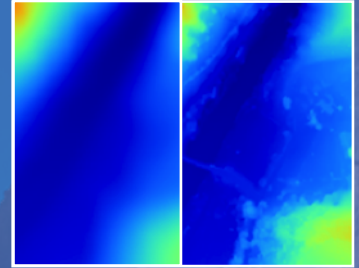
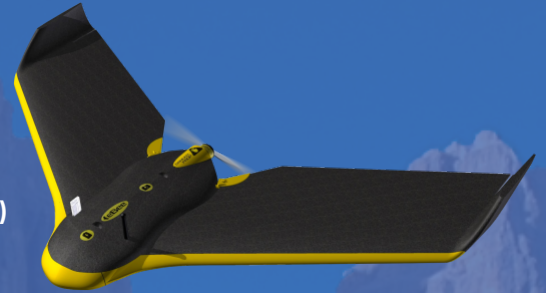
Modello 3D a nuvola di punti

Modello a curve di livello

DTM (risoluzione fino a 20 cm) e DSM (risoluzione fino a 4 cm)

Cartografia tecnica (fino a 1:200)

G.I.S. e Web G.I.S.

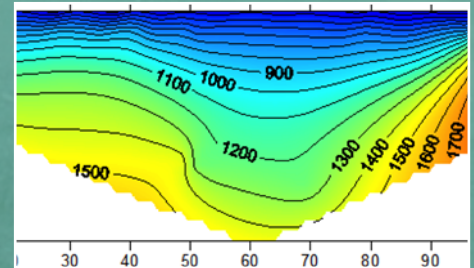
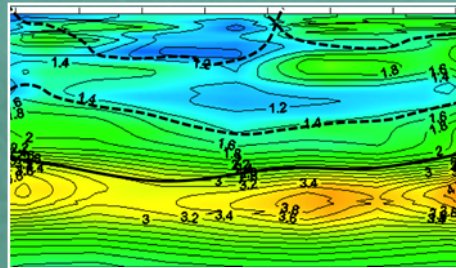
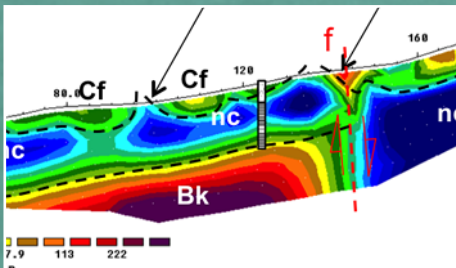


SOTTOSUOLO

Tomografie di resistività elettrica

Prospezioni sismiche a stazione singola

Prospezioni sismiche multicanale



#ACQUISIZIONE #ELABORAZIONE #CONSULENZA

info@terralab.eu

www.terralab.eu

Tel e Fax+39 0971.54206 - Cell. 347.6601939



LE GROTTI SONO STATE ARMATE
GRAZIE AL SUPPORTO DI

