



Formazione delle cascate di ghiaccio e valutazione della loro sicurezza

Marcello Meroni, INA
Scuola Regionale Lombarda di Alpinismo



INDICE

1	Formazione del ghiaccio.....	3
1.1	Cascate di flusso.....	5
1.2	Cascate effimere.....	6
1.3	Seracchi.....	9
1.4	Couloirs e goulottes.....	10
1.5	Fattori che influiscono sulla formazione.....	11
2	Scioglimento e crolli.....	15
2.1	Cascate di flusso.....	15
2.2	Cascate effimere.....	16
3	Morfologia e strutture particolari.....	17
3.1	Morfologia di base; nomenclatura.....	17
3.2	Tubi di flusso.....	18
3.3	Meduse.....	19
3.4	Strutture basali.....	19
4	Valutazione delle cascate.....	20
4.1	Tipo di ghiaccio.....	20
4.2	Tipo di struttura.....	21
4.3	Tensioni e fessure.....	22
4.4	Valutazioni prima di attaccare.....	23
4.5	Responsabilità.....	26
5	Gli attrezzi e il ghiaccio.....	26
5.1	Piccozze.....	26
5.2	Ramponi.....	27
6	Il ghiaccio e la chiodatura.....	28
6.1	L'effetto della disomogeneità del ghiaccio.....	28
6.2	Lunghezza delle viti e angoli d'infissione.....	28

1 Formazione del ghiaccio

Il ghiaccio in natura comincia a formarsi quando la temperatura ambiente scende al di sotto degli zero gradi celsius; tanto più è bassa la temperatura quanto più è facile la formazione del ghiaccio. Poiché la temperatura diminuisce con la quota (in media in ragione di 0.6 gradi ogni 100 metri) le cascate si formeranno prima alle quote maggiori e poi, con il progredire dell'inverno, cominceranno a gelare anche le colate alle quote minori. La maggioranza delle cascate dell'arco alpino, si trova al di sotto del limite delle nevi perenni, ad una quota compresa tra i 1000 e i 2500 metri di altezza circa; vedremo nel seguito il motivo di tale distribuzione.

Chiaramente la formazione del ghiaccio che ci interessa, cioè quello che va a formare le cascate, è influenzata anche da altri fattori (tralasciamo qui completamente le eventuali impurità presenti nell'acqua) quali, il volume dell'acqua coinvolta (più precisamente la sua massa) e il fatto di essere o meno in movimento con una certa velocità (ad esempio l'acqua di uno stagno rispetto a quella di un ruscello).

Maggiore è la massa dell'acqua più difficile sarà farla ghiacciare, ovvero maggiore sarà il tempo richiesto per il passaggio di stato (da liquido a solido) per una data temperatura. Sarà quindi molto più facile ghiacciare una piccola gocciolina piuttosto che una pozzanghera o uno stagno. Inoltre se la massa fluida è in movimento risulterà ancora più difficile innescare il processo di solidificazione, visto che questo significa anche fermare il flusso.

Alla luce di queste considerazioni, si comprende facilmente che le cascate di ghiaccio si formino poco alla volta, con la trasformazione di sottili strati d'acqua che sommandosi uno sopra l'altro, lentamente, formano la colata (ghiaccio di ruscellamento); oppure attraverso la polverizzazione dell'acqua in caduta libera sui tratti verticali o in zone turbolente.

In effetti il ghiaccio si forma più facilmente sul verticale piuttosto che sull'orizzontale; è comune vedere ruscelli, anche di piccola portata stentare a ghiacciarsi mentre accanto le cascate risultano già formate. La ragione risiede nel fatto che, come già accennato, l'acqua durante la caduta tende a polverizzarsi, ovvero a frantumare il proprio flusso in goccioline staccate una dall'altra che entrando in contatto con l'aria o con la roccia fredda ghiacciano facilmente. Altra acqua scorre poi sul ghiaccio appena formato ghiacciando a sua volta, innescando la formazione della cascata.

Da queste considerazioni appare anche evidente che difficilmente, a meno di inverni particolarmente rigidi, le cascate che in estate vediamo possedere una ingente portata d'acqua possono ghiacciare in inverno. Tipicamente le colate ghiacciate che sciammo in inverno, durante l'estate si presentano con moderati flussi d'acqua, o semplicemente come striature bagnate sulla roccia, alcune saranno addirittura invisibili e insospettabili durante la bella stagione.

Ma da dove arriva la materia prima delle cascate di ghiaccio, cioè da dove arriva l'acqua che le forma?

La risposta a questa domanda è importante per comprendere, insieme al fattore temperatura, se un determinato anno sarà ricco di cascate e anche in una certa misura il tipo di cascata che si andrà a formare.

Essenzialmente l'acqua che va a formare le colate può provenire dalle piogge autunnali, dallo scioglimento delle nevi, oppure da sorgenti permanenti del sottosuolo, o ancora dai flussi che si originano alla fronte dei ghiacciai alpini.

Le colate formate da sorgenti più o meno costanti, come quelle che godono dell'acqua di una sorgente, del flusso proveniente da un ghiacciaio o di un piccolo flusso deviato da un fiumiciattolo, non soffrono (o meglio soffrono in misura molto minore) della dipendenza stagionale dalle piogge autunnali per il loro approvvigionamento di materia prima.

Al contrario tutte le altre cascate dipendono direttamente dall'intensità delle piogge autunnali (specialmente quelle del mese di novembre) e dall'innevamento, in particolare dalle nevicate d'inizio inverno.

Un autunno piovoso (specie in novembre e con piogge plurigiornaliere e di poco tempo precedenti la discesa della temperatura media sotto lo zero) è quindi condizione essenziale (in quanto sorgente dell'acqua) perché col sopraggiungere dell'inverno (responsabile della temperatura) le colate ghiacciate si possano formare nel migliore dei modi. Inoltre un buon innevamento già a inizio inverno, agendo da serbatoio e da coperta termica allo strato di terreno sottostante, facilita il flusso di acqua moderato e costante che alimenta le cascate garantendone una buona formazione.

Un autunno mite e secco seguito da un inizio inverno freddo e secco rappresentano invece le condizioni peggiori.

Se risulta subito chiaro alla luce delle precedenti considerazioni perché un autunno secco non sia ideale per la corretta formazione delle cascate, un po' meno chiaro potrebbe essere comprendere perché anche un autunno particolarmente piovoso, specialmente se le piogge si protraggono a lungo fino quasi a dicembre, risulti parimenti disastroso.

La ragione sta nel fatto che molta pioggia significa grande disponibilità d'acqua, ovvero grandi portate e quindi difficoltà a ghiacciare. Se si aggiunge che piogge tardive significano anche temperature miti a inizio inverno, si ha il quadro del problema.

Parimenti pessimo per la formazione delle cascate risulta un inverno in cui la transizione verso le temperature basse risulti repentina e marcata, cioè a dire che da una condizione di temperature al di sopra dello zero si passi in poco tempo a temperature molto al di sotto dello zero. Questo gelo repentino impedirebbe la percolazione delle acque nel sottosuolo creando invece grandi zone di permafrost e quindi di fatto impedendo all'acqua di scorrere e di raggiungere i siti dove le cascate si formano (i risalti rocciosi). In sostanza l'acqua si gela nel terreno e quindi dal punto di vista delle cascate ci si trova nelle stesse condizioni di un autunno-inverno secchi. Tale fenomeno è notevolmente accentuato nel caso di mancanza copertura nevosa (specie a inizio inverno), che proteggerebbe gli strati inferiori dalle temperature estreme esterne permettendo la percolazione.

Quindi riassumendo, le condizioni necessarie per la formazione di una cascata risultano:

1. acqua allo stato liquido in quantità sufficiente
2. forti escursioni termiche tra la zona di alimentazione e la sottostante zona di rigelo (tiepido sopra, freddo sotto)
3. temperature basse (in media inferiori allo zero ma non eccessivamente basse)
4. l'uscita dell'acqua a contatto con l'atmosfera su di un versante ripido (una falesia, un colatoio ecc)

Il tempo di formazione di una cascata, inteso come il tempo che intercorre tra la formazione dei primi strati di ghiaccio e il momento in cui la cascata diventa scalabile con ragionevole sicurezza (anche se quest'ultimo parametro è fortemente soggettivo) dipende da molti fattori, quali la temperatura e i suoi cicli, la morfologia delle rocce sottostanti, l'apporto di acqua. In media si va da due a quattro settimane. Per una cascata formata invece, i tempi richiesti per variazioni di volume anche importanti, possono essere molto minori, anche solo due o tre giorni.

A questo punto possiamo cominciare a fare una prima classificazione, dal punto di vista idrico e distinguere le cascate in due grandi categorie; quelle di flusso e quelle effimere o "fantasma".

1.1 Cascate di flusso



Sono tutte quelle colate che vengono formate da un flusso costante d'acqua, ovvero da un torrente, presente anche in inverno, che nel suo corso incontra una falesia o dei salti più o meno verticali del terreno e forma una cascata. Ovviamente in questo caso le condizioni necessarie per la formazione sono solo la 3 e la 4 essendo la 1 vera per definizione e la 2 non applicabile.

Esempi tipici e famosi di questo tipo di colate sono la "regina del lago" in Val Daone e la cascata "di nardis" in Val di Genova.

*Val Daone (TN), cascata "la regina del lago"
ramo sx (exp. E, II/4-)*

Alcune colate hanno a disposizione un consistente flusso d'acqua e quindi è difficile farle ghiacciare; tuttavia la loro formazione è possibile e tale processo segue uno schema ben preciso.

Inizialmente, per effetto degli spruzzi d'acqua, ai bordi della cascata si formano le prime incrostazioni di ghiaccio, che aderiscono alla roccia formando dapprima uno spesso strato di verglas, poi dei rigonfiamenti, bugni, bracci e concrezioni irregolari (concrezioni da splash, meduse) che col tempo possono formare due "ali" che tendono verso il centro della cascata.

Con l'andare del tempo meduse, bugni e bracci si moltiplicano, si saldano tra loro, si protendono verso il centro della cascata allungandosi da entrambi i lati fino a toccarsi e a saldarsi tra loro per arrivare in alcuni casi a formare degli archi, anche imponenti, che attraversano orizzontalmente la cascata.

In seguito questi archi si riempiono di festoni e stalattiti che tendono a saldare tra loro archi adiacenti. Lentamente quasi tutti i buchi si riempiono di ghiaccio e l'acqua sottostante sparisce alla vista. In questo stadio della sua formazione la cascata è estremamente fragile, le strutture che la compongono sono di norma esili. Tuttavia la cascata si è completamente formata e chiusa; ora si presenta alla vista come una colata lavorata, ricca di forme bizzarre, maggiormente spessa ai lati, sovente con al centro un tubo di flusso, ovvero uno strato di ghiaccio che forma una sorta di tubo, di colonna cava, all'interno della quale si intravede (e si sente) scorrere il flusso principale dell'acqua. Alla cascata non resta ora che ispessirsi, incrementando il volume di ghiaccio che forma il tubo di flusso e le strutture superficiali.

Se invece il flusso che va a formare la cascata non ha turbolenze e la parete su cui scorre non presenta grandi irregolarità o salti verticali ma è più simile a una placca appoggiata, allora la formazione della colata segue un percorso diverso, detto ruscellamento. Tale processo richiede volumi d'acqua modesti e per questo è tipico di un altro tipo di cascate, quelle effimere o fantasma che vengono trattate nel seguito, tuttavia anche molte cascate di flusso si formano in questo modo.

1.2 Cascate effimere

Sono tutte quelle colate non alimentate da un flusso costante ma legate alla percolazione delle acque accumulate durante le piogge o derivate dallo scioglimento della neve.

Analizziamo in dettaglio tale regime idrico in una situazione morfologica tipica. A seguito delle piogge autunnali il terreno al di sopra di una falesia rocciosa si impregna d'acqua, l'acqua per gravità tende a percolare nel terreno fino a raggiungere il fondo, ovvero lo strato roccioso sottostante. Giunta a contatto con la roccia si trova protetta dallo strato terroso soprastante, eventualmente coadiuvato da uno strato nevoso, che ricopre il terreno, dovuto alle precipitazioni successive che con il progredire dell'inverno si sono trasformate da piovose a nevose, mentre l'acqua delle precedenti precipitazioni penetrava nel terreno. Tale "copertura" protegge termicamente l'acqua che ha raggiunto il fondo permettendole di rimanere

liquida anche in presenza di basse temperature esterne. L'acqua che non ha ancora raggiunto il fondo invece, rigela all'interno del terreno, andando a formare uno strato di permafrost. Tale terreno è facilmente riscontrabile durante i primi giorni d'inverno (con basse temperature) in quei luoghi dove non ha ancora nevicato; qui il terreno si presenta duro, come ghiacciato, le becche delle piccozze vi penetrano come in un ghiaccio pastoso ma solido. A seguito di una copertura nevosa il permafrost può sciogliersi garantendo un successivo e ulteriore apporto d'acqua verso il fondo.

L'acqua che raggiunge il fondo resta in forma liquida e può scorrere lungo la pendenza del terreno andando ad emergere dove la falesia si inclina bruscamente a formare la parete, qui l'acqua esce a contatto con l'atmosfera e congela dando luogo alla colata ghiacciata.

Le cascate di questo tipo normalmente non sono visibili nel periodo estivo, se non come striature nere e umide sulle pareti delle falesie.

Il limitato ma continuo volume d'acqua che va a formare la cascata, collegato con la morfologia della parete su cui cola, può dare luogo a due tipici meccanismi di formazione: il ruscellamento e la consolidazione per saldatura di colonnine.

Come si è accennato per le cascate di flusso, se la morfologia della parete su cui l'acqua cola è assimilabile ad una placca appoggiata, si ha un processo formativo di ruscellamento. Essenzialmente il flusso si espande sulla placca formando un sottile velo d'acqua che assottigliandosi sempre più diventa facilmente soggetto alla cristallizzazione, essendo a contatto con la roccia fredda da una parte e con la massa d'aria gelida dell'atmosfera invernale dall'altra. In questo modo si forma un sottile strato di verglas, che lentamente si espande e colonizza tutta la placca. Successive pellicole d'acqua si sovrapporranno alle prime stratificazioni di verglas dando luogo alla colata principale. Nel corso del tempo, con i cicli di gelo e rigelo corrispondenti alle variazioni di temperatura tra giorno e notte, la cascata si gonfia fino a produrre grandi volumi di ghiaccio. Il ghiaccio che si viene a formare in questo modo risulta stratificato, di norma spesso e molto denso. Sovente accade che il leggero flusso d'acqua che alimenta la cascata intercetti nella sua corsa sotto la neve o il terreno delle zone formate da argille colorate o zolle d'erba marcia: in questo modo l'acqua si colora e la cascata assume sfumature grigie, ma anche nere, verdi, ocra e più spesso gialle. La superficie di questo tipo di cascate si presenta solitamente liscia, priva di concrezioni irregolari, spesso solcata da onde ghiacciate.

Un esempio tipico di cascata che si forma per ruscellamento è, come il nome stesso suggerisce, la cascata "placca multistrato" in Val Daone, generata da una bassa portata con scorrimento su placca.



Val Daone (TN), cascata "placca multistrato" (exp. E, II/3+)

Se la falesia sulla quale sbuca il tenue flusso d'acqua si presenta tormentata, con sbalzi verticali o strapiombanti, si innesca il meccanismo formativo per consolidamento di spruzzi e goccioline di cui si è già parlato per le cascate di flusso. La particolarità, dettata dallo scarso volume d'acqua che caratterizza queste colate, risiede nel fatto che il lento colare di veli d'acqua sulla verticale da luogo al formarsi di numerose, esili stalattiti e stalagmiti, che spesso si formano una vicina all'altra, tipicamente su un piccolo risalto strapiombante sul quale il velo d'acqua che cola dall'alto si divide in tante goccioline adiacenti prima di cadere nel vuoto. In corrispondenza di ogni gocciolina vanno formandosi le stalattiti, che nel corso del tempo si saldano con le loro stalagmiti che risalgono dalla base del salto roccioso. Successivamente queste strutture si ingrossano in diametro e lentamente si avvicinano e saldano tra loro. Quando ciò accade l'acqua che cola dall'alto, giunta al risalto roccioso, non trova più il vuoto ma una parete verticale di colonnine adiacenti e su di esse scorre. Il risultato è che le colonnine si coprono di leggeri strati di ghiaccio simili a quelli che si formano in placca per ruscellamento e quindi dapprima si ingrossano in diametro fino ad arrivare a toccarsi, in seguito l'acqua che scende incontra una parete semi chiusa di colonnine adiacenti e si insinua nei punti di contatto fino a saldarli completamente tra loro fino a costruire una parete compatta. Molto spesso scalando su questo tipo di cascate si attraversano zone verticali che hanno subito questo processo formativo; in alcune le colonnine sottostanti sono ancora visibili, in altre lo strato di copertura è abbastanza spesso e bianco da celarle alla vista, si notano però delle "fessure" chiuse verticali,

testimonianza del processo formativo (sono il riflesso dei piccoli vuoti tra due colonnine adiacenti). Si noti che risulta molto meglio infiggere le becche delle piccozze alla base di tali "fessure" che sono il punto di maggior tenuta essendo la rappresentazione superficiale della base di due colonnine adiacenti all'interno. Questo particolare processo formativo e la conseguente struttura del ghiaccio va tenuta quindi presente in fase di progressione e anche in quella di chiodatura.

1.3 Seracchi



Il ghiaccio dei seracchi è di un tipo completamente differente rispetto a quello delle cascate: è infatti dello stesso tipo del ghiaccio che compone i ghiacciai. Ciò significa che si tratta di neve trasformata dai cicli di gelo e rigelo e dalla pressione generata dal peso degli strati superiori. Nei seracchi pensili che si riscontrano spesso in molte pareti nord, la fronte è la parte esposta di un ghiacciaio pensile e il suo ghiaccio si presenta duro e compatto, spesso con superficie ondulata, prodotta dalle stratificazioni della neve poi trasformatasi in ghiaccio. Il freddo che caratterizza le quote dove di solito si trovano i seracchi e il fatto che la fronte risulta esposta all'atmosfera rendono il ghiaccio superficiale vetrato e sagomato dal vento.

Scalando il seracco della parete N della Presanella, (1998)

Durante la scalata il seracco pensile si presenta come una superficie ghiacciata omogenea e compatta, le onde sovente producono dei leggeri strapiombi; l'infissione dei chiodi è resa faticosa dall'estrema durezza sia degli strati superficiali che di quelli interni del ghiaccio.

I seracchi ovviamente non hanno carattere stagionale ma sono comunque soggetti a variazioni nella forma della fronte. Tali variazioni sono imputabili, a livello superficiale all'azione del vento, della neve e all'irraggiamento solare, a livello macroscopico, ai crolli. I crolli coinvolgono interi settori della fronte e dei lati e in qualche caso possono coinvolgere l'intera struttura. I crolli sono determinati dal movimento, lento ma inarrestabile della massa ghiacciata del ghiacciaio pensile verso valle.

Il ghiaccio si comporta come un fluido estremamente viscoso soggetto alla gravità e tende a muoversi verso valle con velocità maggiore laddove l'inclinazione della parete è più forte o maggiore è la massa di ghiaccio, cioè vicino alla fronte; questo movimento genera delle enormi tensioni, che si estrinsecano in fratture del ghiaccio in prossimità della fronte. Queste fratture si dilatano lentamente per

via del peso del ghiaccio sottostante e a un certo momento, coadiuvate dagli agenti atmosferici (principalmente dalla temperatura e dal vento) cedono e producono i crolli.

I seracchi originati dai ghiacciai invece si formano in prossimità di brusche discontinuità nel manto roccioso sottostante il ghiacciaio; il cosiddetto "gradino roccioso". Il ghiacciaio muovendosi verso valle costringe il ghiaccio sopra il gradino a crollare di tanto in tanto. Tali crolli sono assai poco prevedibili e possono avvenire anche in condizioni meteorologiche favorevoli (basse temperature, assenza di vento ecc).

1.4 Couloirs e goulottes



In alta quota normalmente non piove mai perché la temperatura, anche d'estate, è sempre troppo bassa. Questo significa che le cascate non si formano per via della carenza della loro materia prima, l'acqua. Tuttavia esistono meravigliosi nastri ghiacciati che si snodano in canali e diedri scavati sui fianchi delle montagne, anche delle più alte, che si possono scalare in piolet traction, trasportando così in alta quota la tecnica appresa sulle cascate.

Questi colatoi ghiacciati d'alta montagna prendono il nome di couloirs e goulottes, a seconda del fatto che si formino all'interno di formazioni rocciose come canaloni e profondi diedri o in piena parete.

La goulotte "Charlet-Ghilini" in Argentière FR (2003)

Il ghiaccio che li compone deriva dal metamorfismo della neve e non dalla presenza di acqua allo stato liquido. Inizialmente la neve si deposita sulla parete e nel fondo del canale, successivamente tale canale funge da collettore delle scariche nevose per una parte della parete soprastante e dei lati. Queste scariche riempiono e intasano il canale fino al massimo della sua capacità, le cariche successive spazzano il canale e comprimono la neve del fondo. I cicli di gelo e rigelo che si ripetono giornalmente associati al ciclo giorno-notte, insieme con la compressione lentamente trasformano la neve del fondo in ghiaccio, le successive scariche scivolano sul ghiaccio basale contribuendo sempre meno alla formazione del couloir. Per questo motivo couloirs e goulottes non si gonfiano mai molto, ovvero sono meno soggetti a variazioni di dimensione come accade alle cascate in dipendenza delle condizioni di un inverno rispetto ad un altro (inverno favorevole, casate gonfie imponenti, poco favorevole cascate magre) ma sono ogni anno molto simili a se stessi. In generale couloirs e goulottes non hanno carattere stagionale, come le cascate, ma hanno carattere permanente: molti infatti sono presenti anche d'estate, anche se magari

contengono poco ghiaccio. Tuttavia in questi ultimi anni si è assistito spesso nella bella stagione alla permanenza anche per lunghi periodi dello zero termico a quote molto alte; ciò da luogo allo scioglimento dei nastri ghiacciati che faticano molto a ricrearsi durante l'inverno, magari avaro di nevicate. Alcuni di questi couloirs e goulottes quindi risultano non scalabili o addirittura spariscono del tutto per alcuni anni.



Scalando la goulotte "Modica-Noury", (2001)

Dal punto di vista dell'ice climber che li percorre si notano alcune importanti caratteristiche che li distinguono dalle cascate.

Il ghiaccio che li compone è decisamente diverso da quello delle cascate proprio a motivo della sua diversa origine. Quello formato dalla trasformazione della neve è meno rigido e duro di quello formato dalla solidificazione dell'acqua, anche alle temperature molto rigide caratteristiche dell'alta quota. Ciò è dovuto alla presenza di aria all'interno della massa ghiacciata. La pressione a cui è sottoposto non è mai così forte da eliminare l'aria e quindi da renderlo duro, come avviene per esempio nel ghiaccio dei seracchi che invece si è formato proprio sotto le alte pressioni generate dalle grandi masse di ghiaccio superiori.

Altra peculiarità di questi nastri ghiacciati d'alta quota è l'assenza di tutte quelle complicate strutture superficiali che caratterizzano le cascate. Il motivo è evidente in ragione della loro diversa formazione. Tuttavia non sempre queste strutture si presentano come piatti nastri di ghiaccio incuneati in ripidi canali.

Un attore importante nella formazione dei couloirs e goulottes è infatti il vento.

Il vento è in grado di spingere la neve anche contro la forza di gravità, di insinuarla negli anfratti più nascosti e inaccessibili, producendo strati di ghiaccio nei punti più impensabili e modellando il ghiaccio in forme bizzarre. Per questo motivo queste strutture possono presentare strapiombi, piccole onde ghiacciate, bugni di ghiaccio profilati come ali dal vento.

1.5 Fattori che influiscono sulla formazione

Variazioni di temperatura

Le variazioni di temperatura incidono fortemente sulla formazione e sulla successiva evoluzione di una cascata di ghiaccio. Le migliori condizioni per la formazione si hanno quando vi è una certa escursione termica tra il giorno e la notte e i valori assoluti di temperatura non sono mai esasperati. Ciò significa che di giorno non si deve andare al di sopra di qualche grado e di notte non si deve scendere a

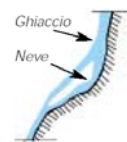
temperature polari, questo perché temperature al di sopra dello zero nelle ore diurne permettono lo scioglimento della neve e quindi un apporto di acqua alla cascata, mentre le basse temperature notturne ne permettono il congelamento sulla colata. Come già detto temperature troppo rigide, specialmente se mantenute nel tempo, bloccano l'afflusso di acqua e quindi di fatto fermano il processo di formazione. Si noti che nelle ore diurne il manto nevoso soprastante la cascata si scalda e per inerzia termica mantiene tale calore anche al calar del sole, quindi l'acqua, protetta dalla coltre di neve, continua a fluire verso la falesia dove si origina la colata e ghiaccia nel momento in cui emerge venendo a contatto con l'aria fredda della notte.

Il ghiaccio migliore, quello spesso, azzurro-verdastro, si forma in condizioni ottimali, ovvero in inverni non precocemente rigidi, con temperature medie tra gli 0 e -5 °C, senza forti sbalzi di temperatura e con un afflusso non eccessivo e costante di acqua.

Le lievi differenze di temperatura che si sperimentano nell'arco della giornata, ovvero durante le scalate, hanno invece effetto soprattutto sugli strati superficiali del ghiaccio, influenzando momentaneamente l'adeguatezza del ghiaccio per l'arrampicata.

Nevicate

La neve che si deposita nei tratti appoggiati, o che si appiccica per via dell'umidità nei tratti verticali della cascata, protegge il ghiaccio sottostante dalle temperature esterne e lo rende più umido. Ciò fa sì che lo strato superficiale di ghiaccio sottostante la neve si scioglia in parte, perda la consistenza vetrosa e diventi fortemente cariato. Se le neviccate cessano e le temperature consentono il ripristinarsi delle condizioni per la formazione della cascata, con i cicli di gelo e rigelo e con l'azione del vento, la neve solidifica e aderisce al ghiaccio cariato formando uno spesso strato di ghiaccio inconsistente. Il processo dipende molto da temperatura e umidità e lo spessore dello strato di ghiaccio coinvolto nel deterioramento risulta estremamente variabile. Il ghiaccio così modificato presenta al suo interno tantissima aria, anche sottoforma di bolle di grandi dimensioni; frantumandolo con la piccozza si ottiene una granatina di ghiaccio, che mette alla luce il ghiaccio profondo anch'esso cariato ma più solido. Eventualmente altro ghiaccio solido e vetrato si forma sopra lo strato cariato e nevoso formando le famigerate coste. Se la crosta viene a sua volta coperta da uno strato di ghiaccio che la cascata produce nella sua ulteriore formazione si ha l'inglobamento nella cascata di una "sacca" praticamente vuota che mina la tenuta della struttura.



In genere una nevicata durante la formazione della cascata peggiora la qualità del ghiaccio, specie nei tratti non completamente verticali. A cascata formata invece, rovina gli strati superficiali toccati dalla neve. Attenzione, il processo di deterioramento del ghiaccio causato dalla copertura nevosa non è immediato, necessita di alcuni giorni (alcuni cicli di gelo e rigelo), quindi subito dopo una nevicata il ghiaccio sotto la neve è ancora buono e scalabile, tuttavia in questi casi a tenerci

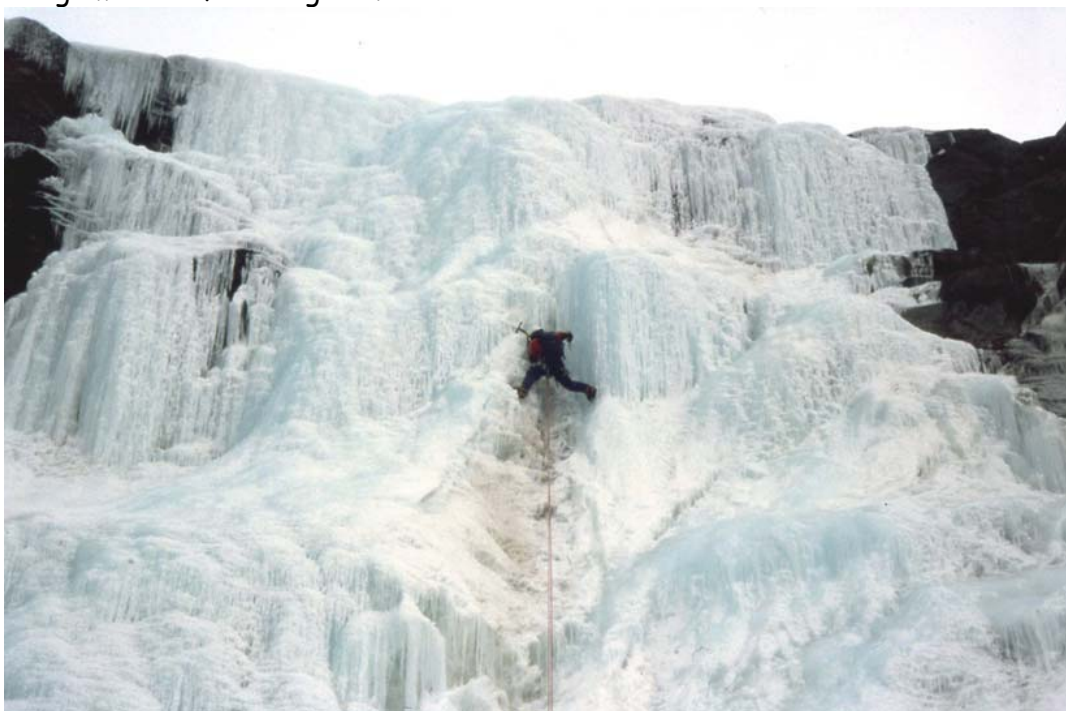
lontano dalle colate non è la qualità del ghiaccio ma il pericolo valanghe...!
Un'azione simile a quella della neve viene esercitata dalla brina che si forma per sublimazione dell'umidità ambientale sulla superficie delle cascate nelle notti molto fredde. Tale strato di brina è molto piccolo, millimetrico, ma comunque introduce aria nella formazione per strati del ghiaccio di cascata.

Esposizione/Insolazione

L'effetto dell'azione diretta dei raggi solari sul ghiaccio di cascata è quello di modificarne lo strato superficiale trasformando i primi 2-3 cm di spessore in ghiaccio "cotto". Il solo irraggiamento, se non coadiuvato da alte temperature ambientali (come ad esempio a fine stagione, con la primavera incipiente o in conche rocciose scaldate dal sole) raramente coinvolge spessori di ghiaccio di dimensioni maggiori.

Il ghiaccio "cotto" dal sole si presenta di un color bianco latte e risulta morbido, superficialmente cariato, a volte bagnato, mentre quello sottostante, protetto dal ghiaccio bianco, risulta ancora in ottime condizioni. L'effetto dell'insolazione durante il processo di formazione risulta deleterio perché inserisce nella formazione del ghiaccio della colata degli strati di ghiaccio cariato e fortemente areato. Fortunatamente questi strati sono di norma molto sottili.

Ovviamente le cascate esposte a sud sono le più esposte al rischio di irraggiamento diretto, a meno che non risiedano in strette gole o comunque in situazioni geomorfologiche che garantiscano la protezione dal sole. Tuttavia anche in questo caso, trovandosi di solito lungo il versante sud di una montagna subiscono la presenza di una temperatura ambientale mediamente maggiore rispetto ai versanti nord per via del riscaldamento maggiore dell'intero versante e saranno le prime a dare segni di scioglimento a fine stagione.



Alpe Gembrè, (Campo Moro in val Malenco) cascata "dei geroni" (exp 5, III/3+)

Tuttavia le valli più fredde non sono necessariamente le più adatte alla formazione delle cascate. Uno studio condotto nel 1996 nelle valli occidentali italiane ci dice che le cascate sono molto più diffuse nelle valli in cui è meglio conservata la morfologia glaciale, con sezione a U, sufficientemente incassate da avere la parte bassa all'ombra per tutto il giorno o quasi (compresi i versanti a sud), e con numerosi canaloni valanghivi. Ciò sembra confermato dalla relazione fra cascate ghiacciate ed esposizione. Le esposizioni più comuni in questo studio risultano essere la Nord e la Sud. Il primo caso è ovvio, mentre nel secondo si ha che le colate si formano nelle strette vallive in cui la parte alta del versante è al sole mentre la parte bassa è all'ombra per tutto il giorno. La ragione è evidente: in alto si scioglie la neve che fornisce l'acqua necessaria alla formazione, mentre in basso si hanno le temperature corrette per il rigelo. In generale invece le cascate con esposizione Est e Ovest si formano in gole incassate che costituiscono climi locali più freddi all'interno di versanti più caldi in grado di fornire acqua di fusione. Tipicamente sono situate in colatoi di valanga.

Vento

Il vento influisce sulla formazione in due modi che potremmo chiamare con un po' di fantasia "architettonico" e "distruttivo". Nel modo architettonico, deviando il corso delle goccioline o dei rivoli d'acqua dalla perfetta verticale e generando spruzzi anche dove per gravità non ce ne sarebbero stati, dà luogo al formarsi di strutture complicate, profilate nel senso della sua direzione. Risulta il responsabile di tutte quelle formazioni ghiacciate che sembrano andare contro le leggi della gravitazione, come archi, stalattiti oblique, lame orizzontali, saldature bizzarre tra colonnine o stalattiti ecc.

Nel modo distruttivo trasporta la neve all'interno degli interstizi della cascata, genera accumuli nevosi anche contro la gravità, riempie di neve le cavità e gli spazi intercolonnari. In questo modo inserisce la neve in luoghi solitamente protetti compromettendo la formazione del ghiaccio e generando, allorché la cascata successivamente ingloba quelle aree, delle "bolle di neve" interne al ghiaccio che ne minano la solidità. Basti pensare ad una cascata che si formi per aggregazione di colonnine nei cui spazi intercolonnari il vento abbia accumulato della neve: il ghiaccio risultante risulterà fortemente cariato con un altissimo contenuto d'aria e quindi assai poco resistente. Un altro effetto "distruttivo" è quello di rallentare la formazione delle stalattiti e stalagmiti e quindi in certi casi dell'intera cascata; infatti disturbando la caduta in verticale delle goccioline e portandole fuori traiettoria impedisce o rallenta la formazione delle stalattiti e delle colonnine che in alcuni tratti formano l'ossatura della formazione della cascata.

2 Scioglimento e crolli

2.1 Cascate di flusso



Il meccanismo di dissoluzione/scioglimento delle cascate di flusso segue un percorso particolare. Il ghiaccio durante il giorno viene sciolto sia dall'esterno, per via della temperatura dell'aria o dall'eventuale irraggiamento solare, sia soprattutto dall'acqua che scorre al suo interno quando questa cominci ad avere temperature un poco al di sopra dello zero. Anche se la colata si trova in una forra fredda e riparata dal sole, l'acqua che la raggiunge ed eventualmente la attraversa si può essere "riscaldata" nell'attraversamento dei pendii soprastanti, e rimanere tale, protetta dalla neve o dal ghiaccio, nella discesa nella forra.

*Valorz, (val di rabbi, TN), cascata "degli angeli"
(exp. N, II/5) in fase di scioglimento*

Il contatto di una grande massa di acqua con uno strato relativamente sottile di ghiaccio produce una forte azione di scioglimento che si mantiene giorno e notte.

Infatti quest'acqua che scorre internamente e che potremmo definire "tiepida", si può mantenere tale anche durante la notte, perché protetta dagli sbalzi di temperatura proprio da quello strato di ghiaccio che sta "erodendo".

Di conseguenza una cascata di flusso in fase di scioglimento si presenta con grandi buchi dai bordi regolari, in corrispondenza dei punti dove l'acqua interna tocca lo strato protettivo di ghiaccio.

Se lo scorrimento dell'acqua lambisce la struttura dall'interno per tutta la sua lunghezza si assisterà all'asportazione dell'intera parte centrale della cascata, dando luogo ad una forma complessiva molto simile a quella che le cascate presentano nei primi momenti della loro formazione.

Tuttavia osservando da vicino si potrà notare come i bordi ghiacciati siano perfettamente lisciati e omogenei, privi di tutte quelle complesse strutture di accrescimento da spruzzo di cui si è parlato per la formazione.

Si noti che riuscire a comprendere se una cascata è in fase di scioglimento o in formazione, restituisce un'indicazione della storia termica del sito nel tempo: se in un circo glaciale una cascata presenta i primi segni di scioglimento di cui sopra, significa che da alcuni giorni la temperatura è ben al di sopra dello zero e che l'acqua che scorre all'interno ha iniziato la sua azione di erosione. Quindi anche se le

altre cascate presenti nel sito non danno segni apparenti di scioglimento, noi sapremo che in realtà hanno sopportato lo stesso sbalzo di temperatura e sono sottoposte alla stessa erosione interna provocata dall'acqua "tiepida" che le percorre, cioè anch'esse si stanno sciogliendo internamente e quindi sono da valutare con estrema attenzione.

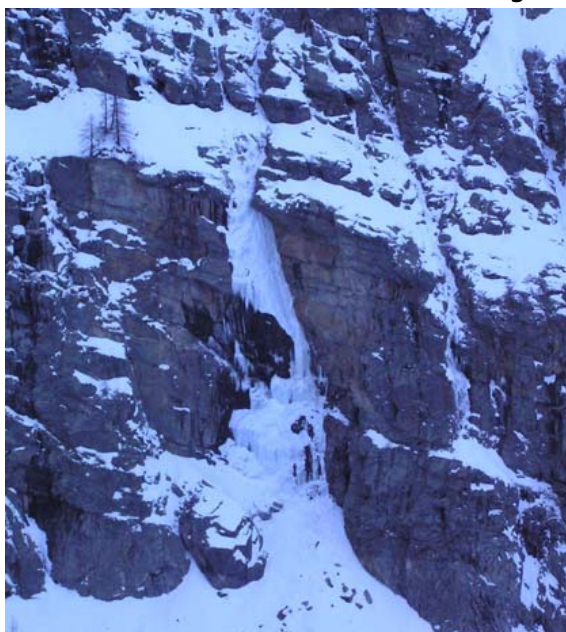
L'azione combinata dell'acqua e della temperatura producono anche un altro effetto; i crolli.

Oltre alla modificazione nella struttura del ghiaccio, ad opera della temperatura, che lo rende debole e non più in grado di sostenere il peso della colata, dando luogo ai crolli, si aggiungono anche altri meccanismi che minano la tenuta strutturale della cascata.

L'acqua "tiepida" che scorre entro la cascata tende ad aderire alla roccia su cui questa è appoggiata sciogliendo lo strato di ghiaccio che vi aderisce. Alla colata viene a mancare quindi il "collante" che la tiene attaccata alla parete sottostante, nel caso di strutture verticali il peso deve quindi essere retto dalla struttura ghiacciata, che non è nella migliore condizione per farlo: ecco che si verifica il crollo. Inoltre spesso succede che le pareti di roccia ai lati della cascata che non sono coperte da uno strato protettivo di ghiaccio, per via dell'irraggiamento solare si scaldano e trasportano, essendo la roccia un buon conduttore, tale calore anche nella zona dove è ancorata la cascata. In tal modo il calore della roccia scioglie lo strato di contatto e la cascata si ritrova nelle stesse condizioni del caso precedente. Attenzione quindi, a fine stagione, alle colate verticali che aderiscono a un settore roccioso che fa parte ad esempio di una zona di grandi placconate, una parte delle quali è esposta al sole.

2.2 Cascate effimere

Nelle cascate effimere non si hanno consistenti flussi di acqua interni quindi il meccanismo distruttivo interno che agisce nelle cascate di flusso non è presente. I



meccanismi principali di scioglimento per questo tipo di colate sono l'aumento della temperatura ambientale e della roccia alla quale sono collegate. Questi due fattori agiscono insieme consumando (liquefacendo) la cascata dall'esterno, rendendo il ghiaccio meno rigido e distaccandolo dalla roccia.

*Valnontey, (Cogne) cascata "di fronte al tradimento"
(exp SE, II/5+) crollata il 7/3/04 alle 12pm circa*

Questi fattori, mancanza di coesione con la roccia e diminuzione della massa del ghiaccio e della sua rigidità portano alla fine dell'auto-sostentamento della colata e quindi danno luogo ai crolli, inizialmente parziali e relativi alle parti più sottili, esposte e verticali (stalattiti, free-standing ecc) delle colate e poi sempre più estesi fino a coinvolgere l'intera struttura a fine stagione.

Relativamente ai crolli è importante notare che alcune candele cave, durante il processo di decadimento di una cascata o anche solo dopo un periodo di rialzi di temperatura al di sopra dello zero, si possono riempire d'acqua al loro interno. Questo fa sì che il loro peso complessivo aumenti e di conseguenza lo strato di ghiaccio coeso alla roccia al quale sono appese potrebbe non sopportarlo più e quindi dare luogo a crolli repentini e imprevedibili.

Si noti che non è infrequente trovare grandi stalattiti cave, specialmente tra quelle di grandi dimensioni. Sebbene il processo di formazione per gocciolamento delle stalattiti preveda una formazione piena, che si sviluppa circa dieci volte più velocemente in lunghezza che in diametro, per quelle di grandi dimensioni entrano in gioco fattori morfologici della roccia da cui originano che danno luogo al formarsi di più stalattiti che poi si saldano insieme per formare una candela che complessivamente può presentare una zona cava centrale.

Alcuni crolli possono essere indotti dal vento. Questi crolli possono avvenire indipendentemente dallo stato del ghiaccio, anzi un ghiaccio estremamente freddo (e quindi rigido) ne è maggiormente soggetto. Chiaramente le strutture maggiormente coinvolte in questo tipo di crolli sono i festoni, le stalattiti e i free-standing che offrono al vento superfici che si comportano come vele o ali. In questi processi giocano un ruolo fondamentale le oscillazioni e le vibrazioni che il vento induce nella struttura e il loro ingresso in risonanza.

3 Morfologia e strutture particolari

3.1 Morfologia di base; nomenclatura

Colate: strutture appoggiate alla roccia, anche verticali

Stalattiti: colate di ghiaccio originatesi per gocciolamento, appese in alto alla roccia e penzolanti nel vuoto. Di sezione approssimativamente circolare o ellittica, il cui diametro va decrescendo dalla parte alta fino a finire al vertice in basso in una punta acuminate. Di dimensioni variabili nel diametro (da pochi mm a 1m) e nella lunghezza (da pochi cm a alcuni metri). Si accrescono per il congelamento dell'acqua che scorre sulla superficie esterna.

Stalagmiti: struttura simile alla stalattite ma che si forma dal basso verso l'alto al di sotto di questa. Si origina dalle gocce che cadono dal vertice della stalattite. Rispetto a questa si presenta meno lunga, più tozza, spesso contornata di strutture da spruzzo.

Colonne: risultato della fusione di stalattiti e stalagmiti

Candele: grandi stalattiti, spesso cave, formate dall'unione di più stalattiti minori

saldate insieme.

Free-standing: stalattiti di grandi dimensioni (candele) che si sono saldate con la propria stalagmite a formare una colonna staccata dalla roccia ancorata soltanto in alto e appoggiata alla base.

Festoni: gruppi di stalattiti pendenti nel vuoto, spesso saldate assieme a formare come delle tende che calano verso il basso. Di dimensioni molto variabili, estremamente soggetti alle variazioni di temperatura e conseguentemente ai crolli.

3.2 Tubi di flusso

I tubi di flusso generalmente si presentano come uno strato levigato e trasparente di ghiaccio sottile, che protegge l'acqua sottostante dalle rigide temperature esterne permettendole di non ghiacciare. Raramente sono formati da ghiaccio spesso, di solito la dimensione media dello strato protettivo si aggira sui 2-5 cm; si va dal sottile velo millimetrico dei primi stadi della formazione ad un massimo di circa 10 cm per i tubi più solidi.

Molto spesso, solitamente in prossimità della base, si possono notare uno o più buchi di sfogo; questi buchi permettono all'aria imprigionata e compressa nel tubo di fuoriuscire dalla cascata. La presenza dell'aria di sfogo impedisce al buco di formare il ghiaccio sui bordi e quindi di chiudersi.



*I Di Mello (Val Masino SO), cascata "durango" (exp. N, I/4+)
Il tubo di flusso della variante d'attacco sinistra (1998).*

Le pareti del tubo non sono mai a spessore costante, ma sono soggette a forti variazioni. Tali variazioni dipendono dalla turbolenza dell'acqua che scorre al di sotto nel momento della formazione.



Scalando dentro il tubo di flusso della cascata di Lillaz, Cogne AO, (2006)

In generale si raggiungono grandi spessori alla base, lungo i lati e sugli eventuali archi di giunzione. La base si accresce per via delle gocce e degli spruzzi che si formano per il rimbalzo dell'acqua sulla roccia/ghiaccio della base, i lati accrescono grazie alle gocce che aderiscono alla roccia gelida dei bordi, mentre gli archi si originano dagli spruzzi che derivano da risalti rocciosi o incontri con ostacoli e turbolenze del flusso, lungo la caduta.

3.3 Meduse

Solitamente i bugni che si formano con l'accumulo degli spruzzi sugli speroni rocciosi a lato della cascata o in corrispondenza di risalti o turbolenze vengono innaffiati dall'acqua che cade o scorre dall'alto che quindi li colpisce nella loro parte superiore. Lentamente poi, l'acqua si trasferisce al di sotto scorrendo lungo la "testa" del bugno, questo rallenta il movimento del velo d'acqua e ne favorisce il congelamento. Quindi durante questo percorso è più facile che l'acqua rigeli, facendo sì che la "testa" si ingrandisca e assuma un aspetto tondeggiante. L'acqua che non rigela subito arriva fin sotto la testa e comincia a colare; in questo caso sotto il bugno vengono a formarsi alcune stalattiti che penzolano nel vuoto o si saldano al corpo della cascata.



A lungo andare, con l'aiuto delle variazioni giornaliere di temperatura, tutta la struttura si ingrandisce e si vengono a formare le cosiddette "meduse" di ghiaccio. Tali strutture possono assumere un diametro che va dai pochi centimetri a qualche metro.

"Les formes du chaos" Ceillac FR (2005),

3.4 Strutture basali

Le complesse strutture che si formano alla base di risali verticali, free-standing, o sotto le candele appese, sono il frutto degli spruzzi dell'acqua che cola dall'alto e che colpendo la base si separa in goccioline/spruzzi che rimbalzano in aria. Tali strutture sono appunto dette "da spruzzo".

Le sculture di ghiaccio che derivano da questo processo sono sovente bellissime e complesse, spesso anche di grandi dimensioni.

Normalmente alla base si trovano, insieme alle strutture da spruzzo o sovrapposte a queste, delle croste di ghiaccio biancastre; queste sono dovute alla caduta lungo lo scivolo della cascata di neve polverosa che riempie gli interstizi, anche ampi, tra le strutture da spruzzo.



In seguito l'acqua che cola sulla cascata smette di rimbalzare e si trova a congelare sulla superficie della neve depositata, formando una crosta bianca inconsistente. Tali croste, al di sotto di una stalattite, di una candela o di un free-standing possono assumere la caratteristica forma a conoide formando le cosiddette "meringhe".



*Kandersteg (CH)
cascata "rottenpissoir" (II/5)*

4 Valutazione delle cascate

4.1 Tipo di ghiaccio

Tentiamo una classificazione per colore del ghiaccio di cascata:

verde/bluastro - semi trasparente: sinonimo di tanto ghiaccio duro, compatto e omogeneo, solitamente formatosi nel migliore dei modi, con tanti cicli di gelo e rigelo non esasperati, con temperature costantemente di poco sotto lo zero e gradienti bassi e costanti. Ha un basso contenuto di aria intrappolata internamente sotto forma di microscopiche bollicine e quindi ha grande densità.

Se invece questo tipo di ghiaccio si presenta completamente trasparente, allora si tratta di ghiaccio ancora più duro e rigido ma anche molto più fragile.

In generale: ghiaccio colorato = ghiaccio duro, compatto, con poca aria; ghiaccio opaco = ghiaccio poroso, aria intrappolata.

Biancastro in profondità: ghiaccio con presenza di una grande componente di aria al suo interno, caratterizzato da una densità minore rispetto al precedente. Poiché maggiore è il contenuto d'aria, peggiore risulta la resistenza, all'aumentare del numero e della dimensione delle bollicine (fino anche a 5mm di diametro) il ghiaccio tende sempre più a presentarsi granulare e disomogeneo: questo ghiaccio ha scarsissime doti di resistenza. Le becche delle piccozze si infiggono in profondità in questo tipo di ghiaccio poco denso, le viti entrano con poco sforzo.

Bianco superficiale: sinonimo di ghiaccio che ha preso direttamente irraggiamento solare di cui abbiamo già parlato. Attenzione però: verso fine stagione si riscontrano cascate che restano al sole per lunghi periodi, qui il calore dell'irraggiamento potrebbe essere penetrato in profondità, soprattutto nella parte alta della colata che di norma prende più sole, causando un forte pericolo di crolli. Tali colate si

presentano spesso bagnate al di sotto dello stato bianco "cotto" superficiale (che risulta ampio e composto di ghiaccio fortemente cariato), oltre che "spugnose" sotto i colpi della piccozza.

grigio traslucido: se il ghiaccio di questo colore non si presenta bagnato, ma asciutto e solido, risulta sicuramente un buon ghiaccio per la scalata. Risulta essere il ghiaccio più comune, riscontrabile in tantissime colate. Il colore grigio deriva dalla presenza di aria in forma di microscopiche bollicine immersa nel ghiaccio. Più il ghiaccio si presenta trasparente minore è il suo contenuto d'aria interno, quindi maggiore è la sua densità e quindi la sua consistenza e solidità; conseguentemente maggiore è la sicurezza della cascata.

grigio biancastro: solitamente il ghiaccio di questo colore si presenta bagnato, marcio e indica una cascata in scioglimento per temperature ambientali troppo elevate in assenza di irraggiamento diretto del sole.

Se non ci si trova a fine stagione, questo ghiaccio può derivare da una o più giornate (o notti) particolarmente calde (sopra lo zero, anche di pochi gradi, come nelle giornate/notti immerse nelle nebbie o nelle nubi): in tale caso solitamente lo strato bagnato e coinvolto dal riscaldamento non è mai molto grande (2-3 cm), la cascata resta sicura e divertente.

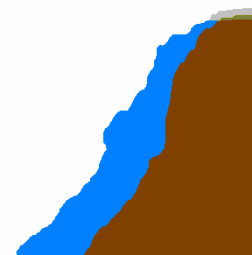
Se le cascate appoggiate sono certamente scalabili in sicurezza e con facilità, dato che il ghiaccio si presenta morbido e docile all'infissione degli attrezzi, in quelle verticali bisognerà valutare la coesione tra ghiaccio e roccia. Assolutamente da evitare invece free standing e strutture appese.

4.2 Tipo di struttura

Dal punto di vista della solidità intrinseca di una cascata di ghiaccio possiamo distinguere alcuni tipi di strutture e ordinarle in senso decrescente secondo un criterio di minor rischio di crollo e quindi maggiore sicurezza a parità di condizioni ambientali.

1. Appoggiata alla roccia.

Questo significa che la colata non è perfettamente verticale e si appoggia alla roccia sottostante, scaricando parte del suo peso su di essa. Solo una parte del peso è sostenuta dalla massa ghiacciata, conseguentemente le tensioni interne sono minori rispetto a una colata che sostiene tutto il proprio peso. Nello strato di contatto la colata può essere semplicemente appoggiata alla roccia o aderirvi. Chiaramente tali tipi di cascate risentono meno di eventuali scollamenti tra ghiaccio e roccia ad opera di acqua di scorrimento o alte temperature della roccia.



2. Aderente alla roccia.

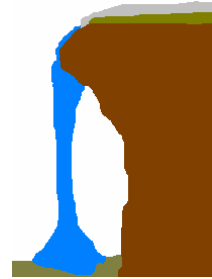
Colata verticale appoggiata alla roccia a cui aderisce ma che sostiene il proprio peso. Ovvero per ogni punto interno al ghiaccio la proiezione del baricentro rimane all'interno del ghiaccio e non



intercetta mai la roccia. Tali colate sfruttano, per mantenersi in equilibrio, il proprio auto-sostentamento e la coesione tra ghiaccio e la roccia. L'interruzione della coesione disturba l'equilibrio della cascata.

3. Completamente auto-sostentante.

Colata che si auto-sostiene completamente: non tocca mai la roccia, tranne nel punto in cui è appesa. Si appoggia alla base saldandosi con la sua stalagmite. Esempio tipico i free-standing.



4. Appesa.

Colata che aderisce alla roccia soltanto nella sua parte alta e che da un certo punto in poi si proietta nel vuoto, senza arrivare ad appoggiarsi a terra. Esempio tipico le candele sospese, le stalattiti.

Chiaramente una cascata in natura può essere composta da un insieme di queste tipologie, eventualmente presenti tutte contemporaneamente; ogni singolo tiro o componente andrà quindi valutato separatamente.



4.3 Tensioni e fessure

Il ghiaccio che compone una cascata è percorso da tensioni che derivano dalla forza di gravità e dalle dilatazioni termiche che il ghiaccio subisce al variare della temperatura.

Il coefficiente di dilatazione del ghiaccio è dello 0,05‰ per ogni grado di differenza di temperatura (ad es., per una differenza di temperatura di 10°C e 20 m di lunghezza, la dilatazione è di 1 cm). In tal modo al variare della temperatura si formano continuamente delle tensioni su tutta la superficie della cascata. Le tensioni di questo tipo si acquiscono in periodi prolungati di freddo intenso specialmente se le basse temperature vengono raggiunte in breve tempo e si stemperano al ritorno delle normali condizioni. Per questo motivo le strutture esili sono da ritenersi molto pericolose a seguito di un brusco e mantenuto calo di temperatura.

A tali tensioni, in particolare a quelle dovute alla contrazione termica, è ascrivibile il fenomeno delle lenti superficiali, ovvero quei blocchi di ghiaccio di forma semi-circolare che si producono infiggendo le becche delle piccozze nel ghiaccio molto freddo e che inficiano la tenuta degli attrezzi. Sono un fenomeno strettamente legato allo strato superficiale della cascata e quindi bastano poche ore di freddo intenso per produrlo. Sotto il primo strato di ghiaccio freddo (dai 2 ai 15cm, in dipendenza della temperatura) si ritrova un ghiaccio più caldo e plastico, perché protetto dalle temperature esterne proprio dal ghiaccio superficiale; è quindi sufficiente ripulire la zona dove si intende piazzare la piccozza dal ghiaccio superficiale per ottenere una buona infissione. Il prezzo che si paga sono tempi più lunghi per la battuta, fatica aggiuntiva, pezzi di ghiaccio che cadono lungo colata.

Le tensioni che invece fanno capo alla forza di gravità sono ascrivibili al peso del ghiaccio che la cascata deve sostenere e al lentissimo scorrimento della massa ghiacciata verso il basso, quindi sono sempre presenti lungo la struttura e dipendono essenzialmente dall'accumulo di ghiaccio sulla struttura stessa.

Poiché le fessurazioni, in un qualsiasi materiale, si sviluppano perpendicolarmente alle tensioni di taglio e queste ultime sono parallele allo sviluppo verticale della cascata, visto che sono originate dal fatto che il peso del ghiaccio in basso "tira" (o "si appende") alla colata soprastante, mentre il ghiaccio in alto "trattiene" il peso di quello sottostante, si ha che le fessure nelle cascate si generano sempre in senso orizzontale. Per questo motivo durante la scalata bisogna cercare di non infiggere mai le becche delle piccozze alla stessa altezza (si noti che la tecnica di progressione a triangolo ci costringe a non farlo mai) o piazzare 2 chiodi (ad esempio i chiodi si sosta) alla stessa altezza orizzontalmente, per non favorire l'insorgere delle fessurazioni.

Le fessurazioni orizzontali hanno quindi origine dalla forza di gravità mentre quelle che si originano dalle dilatazioni termiche possono avere andamento e orientazione casuale, tuttavia essendo la forza di gravità sempre presente e se la cascata ha una discreta massa, anche molto importante, le fratture orizzontali, anche dette "di assestamento", sono le più frequenti. In effetti sebbene la dilatazione termica sia un fenomeno potenzialmente capace di produrre forti tensioni interne, normalmente in natura le variazioni di temperatura non sono mai estreme e soprattutto non sono mai troppo repentine, dando modo al corpo della colata di adeguarsi alle nuove condizioni piuttosto lentamente, mitigando così il ruolo della dilatazione termica e rendendo le fessurazioni non strettamente orizzontali meno probabili.

Tuttavia una particolare condizione climatica a lungo termine fa svolgere un ruolo importante alle fessurazioni derivate dalla dilatazione/contrazione termica del ghiaccio. Se dopo un periodo di alte temperature si ha un periodo di freddo intenso le strutture che hanno resistito all'aumento della temperatura si contraggono, originando pericolose fratture soprattutto nelle colonne. E' necessario in questi casi lasciar passare un po' di tempo per permettere ai processi metamorfici e alla plasticità del ghiaccio di normalizzare la situazione.

Per quanto riguarda strutture particolari come i free-standing le fessurazioni vanno valutate con estrema attenzione: in particolare le fessurazioni alla base che fanno sì che l'intero peso della struttura venga sorretto dalla sommità e quindi sono da considerarsi estremamente pericolose. Viceversa fessurazioni alla sommità in presenza di una colonna ben saldata alla base, sono meno preoccupanti. Se la colonna non è crollata e poggia alla sua base, a causa dell'enorme peso, è improbabile che basculi per l'esiguo peso dello scalatore.

4.4 Valutazioni prima di attaccare

Una volta giunti alla base della cascata e constatato il tipo di struttura (appoggiata o verticale, attaccata o meno alla roccia, saldata o meno a terra nel caso di

stalattiti ecc), avendo presente per quanto possibile la storia termica e meteorologica del sito che ospita la cascata (dalla quale come abbiamo detto in precedenti capitoli si possono trarre importanti considerazioni circa la stabilità della struttura), una attenta osservazione può fornire altri utilissimi elementi di valutazione.

Proviamo a farci le seguenti domande:

🔪 Quanto ghiaccio c'è?

Ovvero che spessore ha la nostra cascata? In presenza di colate appoggiate o verticali ma attaccate alla roccia, o in caso di free standing ben saldati a terra, tanto maggiore è lo spessore tanto più saremo tranquilli. Se invece siamo in presenza di una stalattite o di un free standing non perfettamente saldato, la valutazione potrebbe essere opposta. Bisogna ricordare che queste sono strutture appese e che quindi il maggior volume di ghiaccio della stalattite significa un peso maggiore da sopportare per la parte alta della struttura, l'unica ad essere in contatto con la roccia. Se è vero che le esili stalattiti sono maggiormente soggette, all'azione del vento e nel caso si tenti di scolarle risulta più facile danneggiarle o farle crollare con l'uso degli attrezzi o con la sola presenza del proprio peso, è anche vero che proprio per questo raramente vengono salite, mentre quelle ben formate e grandi attraggono maggiormente il climber. Certamente soffrono meno l'azione del vento o l'azione degli attrezzi; tuttavia sono ugualmente sensibili alle variazioni di temperatura e tale parametro è strettamente collegato con la solidità della struttura il cui crollo completo dipende da una porzione limitata di ghiaccio.

🔪 Che tipo di ghiaccio abbiamo di fronte?

Come precedentemente detto si può tentare di farsi un'idea sul ghiaccio che si ha di fronte a partire dalla valutazione del suo colore e dalla sua consistenza sotto i colpi delle piccozze. Si ricordi sempre che una valutazione di questo tipo fatta alla base è da considerarsi ottimistica nei confronti delle parti alte della colata, che potrebbero essere soggette a condizioni differenti e ad una maggiore insolazione. Come norma generale si ricordi che il ghiaccio migliore è quello che si presenta semi trasparente, compatto e omogeneo.

🔪 Che temperatura c'è?

Come norma di massima da tenere presente sotto una cascata, possiamo dire che se fa freddo (le temperature ottimali si aggirano fra 0 e -5 °C) si è più sicuri. Attenzione però al freddo eccessivo, rende le strutture fragili e produce le lenti. Importante anche valutare l'escursione termica: meglio se è modesta.

Absolutamente da evitare le strutture appese con temperature superiori allo zero.

In generale possiamo elencare pregi e difetti del freddo intenso.

Pregi:

- assenza di caduta pietre (il ghiaccio le bocca al loro posto)
- scarso metamorfismo del manto nevoso
- minore pericolo di crolli strutturali

Difetti:

- condizioni più difficili per l'organismo umano (e conseguente necessità di indossare vestiario pesante e ingombrante)
- diminuzione dell'elasticità del ghiaccio (lenti, rigidità e fragilità delle strutture esili)

🚧 Com'è l'interfaccia tra ghiaccio e roccia?

Controllatela sempre, se scorre acqua (si vedono sotto il ghiaccio passare come delle ondine o come muoversi dei girini che nuotano in discesa) o ci sono degli spessori vuoti, in quel punto la cascata non è attaccata alla roccia. Questo non significa a priori che la cascata non sia scalabile, ma questo dato deve rientrare negli elementi della vostra valutazione complessiva.

🚧 Che rumori fa?

Una cascata che produce da sola rumori (che non siano quelli generati dal vento che vi si infiltra) non promette nulla di buono. Se percuotendola, con la picca o con il rampone, "geme" e il colpo si propaga alla struttura e non rimane limitato, "assorbito", dal ghiaccio locale, siamo in presenza di una struttura estremamente rigida con forti tensioni interne. Tali strutture sono più facilmente soggette a fratture e crolli. Attenzione anche ai gorgoglii per le cascate non di flusso, spesso stanno ad indicare un processo di liquefazione avanzato negli stati profondi (nascosti alla vista) specialmente sull'interfaccia ghiaccio roccia.

🚧 Ci sono festoni sopra la linea di salita

Attenzione alle strutture di ghiaccio appese che si trovano al di sopra dello scalatore durante la salita. Tali strutture sono soggette a crolli repentini e spontanei di difficile valutazione. Attenzione in particolare alle strutture di questo tipo che gocciolano (bassa coesione ghiaccio-roccia, ghiaccio non resistente) o durante periodi di intenso freddo (fragilità) o in presenza di vento (crolli per effetto vela)

🚧 C'è vento forte?

Attenzione all'effetto vela nelle strutture staccate dalla roccia come i free standing o le stalattiti, e ai crolli di festoni dalle zone alte.

🚧 Sono presenti pezzi di ghiaccio alla base?

La presenza di pezzi di ghiaccio rotti, specialmente se tanti e di grosse dimensioni non è certo un segnale positivo. Tuttavia bisogna capire se i crolli sono recenti e in corso, o se sono solo la testimonianza di una forte variazione di temperatura avvenuta nei giorni precedenti. Per orientarci nella decisione ci deve venire in aiuto la conoscenza dell'evoluzione meteo del sito, lo stato di conservazione del ghiaccio dei frammenti e l'attenta analisi dei festoni che solitamente contornano le cascate. Se questi ultimi sono in maggioranza crollati e si presentano quindi troncati con le stalattiti mozze, i crolli, anche quelli di maggiore entità potrebbero essere recenti, altrimenti se si notano i festoni in fase di ricrescita e nuove stalattiti sopra i vecchi moncherini, i crolli e le condizioni che li hanno causati dovrebbero essere superati (ricordate che le stalattiti sono veloci nella loro crescita, specialmente in lunghezza). Inoltre se i pezzi alla base presentano i bordi di frattura netti, con spigoli vivi e taglienti saremo in presenza di crolli recenti, se

invece i bordi sono leggermente arrotondati, significa che i cicli di temperatura e il vento hanno avuto il tempo di agire e quindi che i crolli non sono troppo recenti.

4.5 Responsabilità

La valutazione della pericolosità della scalata di una cascata di ghiaccio e la conseguente decisione di affrontarla o meno è assolutamente personale e soggettiva ma non completamente svincolata da ogni responsabilità. Gli errori dovuti all'inosservanza delle regole elementari possono essere causa di contenziosi legali e quindi tali "regole elementari" sono state stabilite in Francia nelle "Consignes Fédérales de Sécurité pour l'escalade en site naturel et d'alpinisme", secondo il principio giuridico che qualsiasi persona non affidata ad una guida o ad un istruttore titolato deve saper stimare i rischi che corre impegnandosi in una scalata.

Riassumiamole molto brevemente:

L'arrampicatore è il solo responsabile della propria sicurezza (in particolare non sono responsabili né il proprietario del terreno su cui si svolge l'attività né le autorità locali).

Ogni consiglio o aiuto ricevuto non diminuisce la responsabilità in capo all'arrampicatore riguardo alla necessità di accertarsi che la scalata rientri nelle sue possibilità e che l'equipaggiamento sia adatto ai rischi che intende correre; lo scalatore deve inoltre saper riconoscere situazioni pericolose e deve rinunciare se non può padroneggiare la situazione (meteo, temperature, crolli ecc)

5 Gli attrezzi e il ghiaccio

Una domanda che passa spesso e velocemente nella testa di ogni ice-climber prima di piazzare un rampone o vibrare un colpo di piccozza durante la scalata è: " ...e adesso dove la metto?"

Cerchiamo di rispondere a questa domanda consigliando i posti migliori, quelli a maggior tenuta e minor rischio di lenti e frantumazioni dove infiggere i propri attrezzi, oltre al modo più corretto e redditizio di usare gli stessi.

5.1 Piccozze

Dove bisogna cercare di piantare le piccozze?

- alla base di colonnine,
- nel centro di diedri, avallamenti o concavità ,
- all'interno di incavi o buchi.
- appena al di sopra di piccole, gobbe del ghiaccio.

Molto spesso nelle colate verticali, formatesi per saldatura tra colonnine poi ricoperte da altri strati di ghiaccio, tali colonnine sono ancora parzialmente visibili: un ottimo posto dove piantare la piccozza è quindi tra due di queste colonnine, alla loro base. Si rischia molto meno di produrre una lente e si è "agganciato" il punto più resistente.

Dove bisogna cercare di non piantare le piccozze?

- su rigonfiamenti o convessità,
- sul bordo dei cambi di pendenza (da verticale a orizzontale),
- su pareti verticali lisce con ghiaccio trasparente e freddo (rischio di formare lenti).

Inoltre bisogna cercare di non piantarle alla stessa altezza (per via delle possibili fessurazioni) o con le becche troppo vicine; infatti lo sviluppo di una eventuale lente metterebbe a rischio entrambe le piccozze.

Su strutture precarie, fragili o sottili è molto meglio dare tanti piccoli colpetti con la becca della piccozza per produrre un buchino per poi infiggerla con un colpo delicato o addirittura agganciarla senza vibrare il colpo.

Gli agganci con la piccozza possono costituire un'ottima scelta, poiché permettono di risparmiare energia evitando di vibrare un colpo di piccozza e non incidono il ghiaccio (niente lenti, fratture ecc), ma richiedono esperienza nella scelta dell'aggancio che deve offrire una certa garanzia di tenuta.

5.2 Ramponi

La cosa più importante è ricordarsi che bisogna scalare come sulla roccia. Si devono individuare delle posizioni per i piedi che sfruttino la morfologia della cascata, cercando di piazzare i piedi in piena parete verticale, sul ghiaccio liscio, il meno possibile. Bisogna imparare ad utilizzare le forme naturali della cascata: terrazzini, incavi, bulbi, diedri, gobbe e buchi, per cercare di piantare il meno possibile i ramponi, limitandosi ad infiggerli con colpi delicati e precisi. In questo modo si consegue un duplice effetto: si risparmiano energie e tempo e si spacca meno ghiaccio. Risulta invece necessario un piazzamento deciso dei ramponi, se necessario ottenuto con colpi ripetuti, in caso di ghiaccio superficiale cariato o infido, oppure su parete verticale liscia laddove la morfologia non conceda alcun aiuto.

In generale non bisogna vibrare forti colpi se la struttura è precaria o fragile: una gamba, dato il suo peso, possiede una grande quantità di moto. Risulta molto più potente e quindi potenzialmente pericoloso un calcio rispetto a un colpo di piccozza su strutture fragili!

Come per le piccozze vale la raccomandazione di non tenere mai i piedi troppo vicini, le punte dei ramponi sollecitano in tal modo zone adiacenti di ghiaccio e una rottura o una lente potrebbe coinvolgere entrambe i piedi.

6 Il ghiaccio e la chiodatura

6.1 L'effetto della disomogeneità del ghiaccio

Un ghiaccio omogeneo ha praticamente la stessa resistenza in tutto il suo spessore; se si sollecita una vite piantata in un ghiaccio di questo tipo, lo sforzo generato dalla trazione si ripartisce uniformemente su tutta la lunghezza del tubo della vite che si deforma in maniera regolare e quindi distribuisce uniformemente l'energia su tutto il tubo, questo permette alla vite di assorbire molta energia senza rompersi. Tuttavia se il ghiaccio non è omogeneo ma di consistenza variabile lungo il suo spessore dove la vite è penetrata (solitamente più la vite affonda migliore e più omogeneo è il ghiaccio) lo sforzo si concentra in un punto del tubo, laddove la disomogeneità è maggiore, quindi la vite si deforma in modo irregolare. In queste condizioni la vite si può rompere sotto carichi molto inferiori rispetto al caso del ghiaccio omogeneo, poiché l'assorbimento di energia è concentrato in un punto. Siccome gli strati interni del ghiaccio sono solitamente più densi e poiché la filettatura, che di norma è posizionata dalla fine del tubo fino alla sua zona mediana, tende a tenere la vite in posizione contro la forza di estrazione, la rottura o la deformazione del tubo si riscontrano sovente alla fine della filettatura o tra un filetto e l'altro della zona mediana.

6.2 Lunghezza delle viti e angoli d'infissione

Qual è la lunghezza delle viti che garantisce una tenuta maggiore?

L'intuizione ci porterebbe a pensare che una vite più lunga, coinvolgendo più ghiaccio ed entrando negli strati più profondi, plastici ed omogenei del ghiaccio, sia quella che "tiene" di più. Ciò in parte è vero anche se la variazione di tenuta tra viti di 22cm e di 17cm, in ghiaccio omogeneo e solido è relativamente modesta. In queste condizioni, per la sicurezza risulta essere più importante la velocità di piazzamento, che permette al climber di affaticarsi di meno e quindi è da preferirsi la vite più corta. In generale bisogna cercare di piazzare la vite più lunga che lo spessore di ghiaccio ci consente e che ci si sente in grado di posizionare in quel momento, considerando la fatica e l'esposizione. Questo discorso non vale in caso di ghiaccio cattivo, cariato e disomogeneo: in questo caso è meglio sfruttare le possibilità di aggancio o incastro della vite e quindi sfruttare le viti più lunghe.

Qual è il migliore angolo d'infissione di una vite dal punto di vista della sua tenuta?

Mettere una vite perpendicolarmente al ghiaccio si dice infiggerla con zero gradi. Piazzarla con alcuni gradi (tra 10 e 15) contro la direzione del carico è considerato un angolo negativo, mentre al contrario si ha un angolo positivo. Consideriamo tutti questi casi.

Piazzamento con angolo negativo

La tenuta del chiodo dipende dalla filettatura (in estrazione) e dalla posizione del tubo della vite rispetto alla forza traente. Se il ghiaccio è plastico e non forma lenti, questo è un ottimo piazzamento altrimenti c'è il rischio che sotto trazione il ghiaccio immediatamente al di sotto del tubo della vite esploda producendo una lente che scopre il chiodo per un tratto iniziale al di sotto di esso nella direzione della forza di trazione. Questo fatto genera una forte disomogeneità (una netta discontinuità) nella tenuta del ghiaccio lungo la vite che causa la possibile rottura o estrazione della stessa.

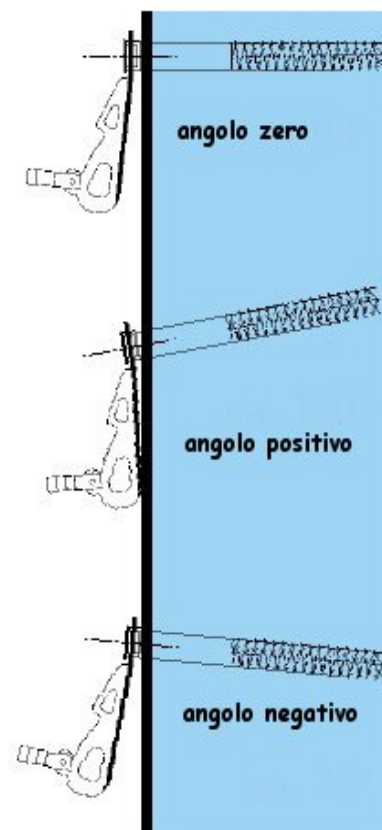
Piazzamento con angolo positivo.

La tenuta del chiodo dipende essenzialmente dalla tenuta della filettatura all'estrazione. Quindi in questo caso diventa cruciale la tenuta allo sfilamento. La tenuta dipende, oltre che dal tipo di ghiaccio, anche (e in modo significativo) da come è realizzata la vite (tipo di filettatura, materiali e finiture diverse che dipendono dal costruttore).

Ad esempio, per le viti di Black Diamond, la casa costruttrice ha riscontrato (a parità di condizioni del ghiaccio, plastico e omogeneo) una maggiore tenuta delle sue viti se piazzate con angolazione positiva. Ovviamente un piazzamento ad angolo positivo è privo di senso se realizzato su ghiaccio areato o cattivo dove i filetti non prendono. Inoltre, se c'è una remota possibilità che la vite si scoli dal ghiaccio e si muova durante il tempo in cui si realizza il tiro (esempio tipico: cascate al sole dove la testa della vite, magari nera, viene riscaldata e trasmette il calore al tubo che si scolla dal ghiaccio in cui è infisso, oppure cascate con acqua all'interno o in superficie, ecc) meglio inserirla con angoli negativi per sfruttare la tenuta del tubo e non della filettatura. Tuttavia nelle strutture esili o appese, laddove è necessario che la trazione in caso di caduta si eserciti lungo l'asse verticale per poter tentare di assorbire il carico, risulta necessario piazzare la vite con un angolo anche fortemente positivo; chiaramente in questi casi una infissione con angolo negativo porterebbe ad una immediata rottura della struttura (si pensi ad esempio ad una stalattite..)

Piazzamento a zero gradi

Si tratta di una via di mezzo tra i due precedenti piazzamenti. Conseguentemente eredita pregi e difetti in egual misura da entrambe. Risulta però quello più equilibrato e il più facile e veloce da eseguire, quindi di fatto il più utilizzato. Si tratta di un buon compromesso da utilizzare su ghiaccio certamente non vuoto e cariato ma magari di difficile valutazione.



BIBLIOGRAFIA

✦ A.Bianchi, L.Pinto, A.G.Riccardi, V.Salvi; D.I.I.A.R, politecnico di Milano; "Evoluzione e stabilità delle cascate di ghiaccio", su "neve e valanghe" n.48 aprile 2003, pubblicazioni AINEVA

✦ L.Motta, M.Motta; Università di Torino; "Limiti climatici e limiti imposti dal rischio geomorfologico nella valorizzazione turistica: l'esempio delle cascate di ghiaccio"

✦ L.Motta, M.Motta; Università di Torino; "Una forma crionivale stagionale: le cascate di ghiaccio delle alpi Occidentali Italiane". Riv. Geogr.Ital., 103, 73-88