

COSTRUIRE CON LA CARTA





INDICE

Premessa	pag. 3
1. Introduzione	pag. 4
2. Prodotti per l'edilizia in carta e cartone sul mercato significativi per il ciclo edilizio	pag. 5
2.1 Pannelli sandwich a nido d'ape	pag. 5
2.2 Pannelli alveolari tipo "gridcore"	pag. 6
2.3 Casseforme a sezione circolare o quadrata	pag. 6
2.4 Isolanti	pag. 8
2.5 Papercrete	pag. 8
2.6 Fidobe	pag. 9
3. Conclusioni	pag. 10
4. Allegati	pag. 12
5. Approfondimenti	pag. 16



Premessa

Questo Atlante si inserisce nel quadro di un impegno di lungo periodo di Comieco nella promozione di usi creativi e innovativi dei prodotti ottenuti con il riciclo della carta e del cartone.

Dopo aver esplorato il mondo degli imballaggi, che rappresenta il settore industriale di maggior impiego dei maceri, e quello dei prodotti a base cellulosica la ricognizione sull'impiego della carta riciclata non si può dire conclusa se non si prende in considerazione anche il comparto dell'edilizia. Con questa ricerca il Consorzio vuole continuare, dopo l'incontro tenutosi nel 2003 a Milano con Shigeru Ban, a diffondere una "nuova" cultura del costruire affinché anche in Italia prenda piede la sperimentazione e quindi l'utilizzo di carta e cartone in edilizia.

Carta e cartone vengono percepiti come fragili, ma in realtà le prestazioni del materiale possono essere altissime anche in un settore tradizionalmente vocato al mattone.

Germania, Austria e Olanda sono i paesi più avanzati nell'impiego di carta e cartone nei settori della costruzione e dell'abitare con ottimi risultati e interessanti risparmi economici e ambientali.

L'Abaco dell'uso dei maceri nell'edilizia, realizzato da Gianni Scudo e Alessandro Rogora, del Dipartimento BEST del Politecnico di Milano, è uno strumento che mettiamo a disposizione degli operatori del settore e di chi si occupa e preoccupa di favorire l'innovazione e il miglioramento del costruire nel nostro paese.

Per questo consideriamo di alto valore l'interesse dimostrato dall'Ance verso questa ricerca e ci auguriamo che nel prossimo futuro si possa diffondere anche in Italia l'impiego di carta e carta e cartone nell'edilizia.

In questo modo si potrà aprire un nuovo campo d'impiego dei maceri provenienti dalla raccolta differenziata che, in pochi anni, è cresciuta notevolmente nel nostro paese grazie alla fattiva collaborazione dei cittadini e dei Comuni.

Lo scorso anno in Italia, grazie alla raccolta differenziata della carta, sono state risparmiate emissioni nocive per l'atmosfera, equivalenti al blocco totale di tutto il traffico su strada – auto, camion, mezzi pubblici compresi – per 6 giorni e 6 notti.

Quasi il 90% dei quotidiani italiani viene stampato su carta riciclata e non è di meno la percentuale delle scatole utilizzate per la vendita di pasta, calzature e altri prodotti di uso comune.

Fino a 10 anni fa queste percentuali erano impensabili, quindi potrebbe non essere assurdo pensare che tra 10 anni anche nell'edilizia l'impiego di carta e cartone potrebbe entrare a far parte della progettazione.

Carlo Montalbetti
Direttore Generale

Comieco è il Consorzio Nazionale Recupero e Riciclo degli imballaggi a base Cellulosica. Il Consorzio ha come compito istituzionale il raggiungimento degli obiettivi di recupero e di riciclo previsti dalla normativa europea che per la carta e il cartone impone il raggiungimento del 60% minimo di riciclo entro il 2008. A Comieco aderiscono circa 3.500 imprese della filiera cartaria. Per realizzare questi obiettivi il Consorzio ha sottoscritto 640 convenzioni sulla raccolta differenziata che coinvolgono 5.603 Comuni e oltre 47 milioni di Italiani (dati aggiornati al 31 dicembre 2004).



*A cura di Gianni Scudo e Alessandro Rogora
Dipartimento BEST Politecnico di Milano*

1. Introduzione

Negli ultimi anni vengono realizzati in Italia circa 200.000.000 m³/anno di nuove costruzioni e circa 100.000.000 m³ di ristrutturazione (dati annuario ISTAT 2001 e CRESME 1999).

Il settore delle costruzioni assorbe, nel suo complesso, circa 1/3 dell'energia globalmente consumata in Italia e circa il 40% sul totale dei materiali consumati in Italia nei diversi settori. Il settore edilizio produce una grande quantità di rifiuti da demolizione, circa 20.000.000 di tonnellate/anno. Si tratta di rifiuti che in parte per loro natura, in parte per i comportamenti degli operatori del ciclo edilizio sono difficilmente riutilizzabili e riciclabili in Italia, come dimostra il basso tasso di riciclaggio (non supera il 10% come media italiana con punte del 20% in alcune regioni del Nord Italia) poco significativo se confrontato con quello di altri paesi europei che raggiungono percentuali del 70 – 80% (indagine CRESME '98).

Carta e cartone sono presenti nelle costruzioni solo in settori limitati nei quali rappresentano una frazione modesta rispetto ad altri materiali, ma sono largamente diffusi in molti altri settori.

Leggerezza, costi contenuti, versatilità e una buona com-

patibilità ambientale, d'altra parte, rappresentano elementi di sicuro interesse per indagare i possibili campi di applicazione della carta in edilizia. In particolare alcuni utilizzi, come, ad esempio quelli per l'isolamento termo – acustico potrebbero diventare molto interessanti anche perché la domanda potenziale è in forte crescita stante il deficit storico di coibentazione termica che caratterizza il parco edilizio italiano esistente e di nuova costruzione. Carta e cartone sono utilizzati in diverse categorie di prodotti e componenti per l'edilizia che possono essere raggruppati nelle seguenti categorie:

- a) pannelli (sandwich a nido d'ape, alveolari tipo "gridcore", porte, ecc.);
- b) casseforme (generalmente a sezione circolare o quadrata);
- c) materiali isolanti (sfusi o in pannelli);
- d) blocchi o conglomerati a base di carta (papercrete – cartacemento, fidobe - adobe fibroso o terra armata, hybrid adobe);
- e) altri materiali (finiture, intonaci, ecc.).

L'affidabilità delle informazioni relative ad alcuni di questi materiali non è sempre facile da valutare e dipende dalla natura della fonte, dalle certificazioni di istituti specializzati circa le prestazioni e le caratteristiche dei materiali e dei componenti, dagli esempi applicativi descritti. Le informazioni reperibili (letteratura, siti web) sui materiali edilizi esistenti, che prevedono l'utilizzo diretto di carta o cartone riciclati, sono relativamente generiche pur



riguardando un'estesa gamma di applicazioni a dimostrazione del crescente sviluppo dell'interesse del settore dei materiali edilizi all'impiego della carta da macero.

Le principali innovazioni nell'utilizzo della carta da macero a fini edificatori si riferiscono alla produzione di intonaci, di conglomerati cementizi, di blocchi e pannelli portanti e di tamponamento per murature in elevazione (papercrete, fidobe, hybrid adobe), alla realizzazione di strutture verticali e orizzontali portanti in cartone e alla produzione di lastre o pannelli strutturali sempre in cartone. Nel primo caso si tratta di sperimentazioni che contano già numerosi esempi negli USA e che, per facilità di reperimento dei materiali e del processo produttivo, rendono molto interessante il loro impiego. Infatti non richiedono carta da macero particolarmente selezionata, possono includere anche fibre di origine vegetale e quantità di

cemento relativamente piccole, e attualmente sono auto-prodotti a piè d'opera con semplici miscelatori e suscettibili di essere prodotti a livello di piccola/media industria. Nel secondo caso si tratta invece di sperimentazioni condotte prevalentemente in Giappone, Europa ed Australia che utilizzano carta proveniente da fibra vergine o carta di recupero proveniente da una filiera selezionata e che richiedono lo studio di appositi nodi per la connessione tra gli elementi e lo sviluppo di soluzioni specifiche per risolvere i problemi di messa in opera, durabilità, manutenzione, ecc.

2. Prodotti per l'edilizia in carta e cartone sul mercato e significativi per il ciclo edilizio

2.1 Pannelli sandwich a nido d'ape

Il nido d'ape di cartone viene utilizzato nella produzione di pannelli, una tecnologia ben consolidata; la produzione di porte composte da un nido d'ape inserito tra due fogli di compensato è molto diffusa. Lo stesso principio è stato applicato dall'industria dei pannelli leggeri per veicoli militari e per aerei (Rutan Voyager, il primo aeroplano che ha circumnavigato il pianeta senza scalo era fatto quasi totalmente da pannelli alveolari di 6,35 mm di spessore).

In edilizia la carta è stata utilizzata sin dal 1957.

La “House of the Future” della Monsanto aveva usato per i solai pannelli sandwich a nido d’ape di carta, rinforzati con un foglio di poliestere.

Un pannello sandwich come elemento di un sistema costruttivo deve attualmente prevedere una finitura superficiale di materiale diverso, di solito legno, alluminio o fibra di vetro, e l’applicazione di una resina fenolica al nido d’ape per aumentarne la resistenza meccanica. L’utilizzo dei pannelli alveolari è generalmente più adatto al sistema costruttivo del tipo “monoscocca” piuttosto che a quello puntuale trave-pilastro.

Prove di combustione hanno dimostrato che l’aria contenuta nel nido d’ape dei pannelli composti da due fogli di cartone non incentiva la propagazione del fuoco purché



le superfici del pannello siano dipinte con una vernice ignifuga. Un effetto ignifugo è stato ottenuto anche con l’applicazione di un foglio di acciaio di piccolo spessore sul retro del pannello.

2.2 Pannelli alveolari tipo “gridcore”

Il nido d’ape denominato “gridcore” è più appropriato alla realizzazione di pannelli di quello normale. Il pannello è prodotto con fibre cellulosiche riciclate o residui agricoli come il kenaf, la paglia di riso o di grano e le foglie di palma. Le fibre vengono impastate, senza resine o collanti, e modellate in forma tridimensionale a caldo sottoponendole a pressione in modo da eliminare l’acqua e compattarle. Il pannello presenta una faccia piana e una a nido d’ape. È possibile accoppiare poi due pannelli tra loro incollando le facce a nido d’ape.

I pannelli possono raggiungere spessori complessivi di oltre 75 mm, possono essere sagomati, dipinti, curvati e intonacati a piacimento e li si può utilizzare come elementi di tamponamento, sia per pareti verticali che per solai o tetti. La camera d’aria costituita dal nido d’ape conferisce al pannello discrete proprietà isolanti.

2.3 Casseforme a sezione circolare o quadrata

La produzione di tubi di cartone da usare come casseforme per getti in calcestruzzo a sezione circolare è ampiamente diffusa. I tubolari di cartone sono stati utilizzati anche come elementi strutturali senza il getto in calce-



struzzo in alcune strutture a carattere più o meno temporaneo.

Poiché i tubi in cartone sono poco costosi vengono usati come casseri a perdere e lasciati in opera senza disarmarli fino al completamento della struttura, consentendo in tal modo un notevole risparmio di tempo nel processo costruttivo.

Per rimuovere il cassero dal getto lo si deve tagliare e quindi il cassero non è riutilizzabile una seconda volta; essendo impregnati con cemento i casseri in cartone non possono essere riciclati con facilità.

Negli anni recenti è stato indagato, con un certo successo, l'utilizzo di tubi di cartone con funzione strutturale senza getti di completamento (Shigeru Ban per primo, ma anche altri progettisti).

I test di resistenza svolti su un campione di tubi di cartone hanno dimostrato un comportamento alla trazione del tutto analogo a quello alla compressione; in questo caso gioca un ruolo fondamentale la modalità di realizzazione del giunto. Sono state testate connessioni fatte con perni, con chiodi, con colle; i giunti con la colla sono risultati i peggiori perché raggiungono il collasso a causa della laminazione della carta.

Il cartone è molto sensibile al contenuto di umidità. Se il contenuto di umidità è superiore del 5%, rispetto alle condizioni standard, i tubi si deformano quando i carichi sono pari al 10% del carico di rottura. Un metodo per ridurre l'eventuale assorbimento d'acqua da parte del

cartone consiste nell'applicare una pellicola che funga da barriera vapore.

I dati rilevati nel padiglione di Hannover progettato da Shigeru Ban sono stati:

- Carico di rottura a compressione: $9,23 \text{ N/mm}^2$ con una deviazione standard di $0,5 \text{ N/mm}^2$
- Modulo di elasticità: 1800 N/mm^2 .

Per limitare gli effetti dovuti alle deformazioni è stato utilizzato un fattore di sicurezza pari a 5 e uno sforzo di compressione di $1,6 \text{ N/mm}^2$ (pari quindi a meno di un quinto del carico di rottura).

In test condotti presso i laboratori inglesi dell'Imperial College di Londra è stato possibile misurare il comportamento di tubi di cartone riciclato con diametro maggiore di quelli standard. Tutti i tubi sono prodotti avvolgendo il medesimo nastro di carta per qualsiasi diametro del tubo. Maggiore è il diametro del tubo, minore è quindi l'angolo di avvolgimento e, di conseguenza, maggiore è il carico di rottura.

In presenza di acqua il cartone degrada in maniera significativa. Esistono tuttavia dei modi per aumentare la resistenza all'azione dell'acqua o dell'umidità, sia con trattamenti superficiali che con l'inserimento tra i fogli di carta di uno o più strati di vari tipi di materiali. Ad esempio usando fogli di polietilene o di alluminio.

Una pellicola impermeabile applicata ai tubi riduce la frequenza e l'ampiezza delle variazioni dipendenti dall'umidità esterna migliorando la capacità portante dei tubi.



Per quanto riguarda la resistenza al fuoco le prove eseguite per testare i tubi della Local Zone del Millenium Dome hanno provato che l'applicazione di apposite vernici permette al cartone di raggiungere una resistenza al fuoco pari a quella di una superficie di classe 0.

Come già detto il cartone viene prodotto incollando su se stesso un nastro di carta; il tipo di colla ha quindi un effetto importante sul comportamento finale del materiale. Di norma nella fabbricazione dei tubi vengono utilizzate colle all'acetato di polivinile (pva), o a base di destrine. La colla all'acetato di polivinile è una colla termoplastica usata con il legno. Le prestazioni di questa colla dipendono dall'umidità e dalla temperatura e la sua bassa resistenza allo scorrimento non garantisce la costanza delle proprietà del cartone a lungo termine. La colla a base di destrine si comporta meglio se mantenuta secca e non è suscettibile alla deformazione, ma se inumidita tende a "sciogliersi". Una soluzione alternativa è rappresentata dall'incollaggio a caldo. Le colle a caldo fanno presa quando vengono riscaldate e migliorano la prestazione a lungo termine. Tuttavia queste colle hanno un consistente contenuto di formaldeide e perciò sono ambientalmente dannose. Inoltre rendono difficile il successivo riciclaggio del cartone.

2.4 Isolanti

La maggior parte dei prodotti termoisolanti a base di carta riciclata è composta da fiocchi di cellulosa che ven-

gono insufflati nelle intercapedini murarie o spruzzati su superfici verticali e orizzontali. I valori di isolamento ottenuti con questi prodotti sono dell'ordine di $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ per uno spessore di isolante di 9 cm. Gli standard antincendio di pareti e solai riempiti con fiocchi di cellulosa sono rispettati in quanto si tratta di fiocchi di cellulosa trattata e stabilizzata per questi usi.

In molti paesi extraeuropei esistono usi meno nobili della carta riciclata come isolante che sembrano potenzialmente fecondi e che potrebbero essere approfonditi per realizzare nuovi prodotti isolanti a base di carta. Nei paesi del centro america, in particolare nel Messico, viene proposto l'uso di "pallottole di carta" come isolante nelle intercapedini dei solai, nei sottotetti e persino nelle murature (la letteratura in lingua spagnola è piena di questi esempi nei manuali di autocostruzione). Il metodo non è certamente proponibile direttamente nel contesto italiano e andrebbe verificata la durabilità dei materiali e la resistenza all'aggressione biologica. È comunque possibile arrivare alla produzione di un materiale sfuso stabilizzato ("pallottole di carta", pannelli di carta stabilizzata, ecc.) direttamente utilizzabile in cantiere come inerte per il riempimento di intercapedini eventualmente legato con appositi collanti.

2.5 Papercrete (conglomerato a base di carta e cemento)

Recentemente negli USA gruppi di autocostruttori hanno realizzato degli edifici (principalmente delle residenze)



utilizzando come materiale costruttivo un impasto di carta o cartone da macero, sabbia e cemento Portland, chiamato "papercrete", che potrebbe essere tradotto con il termine "cartacemento". Il processo produttivo del papercrete è molto semplice: in un miscelatore (anch'esso eventualmente autoprodotta) si mescolano con l'acqua gli ingredienti fino ad ottenere un impasto che poi viene formato in blocchi o pannelli messi ad essiccare.

Una volta seccato il papercrete è un materiale leggero con un ottimo potere isolante ($R=0,8 \text{ m}^2\text{K}/\text{w}$ per centimetro di spessore), conserva la sua forma anche se bagnato ed è abbastanza resistente, con una resistenza a compressione di circa $20 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

Per gli autocostruttori il papercrete ha il pregio di costare poco, poiché tutti i suoi componenti, eccetto il cemento, possono essere "gratuiti" (o quasi per chi si metta ad organizzarne privatamente la raccolta) o comunque a costi contenuti.

Il "papercrete" è stato riscoperto sin dal 1980 indipendentemente uno dall'altro da James Moon di Tucson, in Arizona, da Eric Patterson di Silver City nel New Mexico e da Mike McCain di Crestone in Colorado. Riscoperto, perché il "papercrete" non è una novità assoluta. Infatti fu brevettato nel 1928, ma il brevetto non venne di fatto utilizzato perché il papercrete era talmente facile ed economico da realizzare che non avrebbe garantito alcun profitto significativo.

Attualmente esistono decine di case in papercrete com-

pletate o in costruzione. Due case in particolare riflettono lo stato dell'arte, la casa di Andy Hopkins a Crestone e l'ampliamento della casa in balle di paglia di Virginia Nabity a Cortez in Colorado realizzate entrambe nel 1999.

2.6 Fidobe

Aggiungendo alla pasta di carta alla terra si ottiene un parente prossimo del papercrete, il "fidobe", acronimo per "adobe fibroso". Questo materiale presenta rispetto al papercrete il vantaggio di non utilizzare il cemento, perciò è più economico perché la terra è disponibile in loco e non costa nulla e più sostenibile perché la produzione del cemento portland implica l'emissione di gas serra.



Il "fidobe" è relativamente leggero, ha un buon potere isolante, tiene le viti e i chiodi e può essere dipinto. I blocchi di "fidobe" non si deteriorano se esposti alla pioggia perché le fibre cellulosiche fungono da collante.

Il maggior inconveniente del "fidobe" è che si essicca molto lentamente. Il tempo di essiccazione del papercrete, al contrario, può essere ridotto aumentando la percentuale di cemento nella miscela.

Miscelando cemento ad un impasto di fidobe si ottiene un composto ibrido (Hybrid adobe) più stabile del fidobe e meno costoso del papercrete .

3. Conclusioni

I materiali e gli elementi per l'edilizia interessati all'utilizzo della carta da macero attualmente presenti sul mercato sono riconducibili a:

- a) pannelli alveolari
- b) casseforme
- c) materiali isolanti
- d) blocchi o conglomerati a base di carta
- e) fibre per intonaci ad alta resistenza
- f) altri materiali (finiture, ecc.).

Il settore degli isolanti appare già consolidato dal punto di vista produttivo e applicativo salvo la possibilità di realizzare materiali anche significativamente diversi da quelli disponibili. La produzione di fiocchi di cellulosa presen-

ta problemi dal punto di vista dell'approvvigionamento di carta da macero a fibra lunga che richiede una raccolta differenziata dei quotidiani separando questi materiali da carte di tipo meno pregiato.

Analogo quadro presenta per la raccolta il settore dei pannelli alveolari e dei tubi di cartone per casseforme.

La filiera dei tubi di cartone ha problemi legati ai limiti di stabilità e di durevolezza dei materiali se esposti agli agenti atmosferici; oltre a questi problemi oggettivi esistono anche problemi di accettazione da parte del mercato edilizio, che tende a preferire materiali durevoli e resistenti (almeno in apparenza), rispetto a materiali, magari altrettanto durevoli e resistenti, ma di apparenza effimera. I pur importanti problemi legati alla reperibilità, al costo, alla logistica e perfino alla qualità tecnica intrinseca dei materiali e componenti quindi rischiano di passare in secondo piano rispetto al problema dell'accettabilità di questi prodotti da parte del mercato edilizio.

Le stesse realizzazioni architettoniche che hanno utilizzato pannelli e tubi in cartone a base di carta da macero sono state prevalentemente progettate per usi temporanei senza rimuovere quindi quella sensazione di effimero che accompagna i materiali a base di carta.

Se si vuole che tali materiali e prodotti vengano accettati ed impiegati in strutture edilizie con un ciclo di vita più lungo si dovrebbero realizzare dei prototipi (interventi di edificio ex novo, ampliamento di edificio esistente, ecc.) studiando e sperimentando su questi prototipi i problemi



di durabilità, di resistenza meccanica, di sicurezza, di resistenza al fuoco, di impermeabilità e di durabilità in funzione del contenuto di umidità delle diverse soluzioni. L'esperienza forse più interessante per promuovere l'utilizzo della carta e del cartone riciclato in edilizia è stata la realizzazione di un edificio adibito a doposcuola a Westcliff on Sea nei pressi di Dover in Gran Bretagna. In questo intervento (vedere gli allegati) i progettisti le imprese di costruzione e i produttori dei materiali in carta (tubi, lastre, pannelli) hanno condotto una sperimentazione che è nata con una iniziale ipotesi di progetto è continuata con prove su modelli e prototipi di connessioni, ha portato alla riconsiderazione di alcune scelte di progetto, quindi alla realizzazione del manufatto edilizio ed infine alla modifica ex-post di alcune soluzioni originali di progetto per i futuri interventi.



4. Allegati

Allegato A - Schede dei principali tipologie di mercato disponibili e significative nel ciclo edilizio

Tab. 1 Utilizzo dei materiali a base di carta in edilizia

	strutture	partizioni verticali/esterne	partizioni verticali/interne	partizioni orizzontali/esterne	partizioni orizzontali/interne	Tipo di fibra
Pannelli alveolati		●	●	●		Riciclo alta qualità
Casseri a perdere	●					Vergine
Isolanti		●	●	●		Riciclo alta qualità
Carta cemento	●	●	●	●	●	Riciclo
Carte e guaine		●		●	●	Vergine
Finiture		●	●	●	●	Riciclo/Vergine



Pannelli alveolati

Spessore da 12 a 30 cm

Lunghezza e larghezza da 30 a 400 cm

Peso specifico da 28 a 144 kg/m³

Resistenza a compressione da 8 a 130 kg/cm²

Uso Murature di tamponamento in elevazione e in coperture, pannellature isolanti leggere e a basso costo.

Casseri a perdere

Sezione da 15 a 120 cm

Lunghezza e larghezza da 300 ad oltre 800 cm.

Peso specifico

Resistenza a compressione da 80 N/cm²

Uso Realizzazione di casseri a perdere per getti di completamento in calcestruzzo. Più raramente elementi strutturali per strutture verticali ed orizzontali.

Isolanti

Spessore variabile

Lunghezza e larghezza da 300 ad oltre 800 cm

per i pannelli materiale sfuso per i fiocchi

Peso specifico 30-80 kg/m³

Conduttività termica 0,041 W/mK

Capacità termica 940 J/kg K

Resistenza a compressione

Uso Isolamento in fiocchi spruzzati o insufflati in intercapedine, pannelli isolanti semirigidi.

Blocchi e conglomerati a base di carta

Spessore variabile, tipicamente da 10 a 50 cm

Lunghezza e larghezza variabile, tipicamente da 40 ad oltre 100 cm

Peso specifico 300-1600 kg/m³

Conduttività termica 0,01 W/mK

Capacità termica 940 J/kg K

Resistenza a compressione
20-110 kg/cm²

Uso Blocchi realizzati con un impasto di carta e cemento con eventuale aggiunta di sabbia e terra (hybrid adobe). Permette la realizzazione di elementi di varie dimensioni ed anche il getto in opera di elementi eventualmente armati.



Allegato B - Doposcuola a Westcliff on Sea

Il progetto è stato promosso dallo studio Happold, consulente di Shigeru Ban per diversi progetti tra cui il padiglione giapponese di Expo 2000 ad Hannover, e ha incontrato l'esigenza della Westborough School di costruire un doposcuola, richiesta veicolata da Cottrell & Vermeulen Architecture e realizzato da un team di aziende e di imprese e composto da Paper Marc Ltd, Essex Tube Windings Ltd, Quinton and Kaines, CG Franklin Ltd, Cory Environmental Trust di Southend-on-Sea, tutti interessati, a vario titolo, a sviluppare la ricerca e la realizzazione di componenti in cartone da carta da macero.

L'obiettivo principale del progetto era di tipo ambientale: il gruppo intendeva infatti dimostrare la fattibilità costruttiva di un edificio, permanente e di media durata, realizzato con un sistema di componenti in cartone derivati dal riciclo della carta che avrebbe rappresentato il 90% del materiale impiegato nella costruzione e quindi la riduzione drastica del conferimento alla discarica che la diffusione di questa tecnologia avrebbe rappresentato per la comunità.

Dell'associazione di imprese coinvolte nel progetto, la Paper Marc è l'azienda che si occupa del riciclo della carta da macero e che fornisce la materia prima per la realizzazione delle casseforme tubolari alla Essex Tube Windings Ltd. La Quinton and Kaines è un'impresa edile di fiducia della scuola perché aveva già lavorato per la scuola, mentre La Cory Environmental Trust è la municipalizzata che gestisce la raccolta e lo smaltimento dei rifiuti della Contea; Cottrell & Vermeulen Architecture è lo studio di progettazione.

Le fasi del progetto sono state:

1. redazione del progetto architettonico con la partecipazione diretta degli scolari;



2. costruzione di un modulo prototipo sperimentale per la verifica di fattibilità tecnologica del sistema che ha comportato numerose modifiche delle specifiche tecniche e per testare le prestazioni dei componenti;
3. realizzazione della piattaforma in calcestruzzo in sito
4. produzione dei componenti sperimentali;
5. montaggio dei componenti che ha richiesto 9 settimane di lavoro;
6. realizzazione di una mostra permanente del ciclo produttivo;
7. campagna informativa;
8. visite guidate all'edificio (500 visite al mese).

Mentre gli obiettivi produttivi e divulgativi dei componenti in cartone sono stati ampiamente raggiunti, l'obiettivo del 90% di riciclabilità non si è potuto realizzare per la necessità (non è dato sapere se per motivi di sicurezza o di tecnica costruttiva) di costruire le capriate di sostegno



della copertura in legno. Tuttavia l'utilizzo dei componenti in carta è stato di oltre il 50% che è un ottimo risultato per un edificio sperimentale.

Comunque sia l'interesse suscitato nei media, sia la duplice utilità, ambientale e socio culturale, per la comunità, rappresentano un notevole successo, anche se molta ricerca per ammissione degli stessi progettisti, deve essere ancora svolta sul piano della forma architettonica appropriata, della produzione dei componenti duraturi e sicuri e della complessità del sistema di montaggio.

Per quanto riguarda la situazione italiana crediamo che solo un'esperienza di questa natura, ovvero la realizzazione di un piccolo intervento edilizio (meglio se a destinazione sociale) in carta e cartone possa realmente fornire delle indicazioni delle reali possibilità di penetrazione nel mercato di prodotti di questa natura.

Allegato C - Papercrete

Per quanto riguarda la filiera dei blocchi in carta, o comunque della carta stabilizzata, tipo papercrete, la situazione è leggermente diversa in quanto la presenza del cemento rende, a nostro avviso, generalmente più accettabile questo materiale da parte degli utenti. La sperimentazione di conglomerati sfusi e componenti prefabbricati, in blocchi e pannelli, che utilizzano carta riciclata nell'impasto non richiede una particolare qualità della carta da riciclo e potrebbe sviluppare la produzione di serie avendo dimostrato di essere in grado di svolgere sia funzioni strutturali che di tamponamento.

Lo studio di un sistema tecnologico completo e non solo del singolo blocco (ovvero lo studio per la soluzione dei dettagli di innesto, i giunti, le discontinuità, ecc.), sembra assolutamente necessario per passare dalla fase dell'auto-costruzione artigianale a quella di una produzione seria-

le anche limitata.

Anche in questo caso la realizzazione di prototipi sperimentali potrebbe essere molto utile per verificare le potenzialità di questi materiali, mettere a punto miscele idonee per la realizzazione di elementi diversi (blocchi, architravi, ecc.) e per verificare sul campo i problemi legati all'uso di questo prodotto innovativo.

Il papercrete è in grado di assorbire acqua, una delle domande ricorrenti è quindi se il papercrete sia un materiale adatto per le costruzioni in climi umidi e come si debba procedere per le costruzioni in questi climi.

Il consiglio principale è di lavorare prevalentemente nei mesi più caldi e asciutti dell'anno, tenendo presente che anche nelle aree calde del sud Italia il tempo di essiccazione per i blocchi in papercrete è di circa 2 settimane, che possono salire a tre se invece del cemento si utilizza come legante la terra. Un errore da evitare assolutamente è quello di iniziare i lavori troppo tardi in estate e di arrivare alla costruzione della struttura in autunno, con il risultato di avere un involucro edilizio incompleto che non potrà asciugare completamente fino alla primavera successiva. È possibile anticipare la produzione di blocchi realizzando un sistema per l'essiccazione forzata dei blocchi utilizzando la radiazione solare. In questo caso può essere opportuno realizzare un tunnel trasparente in cui posizionare i blocchi per una asciugatura più rapida proteggendoli, nel contempo, dalla pioggia.

La protezione dei blocchi deve essere assicurata per tutta la durata della costruzione in quanto il papercrete è igroscopico. Allo stesso modo deve essere assicurata una buona protezione all'umidità di risalita e un isolamento dalle fondazioni e dai muri contro terra.

Esistono diversi tipi di miscelatori per la preparazione del papercrete che vanno dai semplici frullatori a miscelatori di grande potenza e dimensioni (azionati da motori di automobili).



In edilizia la versione di miscelatore più utilizzata è quella "inventata" da Mike McCain. Si tratta di un miscelatore di 750 litri collegato all'albero motore di un'automobile. Come si può immaginare la realizzazione di un miscelatore adeguato rappresenta uno dei fattori limitanti per la diffusione del papercrete. In Italia non esiste al momento alcun miscelatore appositamente realizzato per produrre papercrete, mentre negli USA sono stati posti in commercio i primi miscelatori realizzati in maniera semi artigianale.

Nel caso del miscelatore "standard" da 750 litri possiamo considerare la seguente miscela:

- 600 litri d'acqua;
- circa 30 chili di carta;
- da 20 a 85 chili di cemento;
- da 0 a 30 chili di sabbia.

Un basso contenuto di cemento garantisce migliori proprietà termiche, ma minori proprietà meccaniche mentre miscele ricche di cemento producono l'effetto contrario. La presenza di sabbia permette di aumentare la resistenza ed il peso dei blocchi (massa termica) e migliora il comportamento al fuoco. Nel caso in cui vi siano rischi di contatto con acqua è meglio incrementare il contenuto di cemento nella miscela.

Sebbene la carta rappresenti solamente poco più del 25 % in peso del materiale secco utilizzato nella produzione dei blocchi, può facilmente superare il 50% del volume del prodotto finito.

In tutti gli elementi che debbono avere il massimo potere isolante è opportuno evitare di introdurre sabbia che diminuirebbe significativamente la resistenza termica.

L'impasto di papercrete è composto per circa l'85% di

acqua; la maggior parte dell'acqua si perde nella formazione dei blocchi, quella rimanente evapora non appena la miscela fa presa lasciando milioni di piccoli alveoli che sono il motivo della leggerezza e delle proprietà isolanti del papercrete.

L'utilizzo di blocchi e di casseri presenta pro e contro di diversa natura. L'uso dei blocchi richiede la preparazione di casseforme che devono essere riempite per lasciare asciugare i blocchi a piè d'opera occupando l'area di cantiere, d'altra parte l'uso di casseri e del getto in opera dei muri ritarda l'essiccazione delle pareti che inizia realmente quando l'ultimo secchio di papercrete è colato nei casseri. Volendo optare per l'uso di casseri è opportuno predisporre una struttura in legno che funzioni sia da struttura di tenuta dei casseri che come elemento collaborante dal punto di vista statico. La struttura verticale relativa alle finestre dovrebbe essere prolungata fino a terra per garantire una certa stabilità e permettere un facile inserimento degli infissi in una fase successiva.



5. Approfondimenti

www.cardboardschool.co.uk

www.zianet.com/papercrete/

www.greenhomebuilding.com

www.padobe.com

www.dreamgreenhomes.com





Consorzio Nazionale Recupero e Riciclo
degli Imballaggi a base Cellulosica

Sede:
20122 Milano Via Pompeo Litta 5
Tel. 02 55024.1 fax 02 54050240
Uffici di Roma:
00186 Roma Via Tomacelli 132
Tel. 06 681030.1 fax 06 68392021

www.comieco.org
info@comieco.org



Dipartimento BEST - Scienza e
Tecnologie dell'Ambiente
Costruito
Direzione e Sede
Amministrativa
Via Bonardi 3, 20133 Milano
Tel. 02.2399.5161
fax 02.2399.5130

www.polimi.it