

# ELEMENTI

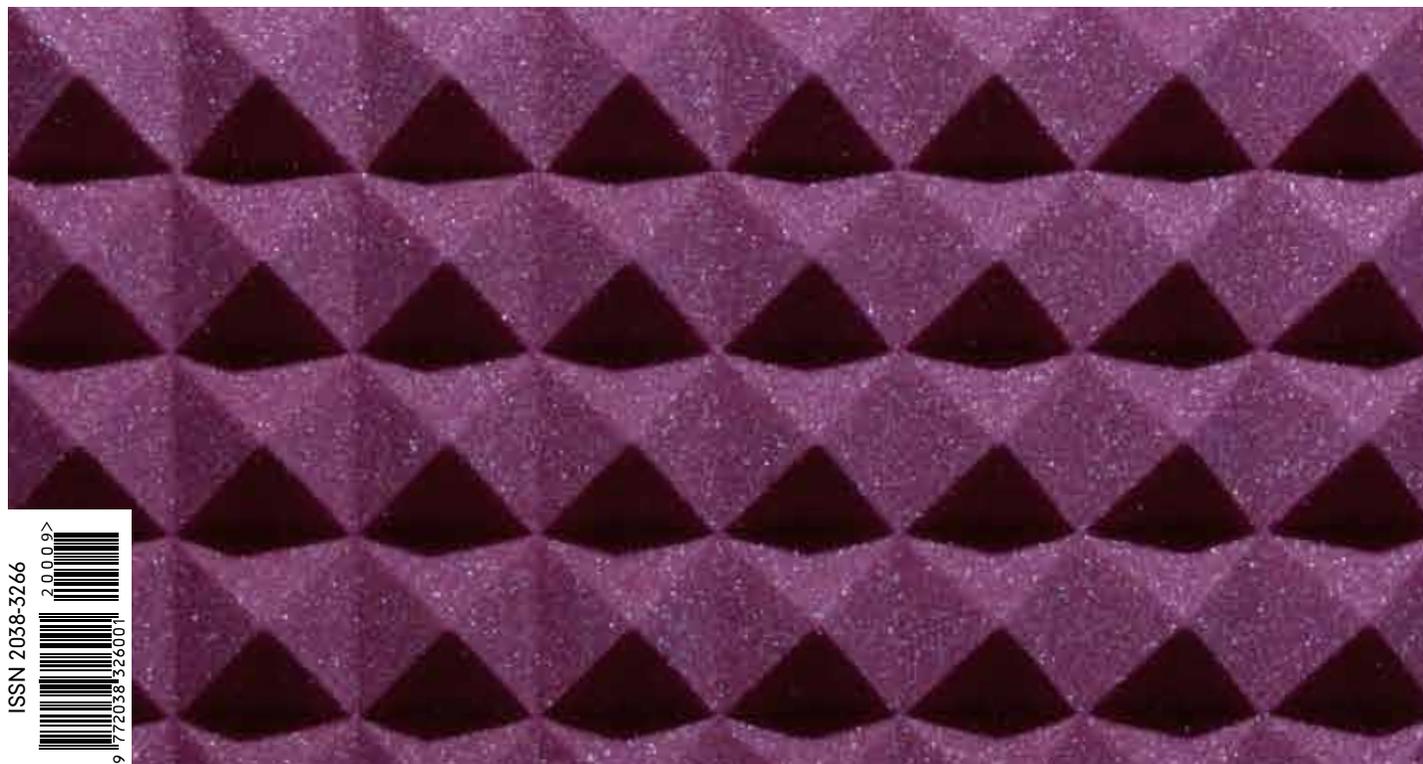
TEMI DI COSTRUZIONE DELL'ARCHITETTURA

progettazione  
storia  
tecnologie  
interviste  
strumenti

## ISOLAMENTO INSULATION

# 09

dic 2011 | gen 2012



## ELEMENTI

### Temi di costruzione dell'architettura

09 dicembre 2011-gennaio 2012  
Registrazione Tribunale di Milano n. 305  
del 24.06.2009

#### EDITORE

Alfonso Giambelli

#### ACTION GROUP Srl

Via Londonio, 22  
20154 Milano  
Tel. 02 34538338 – 0234533086  
Fax 02 34937691  
info@actiongroupeditore.com  
www.actiongroupeditore.com

#### DIRETTORE RESPONSABILE

Maurizio Carones

#### COORDINAMENTO REDAZIONE

Caterina Carpitella  
ccarpitella@actiongroupeditore.com

#### REDAZIONE

Francesca Ambruosi  
Alessandro Bardin  
Margherita Corradi  
Valentina Rota  
elementi@actiongroupeditore.com

#### COLLABORATORI

Stefano Aliprandi  
Brunella Angeli  
Gabriella Lo Ricco  
Carol Monticelli

#### DIREZIONE E REDAZIONE

Via Londonio, 22  
20154 Milano  
Tel. 02 34538338 – 02 34533086  
Fax 02 34937691  
elementi@actiongroupeditore.com

#### TRADUZIONE

Michael Cullity

#### PROGETTO GRAFICO E IMPAGINAZIONE

Veronica Tagliabue  
Action Group

#### COORDINAMENTO PUBBLICITÀ

Riccardo Fiorina  
rfiorina@actiongroupeditore.com

#### PUBBLICITÀ

Romina Brandone  
Claudio Bruni  
Alessandro Fogazzi  
Filippo Giambelli  
Cinzia Riganti  
Marco Salerno  
Federica Vallotto

#### STAMPA

Arti Grafiche G. Vertemati Srl  
Via Bergamo, 2  
20059 Vimercate (MB)

Distribuzione a livello nazionale  
Librerie e biblioteche universitarie e specialistiche  
Abbonamenti: elementi@actiongroupeditore.com  
sezione ELEMENTI in www.actiongroupeditore.com  
e www.infoprogetto.it

In copertina: pannello fonoassorbente  
rielaborazione particolare  
(©Caviola © 5+1AA Alfonso Femia Gianluca Peluffo)

Gli articoli pubblicati esprimono solo l'opinione dell'autore e non impegnano Action Group e la redazione di ELEMENTI. L'editore si dichiara disponibile a regolare eventuali spettanze derivanti dall'utilizzo di immagini per le quali non è stato possibile reperire la fonte.

# SOMMARIO

## 2

### EDITORIALE

di Maurizio Carones

## 4

### ARCHITETTURA TECNICA

### PROGETTARE L'ISOLAMENTO TERMICO

di Luigi Paolino

## 8

### PROGETTO

### INVOLUCRO/ NON INVOLUCRO

di Stefano Guidarini

e Pierluigi Salvadeo

## 12

### PROGETTAZIONE ESECUTIVA

### ISOLARE PER LA QUALITÀ IN EDILIZIA

di Maria Elisabetta Ripamonti

## 16

### NOTIZIE

a cura della Redazione

## 18

### STORIA CONTEMPORANEA

### LA MODERNITÀ DELLA NATURA SECONDO RENZO PIANO

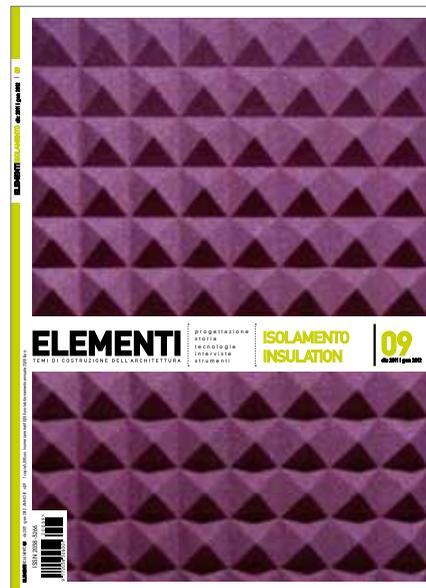
di Brunella Angeli

## 22

### PROGETTO CONTEMPORANEO

### UN PROGETTO SOSTENIBILE

di Gabriella Lo Ricco



## 26

### MATERIALI E TECNICHE

### AVANGUARDIE DI SPESSORE

di Stefano Aliprandi e Carol Monticelli

## 32

### STRUMENTI

a cura della Redazione

## 34

### ELEMENTI INSULATION

traduzione di Michael Cullity

## 36

### SCHEDE PRODOTTO

a cura di Action Group Coord. Pubblicità

## 45

### I WORKSHOP DI ELEMENTI

a cura di Action Group Coord. Pubblicità

---

# EDITORIALE

---

di **Maurizio Carones**

Il tema di questo numero di Elementi - l'isolamento degli edifici - è un ulteriore esempio di come anche un aspetto molto particolare della costruzione, diventando specifico oggetto di attenzione architettonica, si riveli di grande interesse.

Come è stato detto, la trattazione di temi specifici intende, numero dopo numero della rivista, quasi riferirsi all'indice di un ipotetico manuale della costruzione contemporanea. In questa occasione è allora utile notare come il tema dell'isolamento abbia visto negli ultimi anni cambiare profondamente il suo ruolo nell'ambito del sapere costruttivo.

Se infatti, sfogliando un qualsiasi manuale di costruzioni pubblicato nel corso del '900, andiamo alla ricerca di quelle parti in cui è trattata la questione dell'isolamento, difficilmente troveremo qualche informazione paragonabile a quelle che oggi abitualmente sono dedicate all'argomento.

In quei manuali e nella cultura costruttiva di cui essi erano espressione, le questioni della coibentazione termica e acustica dell'edificio non erano considerate argomenti che richiedevano una trattazione autonoma o riconoscibile.

In alcuni di quei testi, laddove si trattava del paramento murario, saltuariamente comparivano strati di materiali isolanti - talvolta successivamente riconosciuti come gravemente dannosi per la salute - oppure schematiche stratigrafie con la presenza di ridotte camere d'aria con funzione isolante.

Si potrebbe allora dire che il modo in cui negli ultimi decenni si è affrontata la questione dell'isolamento degli edifici rappresenta una sorta di rivoluzione.

Un argomento che per lunghi decenni è stato scarsamente considerato - con il fiducioso ricorso all'uso dell'energia e delle macchine per garantire sempre migliori caratteristiche prestazionali degli edifici - è invece diventato progressivamente una delle questioni dominanti nella costruzione. Discutere oggi di "isolamento" come tema riconoscibile e autonomo deve però corrispondere anche a evidenziare la complessa natura

## PARETI ISOLANTI SPECIALI

### 255-257 Parete divisoria «Feltro»

Feltro 4 (fig. 255) ad un'unica imbottitura colbente con camere d'aria laterali.

Feltro 5 (fig. 257) a doppia imbottitura colbente con interposta camera d'aria.

In entrambe le pareti la imbottitura, verticalmente ininterrotta, viene a esprimere i giunti dei mattoni speciali che le costituiscono. Per la soppressione dei giunti e l'alternarsi di strati diversi per densità, le pareti non solo perdono la risonanza, ma ostacolano la trasmissione dei suoni e del calore.

#### DIMENSIONI E PESI DEGLI ELEMENTI DI LATERIZIO

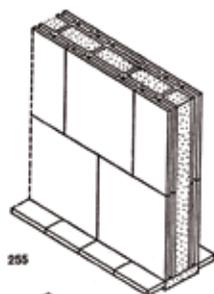
Parete «Feltro 4» = cm 25 x 20 x 83; per m<sup>2</sup> kg 45  
 «Feltro 5» = 25 x 20 x 12; « » = 55

Si producono pure dei rivestimenti «Feltro» per muri umidi o sconnessi colbenti.

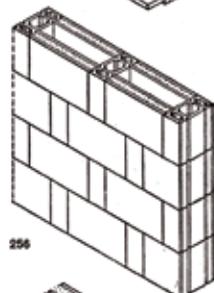
Si applicano sul muro da rivestire mediante strisce verticali di malta cementizia impermeabilizzata alla distanza corrispondente ai giunti verticali del rivestimento.

Fra il rivestimento e il muro le strisce di malta cementizia determinano delle camere d'aria.

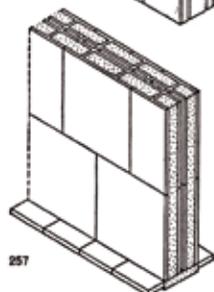
Il rivestimento è costituito da laterizi forati ad unica imbottitura colbente.



255



256



257

### 256 Muro isolante «Muriot»

Il «Muriot» consiste di due pareti allineate; l'esterna imbottita con calcestruzzo di cemento impermeabilizzato, l'interna di calcestruzzo di margonella; tra esse uno strato d'aria colbente mantenuto automaticamente secco.

Il laterizio serve da involucro e da collegamento.

Il «Muriot», praticamente senza giunti, oppone alle intemperie lo spessore di una lastra monolitica impermeabile di 6 cm; alla dispersione calcifica l'azione concomitante dello strato d'aria secca di 11 cm e della parete colbente di 8 cm di spessore.

Il coefficiente medio di conduttività, per la differenza di temperatura esterna-interna  $t = 20^{\circ}\text{C}$  è  $\lambda = 0,218$ .

Un metro cubo di muratura con «Muriot» pesa kg 840  
 « » « » « » mattoni pieni pesa kg 1600  
 « » « » « » « » mattoni cavi pesa kg 1100

Si presta particolarmente per riempimento di coerture metalliche e cemento armato, costruzione di capannoni, sovralti di fabbricati, ecc.

Il «Muriot A» di 12 cm di spessore (fig. 257) si costruisce con gli stessi elementi che servono per la parete «Feltro 5». Il comparto esterno è imbottito con calcestruzzo impermeabile, quello interno con calcestruzzo di margonella; uno strato d'aria divide le due imbottiture.

Il «Muriot A» è specialmente adatto per costruzioni su solette a sbalzo (balconi chiusi) ed annessamenti su terrazze.

#### DIMENSIONI E PESI DEGLI ELEMENTI LATERIZI

«Muriot» anelli di cm 50 x 20 x 25 per m<sup>2</sup> kg 65  
 «Muriot A» = 25 x 20 x 12 « » = 55.

(Poma - Fila, Milano)

“Pareti isolanti speciali”, da: Enrico A. Griffini, Costruzione razionale della casa, Il parte, Editore Ulrico Hoepli, Milano, 1948 (IV edizione, 1 ristampa)

architettonica di un argomento di grande attualità.

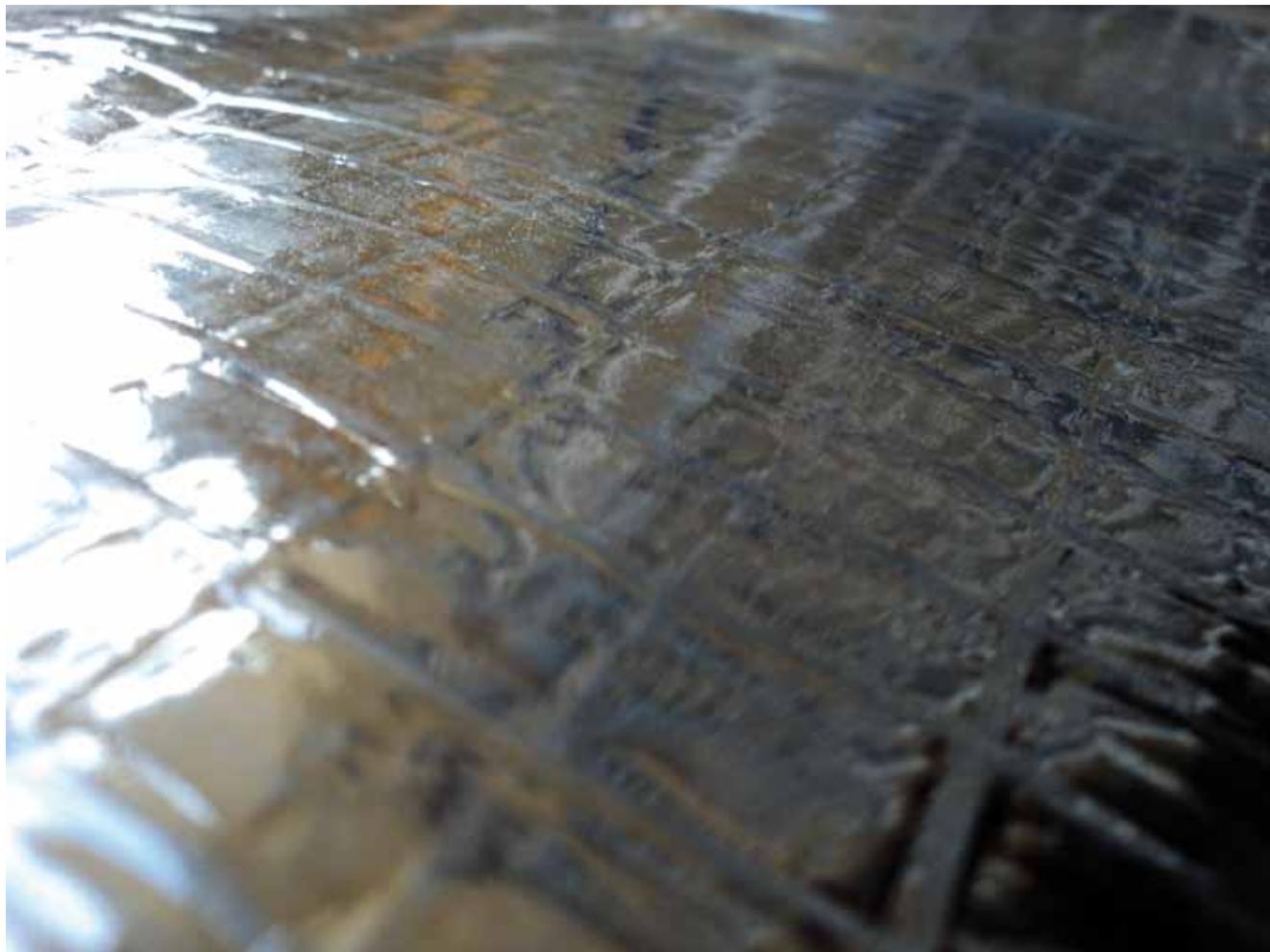
Certo, tale cambiamento di ruolo è stato inizialmente imposto da circoscritti obiettivi di risparmio energetico e in questo senso sono state nel corso del tempo introdotte normative che oggi dobbiamo rispettare per l'ottenimento di adeguate prestazioni di isolamento degli edifici. Il problema, tuttavia, non è solamente quello di rispondere a obblighi normativi. È certamente più interessante riconoscere come questi temi facciano parte di una sfida che viene proposta dal prossimo futuro: quella di costruire edifici che stiano sempre più in modo responsabile nell'ambiente, garantendo sempre maggiori *comfort* abitativi.

D'altra parte, il ruolo che il tema dell'isolamento degli edifici ha recentemente assunto è anche l'occasione per ricucire il rapporto con una tradizione costruttiva a lungo trascurata. Il ricorso a una diffusa e invasiva impiantistica che ha caratterizzato l'architettura del '900 aveva infatti fatto dimenticare anche quelle tradizioni tecniche, tipologiche e costruttive, che l'architettura aveva sempre utilizzato.

Alcuni edifici della tradizione costruttiva italiana possono ancora oggi essere considerati esempi di buon isolamento: le tradizionali architetture alpine o quelle delle regioni mediterranee, o anche quelle delle campagne, sono spesso edifici da cui ancora possiamo imparare qualche cosa.

Il tema dell'isolamento avrà inoltre un campo di applicazione di particolare interesse nella riqualificazione del patrimonio edilizio esistente, una questione che inevitabilmente ci occuperà nei prossimi anni. Non sarà sufficiente coibentare gli edifici ma si dovrà affrontare il problema delle prestazioni degli edifici come occasione generale di loro rigenerazione, dal punto di vista architettonico, tipologico, strutturale, impiantistico.

Tutto ciò trasforma una questione che potrebbe apparire limitata in una grande opportunità che può essere colta con il contributo del progetto architettonico, delle tecniche, della tecnologia e della produzione.



Dinamiche in evoluzione nell'uso  
dei materiali isolanti ad alto  
contenuto tecnologico.

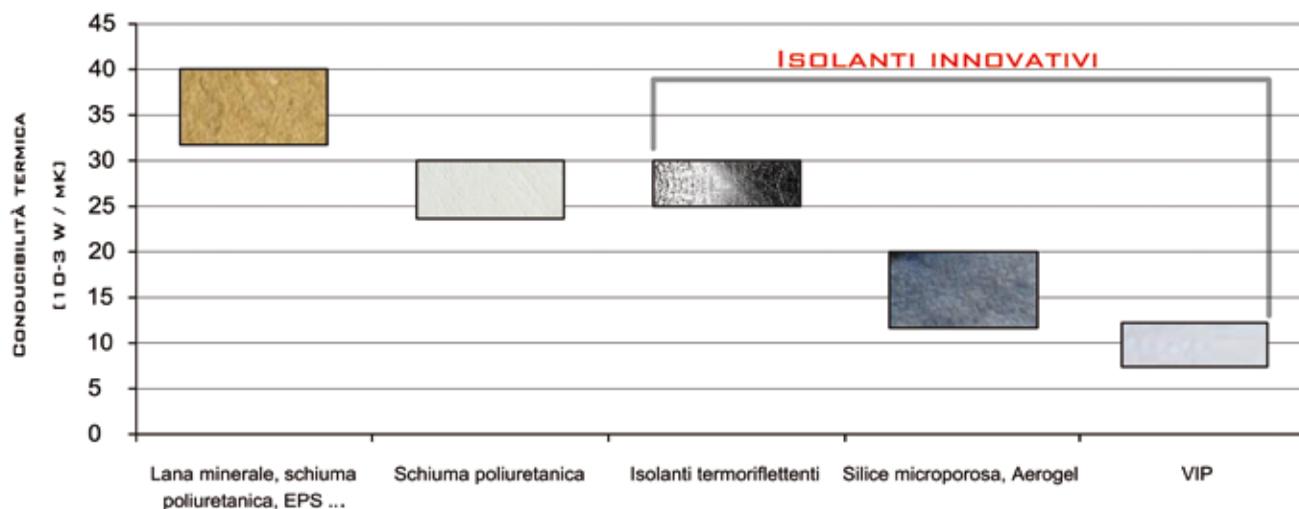
## AVANGUARDIE DI SPESSORE

di **Stefano Aliprandi e Carol Monticelli**

*Innovazioni recenti assai interessanti per la progettazione giungono spesso all'edilizia per trasferimento di tecnologie utilizzate nei settori aerospaziali, aeronautici e militari: l'illustrazione richiama i sistemi isolanti termoriflettenti, quali fogli multistrato in alluminio alternati a fogli isolanti di fibra sintetica o naturale (Fonte: ©Aliprandi).*

Il rapido evolversi del panorama normativo europeo e nazionale sul tema del risparmio energetico ha l'obiettivo di indirizzare i progettisti verso uno sviluppo sostenibile, una maggiore efficienza energetica degli edifici e una riduzione di consumi di materia, energia e di emissioni di gas climalteranti. La prima risposta progettuale a tali necessità ha visto puntare l'attenzione sull'incremento degli spessori di materiale isolante nell'involucro per offrire una minore dispersione termica.

Tale corsa a involucri di spessore consente, in pratica, di ridurre notevolmente i consumi per la climatizzazione invernale dell'edificio, ma presentando come rovescio della medaglia un notevole incremento di consumi per la produzione di maggiori quantità di materiale, spostando la questione dell'impatto energetico e ambientale in un'altra fase del ciclo di vita edilizio. Inoltre, la strategia dell'iperisolamento è



efficace a latitudini in cui le stagioni rigide sono più lunghe; laddove, in latitudini a climi caldi, la climatizzazione dell'edificio lavora per la maggior parte dell'anno al raffrescamento degli ambienti interni, il materiale isolante collabora a tale processo se accostato a strati d'involucro massivi, con buoni valori di inerzia termica, altrimenti può generare effetti di surriscaldamento estivo.

È quindi possibile rilevare come le recentissime tendenze di isolamento termico debbano generalmente offrire la massima prestazione, ma adeguarsi alle necessità del contesto di riferimento e offrire una risposta completa alla riduzione dei consumi energetici sia in inverno che in estate: da un lato servono isolanti con bassi valori di conducibilità termica, ma con una buona massa superficiale (inerzia termica); dall'altro vi è la necessità di soluzioni materiche con bassissimi valori di conducibilità termica, con allo stesso tempo buona resistenza termica e minimo spessore di materiale isolante. Nel primo caso, tra gli isolanti emergenti è efficace il vetro cellulare (materiale espanso a cella chiusa, composto dal 66% circa ad vetro riciclato), con buona conducibilità termica, buona durata di vita e resistenza al degrado prestazionale (grazie alla natura del materiale vetroso poco alterabile sotto l'effetto dell'umidità) e soprattutto un valore di massa volumica ( $\approx 170 \text{ Kg/m}^3$ ) che lo rende adatto al regime climatico estivo. Nel secondo caso, per esempio in situazioni di intervento progettuale sull'esistente, in cui non è possibile agire con il tradizionale cappotto isolante esterno, per non sovraccaricare la struttura o incrementare gli extra-spessori murari occorre agire dall'interno con il minimo ingombro possibile: sono a disposizione soluzioni isolanti con le stesse prestazioni termiche di quelle tradizionali, ma con spessori nominali inferiori.

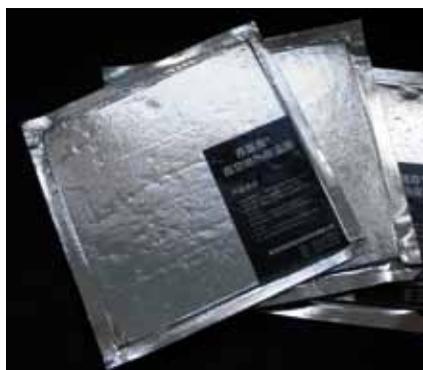
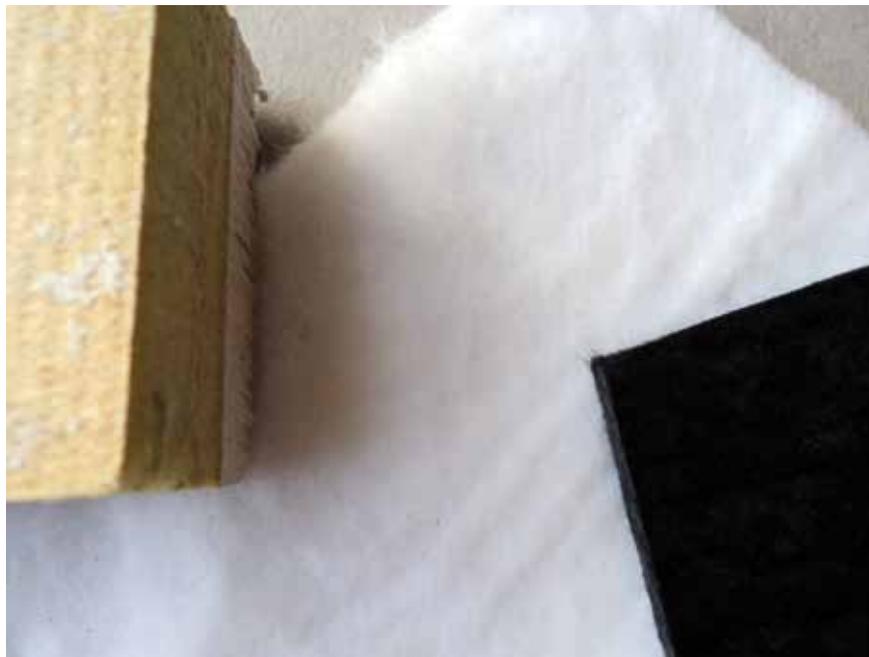
Nella ricerca scientifica si indagano soluzioni che riducano ulteriormente la conducibilità termica dei materiali. Alcune risposte emergono sull'efficacia dei materiali nanostrutturati (gli *Aerogel*) oppure sul beneficio indotto dal porre sottovuoto i materiali isolanti (*Vacuum Insulation Materials VIPs*). Si parla anche di "isolanti dinamici" o di materiali a cambiamento di fase (*Phase Change Materials PCM*) e ci si sposta da forme di "reazione del calore" diverse dagli isolanti tradizionali: reazioni indotte, che vanno ad agire sull'inerzia termica, poiché lavorano per accumulo di calore, non più

Grafico con la comparazione dei diversi valori di conducibilità termica di alcuni materiali isolanti, comprendenti soluzioni tecnologiche di nuova generazione (Fonte: ©Aliprandi).



Il vetro cellulare presenta buona resistenza a condizioni atmosferiche estreme, considerata la sua natura, e buona resistenza a compressione, con un valore di densità superiore ad altri isolanti convenzionali; si presenta in forma di o in granuli pannello (es. Glapor foam glass® - Glapor, Polydros® - Röfix) (Fonte: ©Glapor).

*Esempi di diversi prodotti impregnati con Aerogel: pannello in lana di roccia e Aerogel su gessofibra (Aerorock® - Rockwool), materassino flessibile in fibre di poliestere e Aerogel, di colore bianco o nero (Spaceloft® - Aspen Aerogel)  
(Fonte: ©Aliprandi)*



*Campione di pannello isolante sottovuoto VIP con nucleo rigido a bassa conducibilità termica ed elevata porosità, per facilitare l'aspirazione dell'aria, sigillato in lamine di alluminio sotto vuoto  
(Fonte: ©Creek China)*

sensibile (per conduzione dall'esterno all'interno), ma latente di fusione (con assorbimento e rilascio del calore in relazione al cambiamento di stato della materia). A livello progettuale non è più sufficiente un calcolo del fabbisogno energetico annuo in regime stazionario, ma sono necessarie analisi in regime dinamico, quindi con una maggior complessità del progetto.

Gli isolanti nanostrutturati sfruttano le proprietà termiche dell'Aerogel per ottenere una conducibilità termica bassissima: per esempio Aerorock di Rockwool è un pannello rigido in Aerowool, matrice in lana di roccia combinata con Aerogel, rivestito su un lato da una lastra di gesso-fibra; Spaceloft di Aspen Aerogels è un feltro geosintetico in cui le fibre sono impregnate di Aerogel di silice in granuli, Nanogel, che garantisce le caratteristiche termiche (conducibilità termica 0,014 W/mK e coefficiente di resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu = 5$ ). L'Aerogel è la sostanza solida con la densità più bassa in assoluto: essa è composta nella maggior parte dei casi dal 99,8% di aria e dallo 0,02% di diossido di silicio. L'elevatissima superficie interna, data la sua natura nanostrutturata, gli conferisce tali *performance* termiche. Sul fronte della tecnologia sottovuoto i pannelli VIPs sono tra i prodotti più avanzati nel settore degli isolanti termici, sfruttando il vuoto per raggiungere alti livelli d'isolamento termico. Possiedono una conducibilità termica anche dieci volte inferiore rispetto ai materiali coibenti tradizionali, dovuta al vuoto che non conduce calore per conduzione o convezione, ma solo per irraggiamento. Essi possono minimizzare ulteriormente la perdita per irraggiamento applicando un rivestimento riflettente sulle superfici. Lo svantaggio presentato dall'applicazione di questi pannelli è l'estrema fragilità, per cui un solo graffio nel rivestimento può causare una perdita di pressione con conseguente aumento del valore di conducibilità termica. È quindi necessaria la massima cura nella messa in opera.

I materiali isolanti che lavorano per accumulo di calore sono quelli a cambiamento di fase o stato e sono definiti dinamici per la dipendenza dell'effetto d'isolamento da

temperatura e tempo, che avviene solo durante il passaggio di stato (solido-liquido) della materia che li costituisce. Il loro processo termico è estremamente complesso. I dati necessari per una valutazione termica: punto di fusione del materiale, intervallo di fusione e calore latente di fusione, valori che suggeriscono il comportamento del PCM in risposta alla temperatura di esercizio cui è sottoposto. Tramite l'assorbimento di calore dall'ambiente a temperatura più alta questi passano da stato solido a liquido, per poi ricederlo all'ambiente con un abbassamento della temperatura, quando passano da stato liquido a solido. Si evince come il punto di fusione del PCM debba coincidere con la temperatura di comfort dell'ambiente interno e l'intervallo di fusione rappresenti l'intervallo di temperatura cui il PCM lavora termicamente. Per esempio, il pannello Energain di DuPont può isolare termicamente nell'intervallo di temperatura compreso, circa, tra 18 e 23°C (*range* di fusione), considerando un punto di fusione in tal caso di 21,7°C, temperatura di passaggio di stato solido-liquido e liquido-solido. Il calore latente prima citato indica quanto calore il pannello sia in grado di accumulare. Data la complessità del funzionamento e l'inesistenza di una formula semplice che stimi un valore di trasmittanza termica è difficile misurare la loro efficacia.

La complessità di tali sistemi consente tuttavia di mettere in opera spessori di pochi millimetri rispetto agli spessori di qualche centimetro con isolanti tradizionali e soprattutto, nel caso del PCM, di dare una risposta efficace anche al raffrescamento estivo, oltre al contributo invernale.

Un limite d'incertezza per questi materiali non ancora ampiamente affrontato, ma importante nella fase progettuale per il calcolo del fabbisogno energetico degli edifici, sono gli anni di durata di vita e, soprattutto, il decadimento prestazionale nella fase di servizio: i VIPs possono subire nella fase di servizio un graduale aumento della pressione interna che li rende sempre meno performanti; nei PCM la capacità del materiale di passare da uno stato di aggregazione all'altro può subire danni con il passare del tempo, riducendo la capacità isolante.

*Il pannello Energain® Du Pont™ assorbe calore in maniera efficace dall'ambiente, migliorando la sensazione di comfort per gli abitanti e riducendo la necessità di condizionamento termico; quando cambia di stato, dal solido al liquido, diventa quasi totalmente trasparente, tornando allo stato solido, acquista una opacità traslucida (Fonte: ©Aliprandi).*



Scheda dei prodotti

Materassino isolante ad Aerogel

COMPOSIZIONE: materassino isolante flessibile che combina Aerogel di silice amorfa con fibre di rinforzo in poliestere o polietilene tereftalato (PET), si presenta sottoforma di feltro geosintetico. Le fibre sono impregnate con gel di silice, Aerogel, che conferisce al materiale le straordinarie proprietà termiche. L'aerogel è un materiale nano poroso che ha una grande superficie interna, espressa dalla somma della superficie di tutti i suoi nanopori. Un cubetto di aerogel a base di carbonio, delle dimensioni di 1 cm<sup>3</sup>, può avere una superficie interna di oltre 1000 m<sup>2</sup>. I nano pori di aerogel hanno un diametro pari a 1/10.000 di quello di un capello umano. È proprio grazie a questa nanostruttura che l'Aerogel ottiene importanti caratteristiche termiche, che poi trasferisce al feltro. La temperatura di impiego di questo materiale è compresa tra i -200°C e i +200°C. Un prodotto commerciale di riferimento è Spaceloft (Aspen).

CONFIGURAZIONE: Prodotto in rotoli con spessore isolante di 5mm o 10mm nei colori bianco e nero, può essere messo in opera mediante incollaggio a parete per mezzo di biocollante oppure mediante tasselli. Date la natura pulverulenta del materiale e la natura del "tessuto" agguagliato che lo costituisce è necessario, in fase di messa in opera, porre attenzione al fissaggio a muro. Nel caso di incollaggio del materassino a parete, è consigliato utilizzare il biocollante adeguato, con un coefficiente di diffusione al vapore molto basso, non compromettendo la permeabilità del materiale. Data la polverosità del materiale, molti collanti non creano buona coesione tra materiale e substrato; se si procede al fissaggio meccanico a parete del materiale, va fatto un foro nel materassino mediante fustella, poiché vi è il rischio, in fase di foratura con trapano, di attorcigliamento delle fibre intorno alla punta e conseguente rottura del materiale.

PROPRIETÀ E CARATTERISTICHE: una conducibilità termica molto bassa (0,0135 W/mK) e un fattore di resistenza al vapore compreso tra 4 e 5, quindi estremamente traspirante, considerando che il coefficiente di traspirabilità al vapore dell'aria è pari a 1 e del sughero pari a 10. Nonostante la permeabilità al vapore il materiale è idrorepellente. Le altre caratteristiche tipiche sono: calore specifico (0,25 Kcal/KgK = 1,046 KJ/KgK), massa volumica (150Kg/m<sup>3</sup>) e massa superficiale (1,35 Kg/m<sup>2</sup>). Oltre a quelle termoigrometriche il materiale possiede anche buone caratteristiche acustiche, soprattutto nell'assorbimento delle vibrazioni.

CAMPI DI APPLICAZIONE: il materiale è utilizzato nell'industria aerospaziale, negli indumenti per escursionisti e in edilizia, sia per l'isolamento termico in intercapedine dia come cappotto interno / esterno sia a pavimento.

SCENARIO DI FINE VITA: le caratteristiche termiche del materiale sono conferite dalla presenza del "gel" di silice, il quale ha una durata di vita lunga, paragonabile al vetro. Tuttavia, il materiale di supporto dell'Aerogel non ha le stesse caratteristiche di resistenza nel tempo e quindi, la durata di vita è stimata 60 anni, secondo test di simulazione dell'invecchiamento del materiale a una temperatura media di esercizio di 10°C.

Pannello isolante sottovuoto - Vacuum Insulation Panels

COMPOSIZIONE: si compone di un nucleo fatto da un materiale isolante con elevata resistenza a compressione, bassa conducibilità termica ed elevata porosità, di uno strato di poliestere e un involucro esterno in alluminio, con funzione di barriera all'aria e alla condensa. I pannelli isolanti più utilizzati come nucleo sono: diatomite (roccia sedimentaria organogena di classe silicea di origine organica), silice precipitata o silice pirogenica (biossido di silicio), a base di nanogel (silica aerogel), polistirene (PS) o polietilene (PU) oppure fibre di vetro pressate.

A seconda dell'utilizzo sono in commercio in diverse configurazioni: semplici (come quelli appena descritti), accoppiati con gomma (ad esempio per applicazioni a pavimento) oppure accoppiati con polistirene. La temperatura di impiego di questo materiale è compresa tra i -50°C e i +80°C. Un prodotto commerciale di riferimento è Vacupor NT (Bitbau).

CONFIGURAZIONE: vengono realizzati aspirando l'aria dal pannello coibente utilizzato come nucleo e mantenendolo a una pressione interna attestata intorno ai 0,1 e i 20 mbar (pari a 10 e 2000 Pa). Presentano alcuni limiti: sono molto fragili, anche un solo piccolo graffio nell'invo-

*Nucleo di pannello VIP definito "supermicroporoso" costituito da cellule micronizzate di materiale inerte, polveri ceramiche a base di ossidi di silicio e ferro (Fonte: ©Aliprandi).*



lucro esterno potrebbe compromettere le proprietà termiche del materiale, è pertanto doveroso prestare la massima attenzione durante la fase di messa in opera. Possono essere applicati a parete, ma senza tasselli: un foro nel pannello causerebbe un aumento di pressione interna con conseguente aumento di conducibilità termica.

**PROPRIETÀ E CARATTERISTICHE:** grazie alle caratteristiche indotte dal sottovuoto i VIP presentano conducibilità termica bassissima, variabile in funzione del materiale utilizzato come nucleo e della pressione cui è sottoposto. Riescono, grazie alla creazione di vuoto come nei termos, a eliminare il trasferimento del calore per conduzione e convezione, trasmettendolo solo per irraggiamento. La perdita per irraggiamento si minimizza attraverso il rivestimento riflettente sulle superfici. Il valore di conducibilità termica a una pressione di poco superiore ai 10 Pa, è di circa 0,005 W/mK, e man mano si innalza la pressione, aumenta anche la conducibilità termica, in funzione sempre del nucleo: a 1000 Pa, per esempio, i VIP con nucleo a base di nanogel hanno una  $\lambda \approx 0,005$  W/mK (a 10 Pa avevano una  $\lambda \approx 0,004$  W/mK); quelli con nucleo in silice pirogenica hanno una  $\lambda \approx 0,008$  W/mK (a 10 Pa avevano una  $\lambda \approx 0,006$  W/mK), scarto che aumenta con l'aumentare della pressione. Questo scarto è superiore per i nuclei caratterizzati da una  $\lambda$  più alta: per esempio, un VIP con nucleo in poliuretano ha, alla pressione di 10Pa,  $\lambda \approx 0,006$  W/mK mentre alla pressione di 1000 Pa  $\lambda \approx 0,023$  W/mK. Hanno un fattore di resistenza al vapore che non degrada, considerato in linea teorica infinito.

**CAMPI DI APPLICAZIONE:** il materiale è utilizzato nei frigo box, frigoriferi, congelatori e nel settore edilizio, sia per applicazioni a pavimento che nell'involucro esterno.

**SCENARIO DI FINE VITA:** è difficile stimare la durata di vita di questi materiali. È presumibile che con il passare del tempo questi subiscano graduale aumento della pressione interna, rendendoli meno performanti. In linea generale è assicurato il mantenimento di una elevata efficienza per 15 anni.

#### Pannello a base di PCM (Phase Change Material)

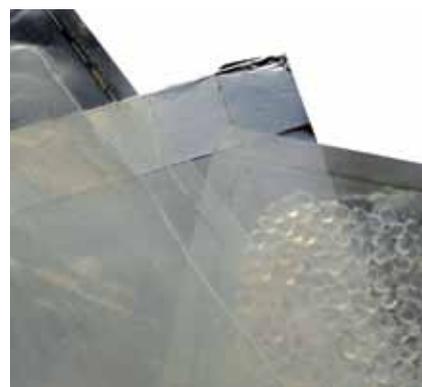
**COMPOSIZIONE** - I PCM sono organici, inorganici o eutettici, micro- o macro- incapsulati. Un prodotto commerciale di riferimento è Energain (DuPont): nuova tipologia di materiale isolante dinamico a cambiamento di stato. Nuova tipologia di materiale isolante dinamico a cambiamento di stato, è composto da un nucleo interno macro incapsulato in fogli di alluminio di 130  $\mu\text{m}$  e sigillato sui lati con nastro di alluminio di 75 $\mu\text{m}$ . Il materiale a cambiamento di stato si compone del 60% di paraffina e del 40% di un copolimero. Questo specifico composito, rispetto ai convenzionali PCM, non si liquefa del tutto, ma rimane trasparente e morbido: fattore vantaggioso che non determina considerevoli variazioni di volume e pressione all'interno del pannello nelle fasi di cambiamento di stato da solido a liquido.

**LAVORAZIONE IN CANTIERE:** energain, nello specifico, si presenta come pannello rigido di 1m x 1.2m e di 5.2mm di spessore, ha un peso di 4,5 Kg/m<sup>2</sup>, leggero e maneggevole da una sola persona. Può essere tagliato con un taglierino e bisogna rivestire la sezione con un nastro in alluminio, in quanto il materiale a cambiamento fase del nucleo del pannello ha un punto di infiammabilità di 148°C.

**PROPRIETÀ E CARATTERISTICHE:** essendo un materiale isolante dinamico, le proprietà da tenere in considerazione sono diverse da quelle per un materiale isolante "tradizionale". I dati fondamentali sono: punto di fusione = 21,7°C; range di fusione = da 18°C a 23°C; calore latente > 70 J/g. Altri dati sono: conducibilità termica solida = 0,18 W/mK; conducibilità termica liquida = 0,14 W/mK. Essendo rivestito con fogli di alluminio il materiale ha un fattore di resistenza al vapore pari all'infinito e una reazione al fuoco di classe 0.

**CAMPI DI APPLICAZIONE:** il materiale viene utilizzato dove l'accumulo termico è una caratteristica fondamentale, dove si ha la necessità o volontà di aumentare l'inerzia termica. Visto che il punto di fusione è coincidente alla temperatura di comfort degli ambienti interni agli edifici, il materiale è particolarmente idoneo anche a essere utilizzato in ambito edilizio. I migliori benefici in termini di qualità dell'aria interna sono stati ottenuti in applicazioni orizzontali in controsoffittature.

**SCENARIO DI FINE VITA:** è difficile ipotizzare il periodo di vita di questi materiali, in quanto il processo di fusione e solidificazione può subire, nel tempo, un graduale "peggioramento".



*Pannello a ridotto spessore (5mm) in materiale a cambiamento di fase PCM, Energain® Du PontTM: i granuli di paraffina e copolimero costituiscono la materia prima del nucleo a cambiamento di stato traslucido, incapsulato in due fogli di alluminio (Fonte: ©Aliprandi).*