

The ENEA logo features the word "ENEA" in a bold, white, sans-serif font. To the left of the text is a stylized graphic of a sun or starburst with a bright yellow center and a red and orange glow, set against a dark blue background with a grid pattern.

AGENZIA NAZIONALE
PER LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA
E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

Soluzioni e tecnologie innovative per una efficiente riqualificazione energetica dell'involucro edilizio

P. De Fazio
Centro Ricerche ENEA Trisaia
DTE-BBC

8^a conferenza nazionale su Chimica&Energia
Milano, 9 novembre 2017



L'ENEA è l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, ente di diritto pubblico finalizzato alla ricerca, all'innovazione tecnologica e alla prestazione di servizi avanzati alle imprese, alla pubblica amministrazione e ai cittadini nei settori dell'energia, dell'ambiente e dello sviluppo economico sostenibile (art. 4 Legge 28 dicembre 2015, n. 22).”



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

4 Dipartimenti:

- 1) Dipartimento Tecnologie Energetiche (DTE)**
- 2) Dipartimento Fusione e Tecnologie per la Sicurezza Nucleare (FSN)**
- 3) Dipartimento Sostenibilità dei sistemi produttivi e territoriali (SSPT)**
- 4) Dipartimento Unità Efficienza Energetica**



Il personale ENEA è composto da ricercatori e tecnologi (1145) e da collaboratori amministrativi e operatori tecnici (815) per complessive 2425 persone a tempo indeterminato, cui si aggiungono 95 risorse a tempo determinato e 47 assegnisti di ricerca (dato al 30 giugno 2017). La maggior parte sono laureati (1435), i diplomati sono 881. Completano il dato 109 unità di personale non diplomato.

Il 60% dei dipendenti lavora nei due maggiori Centri di ricerca ENEA, la Casaccia e Frascati nel Lazio, vicino a Roma.



Le attività scientifiche e di sviluppo tecnologico dell'ENEA vengono svolte in nove Centri di Ricerca sul territorio nazionale cui si aggiungono cinque laboratori, la sede legale di Roma, una rete di uffici regionali e l'Ufficio di collegamento di Bruxelles per la partecipazione a progetti di ricerca europei e internazionali.



Agencia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia
e lo sviluppo economico sostenibile

CENTRO RICERCHE TRISAIA

La Trisaia in cifre

144 dipendenti

100 ettari di estensione

60 edifici

20 laboratori

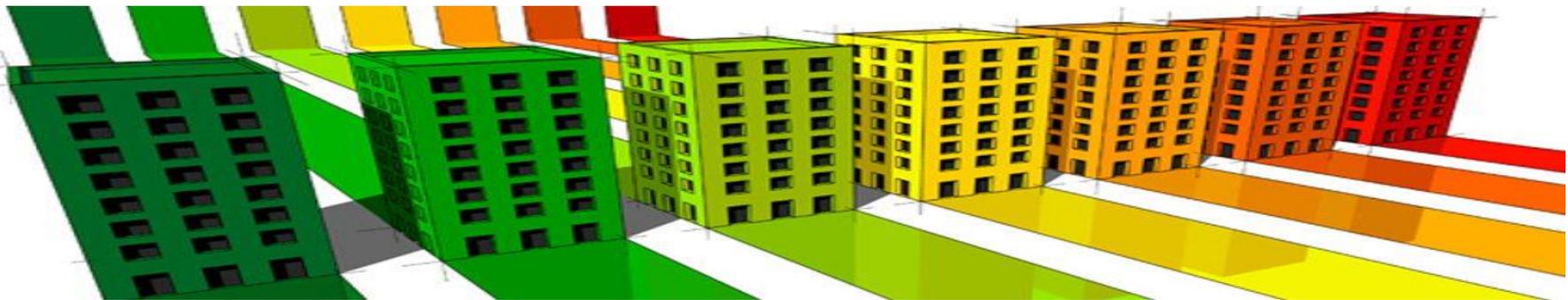
15 impianti pilota

8 hall tecnologiche

Il **Centro Ricerche della Trisaia**, in provincia di Matera, è il più importante nel Mezzogiorno. Ospita circa 140 dipendenti impegnati principalmente su bioenergia, tecnologie ambientali e tecnologie dei materiali. Operano nel centro la società SOGIN e i consorzi CALEF (applicazioni industriali del laser e del fascio elettronico) e TRAIN (tecnologie per il trasporto innovativo).



La riqualificazione energetica comprende una serie di interventi effettuati su un edificio esistente allo scopo di migliorarne la **classe energetica** di appartenenza.



L'efficienza energetica migliora attraverso tre tipi di intervento:

l'isolamento termico

la produzione di energia

l'ottimizzazione dell'impianto di riscaldamento

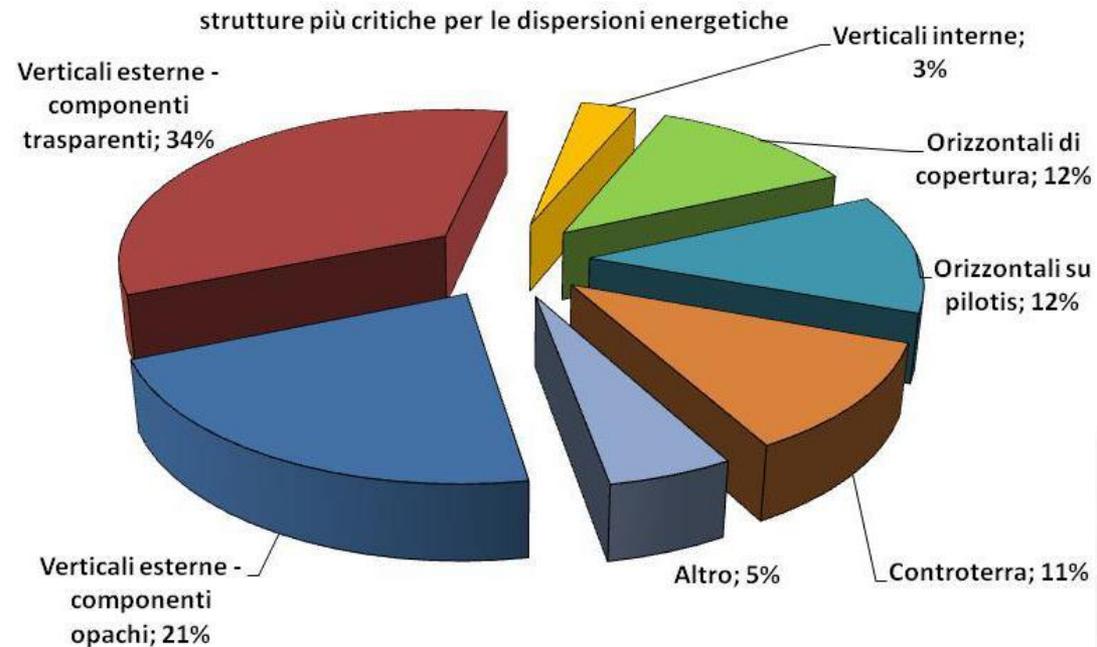
Cosa è l'efficienza energetica?

L'efficienza energetica degli edifici è uno dei temi più rilevanti e strategici che si stiano dibattendo in questi anni in ambito europeo ed internazionale e rappresenta la capacità del sistema stesso di sfruttare l'energia che gli viene fornita per soddisfare il suo fabbisogno.

Considerando il fatto che il 40% dei consumi di energia dell'Unione Europea è riconducibile alle abitazioni, la gestione del risparmio energetico domestico diventa uno strumento di fondamentale importanza per l'approvvigionamento di energia nel medio ma soprattutto nel lungo periodo.

Da cosa dipendono i consumi energetici nel settore residenziale?

1. un alto grado di inefficienza energetica delle utenze, sia per il fabbisogno termico che per quello elettrico;
2. un alto grado di dispersione termica invernale ed estiva derivata dalla forma dell'edificio, dai materiali, dalle tecniche di montaggio e manutenzione, dall'uso degli spazi.



Sistemi passivi e riqualificazione energetica

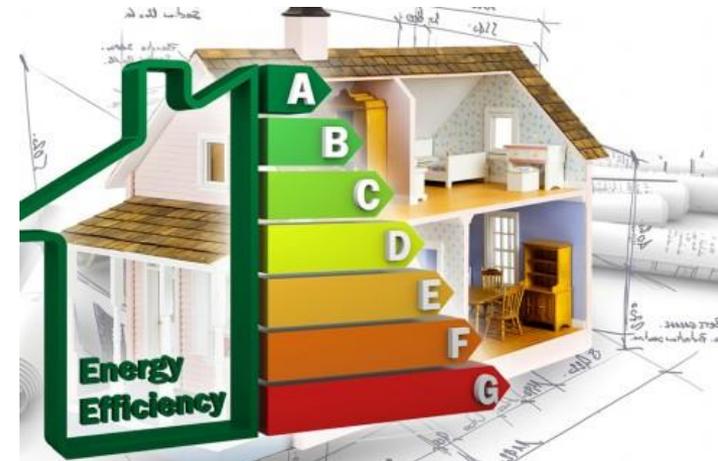
Studio di soluzioni e materiali innovativi per la riduzione del calore trasmesso per convezione e conduzione



INVOLUCRO

una vera e propria pelle attraverso cui si verifica lo scambio di energia in ingresso e in uscita

coibentazione illuminazione ventilazione



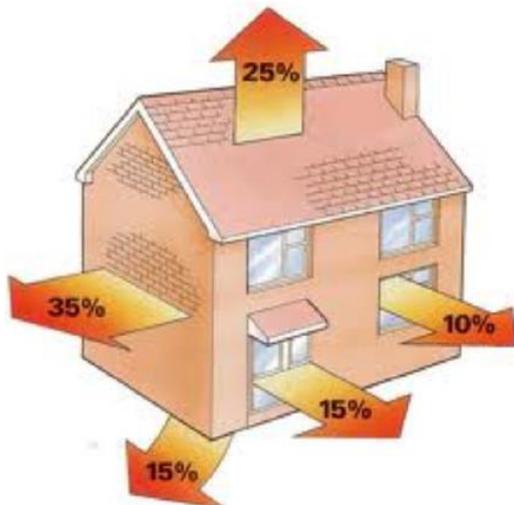
Vantaggi economici, sociali e ambientali:
ridurre il consumo energetico e l'impatto dannoso sull'ambiente migliorando al tempo stesso il comfort termico abitativo.

Cosa è l'isolamento termico?

L'isolamento termico o coibentazione è la soluzione più efficace ed economica per la riduzione del fabbisogno termico.

In genere si pensa all'isolamento in riferimento all'isolamento dal freddo e poco al comportamento dell'edificio nel periodo estivo: in realtà entrambi i periodi sono da tenere in considerazione in quanto molto energivori.

Le dispersioni di calore



Circa l'80% del caldo o del freddo passa attraverso:

- pareti
- tetto
- solai

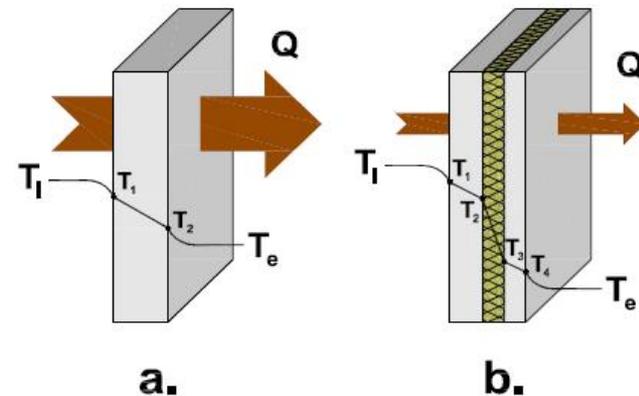
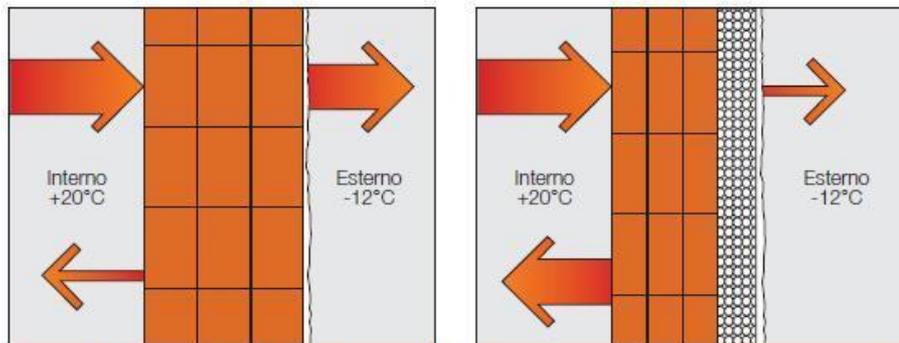
La restante parte è dovuta a correnti d'aria incontrollate, generate da cattive tenute o fessure di porte e finestre.

Soluzioni e materiali per l'isolamento



Ovvero con pannelli posti nella parte esterna delle mura (sistema a "cappotto") così da mantenere calde le pareti ed escludere la possibilità di formazione di condensa.

Un buon isolamento si può fare con dei pannelli inseriti all'interno delle mura.



$$U_a > U_b$$

In realtà ruotando/ribaltando idealmente le figure possiamo certamente immaginare di poter isolare anche una copertura od un pavimento (agendo su quel 12% della dispersione dal tetto e sul 7% di dispersione dal pavimento)

Fattori per la scelta dei materiali isolanti

- Lo **spessore** del materiale: ad uno spessore maggiore inevitabilmente corrisponde una maggiore coibentazione.
- Il potere coibente dei materiali termoisolanti è legato al valore della **conducibilità termica λ** ; più piccolo è il valore della λ maggiore sarà il potere isolante del materiale.
- La **resistenza di diffusione al vapor d'acqua μ** : come per la conducibilità termica, tanto più piccolo è questo valore, tanto più il materiale è traspirante. Un materiale traspirante migliora l'isolamento termico in quanto riduce la possibilità che si crei condensa.
- La **resistenza a compressione** è uno dei principali fattori della durabilità del materiale.
- Altre proprietà che possono influenzare la scelta sono la **atossicità**, la **resistenza al fuoco**, la **resistenza agli attacchi chimici e biologici** (muffe e parassiti).

Classificazione dei materiali per strutture

Fibre: fibre naturali (lino, cotone, canapa, paglia, lana di pecora) e minerali (fibra di vetro, fibra di basalto)

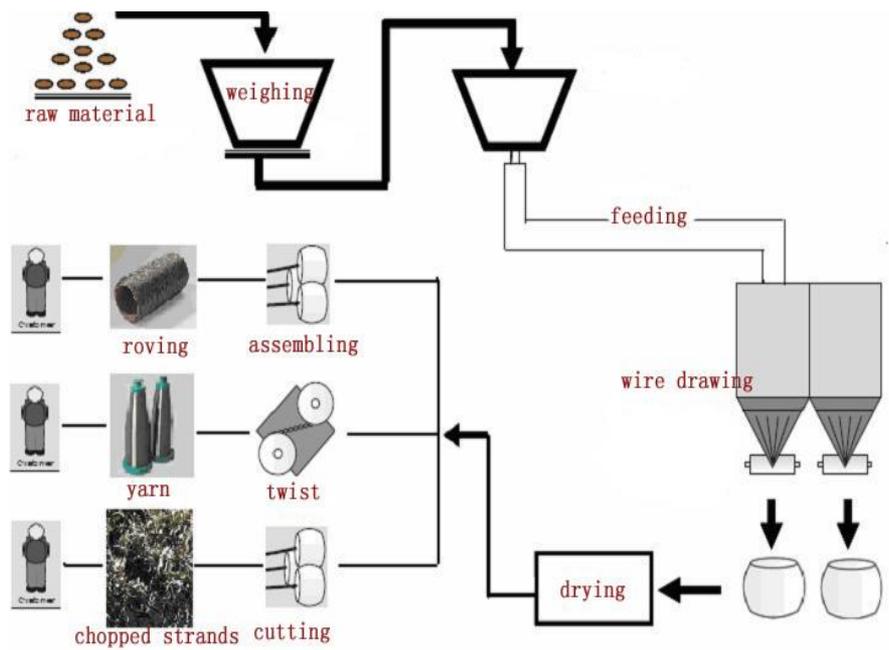
Granuli sfusi: vermiculite, pomice, argilla espansa, perlite, polistirene

Materiali lievitati: vetro cellulare, silicato di calcio, AAC, XPS, EPS, polietilene espanso, poliuretano

COMPOSITI

- aerogel
- pannelli isolanti sottovuoto
- isolanti sottili multi riflettenti
- pannelli sandwich e multistrato
- matrice cementizia con fibre naturali
- materiali a cambiamento di fase

Fibra di basalto



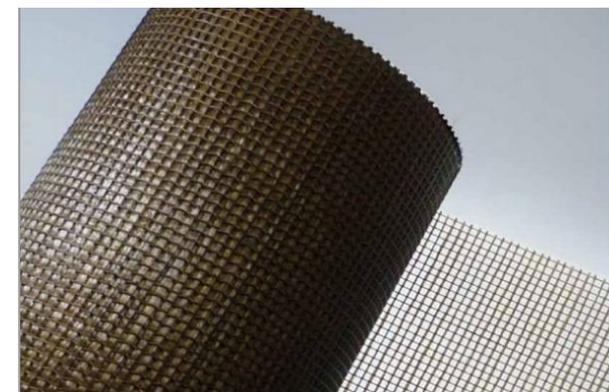
Caratteristiche	Valore
Densità	80 – 100 Kg/m ³
Conduttività termica	0,057W/mK
Classe di reazione al fuoco	A1
Resistenza alla compressione	4 MPa
Massima temperatura d'utilizzo	600° C

Proprietà	Normativa
Caratteristiche geometriche	
Densità nominale	EN 1602
Spessore	EN 823
Planarità	EN 825
Squadratura	EN 824
Caratteristiche termiche	
Conducibilità termica e Resistenza termica	EN 12667 - EN 12939
Calore specifico	EN 12524
Resistenza al passaggio del vapore acqueo	EN 12086
Permeabilità al vapore acqueo	EN 12087
Assorbimento d'acqua a lungo termine	EN 12087
Assorbimento d'acqua a breve termine	EN 1609
Stabilità dimensionale in specifiche condizioni di umidità e temperatura	EN 1604
Caratteristiche di resistenza meccanica	
Resistenza a compressione con schiacciamento del 10%	EN 826
Resistenza a trazione perpendicolare delle facce nel senso dello spessore	EN 1607
Resistenza a trazione parallela alle facce	EN 13162 - EN1607
Resistenza al carico puntuale	EN 12430
Comprimibilità sotto carico	EN 12431

Pannelli



Caratteristiche geometriche	
Sezione della fibra	ISO 1889:1986
Dimensione maglia	UNI 9311/2, metodo prova:
Sezione nominale della singola barra	CNR-DT 200/2004, CNR-DT 203/2006
Area nominale fibre	CNR-DT 200/2004, CNR-DT 203/2006
Spessore rete	UNI 9311/3,
Caratteristiche fisiche	
Peso grezzo ed apprettato	UNI 9311/4,
% resina(o LOI o perdita per calcinazione o perdita per riscaldamento)	UNI 8532
Costruzione (n° fili/10cm) (trama e ordito)	UNI 9311/1
Temperatura di distorsione termica Tg	DIN 53445
Coefficiente di dilatazione termica	
Conduttività termica	
Comportamento a esposizione a raggi UV	ASTM G154-2006
Comportamento a calore, freddo, umidità	
ISO 9142:04	
Caratteristiche di resistenza meccanica	
Resistenza a trazione/carico di rottura (trama e ordito) (nominale e individuale)	EN ISO 13934.1
Resistenza a trazione/carico di rottura dopo invecchiamento (trama e ordito) (nominale e individuale)	UNI 9311/5
Allungamento a rottura (trama e ordito)	UNI 9311/5,
Allungamento a rottura dopo invecchiamento (trama e ordito)	UNI 9311/5
Resistenza agli alcali	ETAG 004
Rigidezza assiale media a trazione EA	ISO 527-4,5:1997
Resistenza allo strappo dopo 28 gg di stoccaggio in soluzione di prova secondo ETAG (seguito da bagnatura / asciugatura)	DIN EN ISO 13934-1



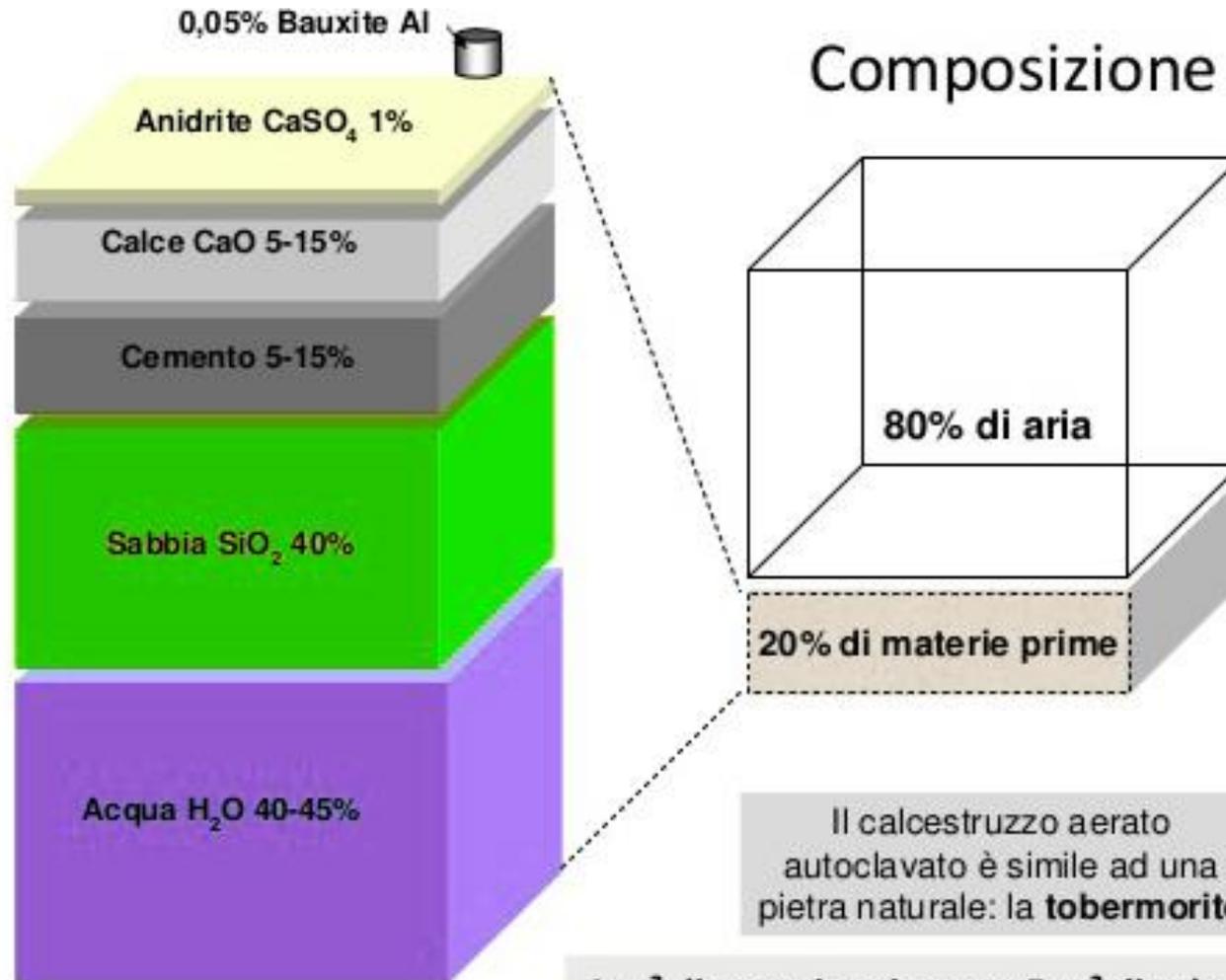
Geo - grid

Temperatura di applicazione	
Temperature di vetrificazione	
Temperatura di fusione	
Diametro filamento	ASTM D578-2000
Densità	EN 109736
Lunghezza fibre chopped	
Tipo di sizing	
Perdita di peso per combustione	ISO 1887:1995
Carico di rottura	ASTM D2256-97
Allungamento a rottura	
Modulo di Young	
Temperatura massima ° C con stress senza stress al fuoco	
Contenuto di umidità	ISO 3344:1997
Combustibilità	NF P92-503 (1995)
Stabilità UV	ISO 105-B02
Compatibilità con resine	
Mantenimento della forza (96 hrs in acqua a 80 ° C)	ISO 1887
Test di Chapelle	

Chopped



Cemento aerato autoclavato/1



Il calcestruzzo aerato autoclavato è simile ad una pietra naturale: la **tobermorite**

1 m³ di materie prime per 5 m³ di calcestruzzo cellulare

Cemento aerato autoclavato/2

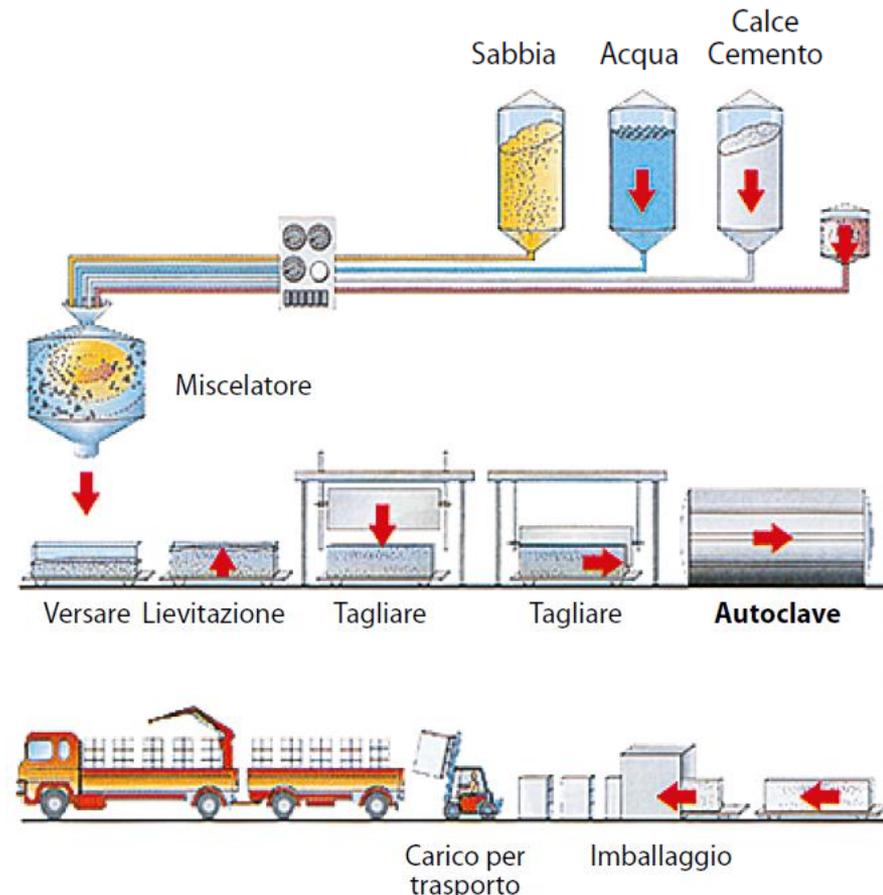
La polvere di alluminio reagisce con idrossido di calcio e acqua e produce idrogeno responsabile delle milioni di cellule microscopiche:



La reazione successiva avviene in autoclave con $T=200^\circ \text{C}$ e $P=8-12 \text{ bar}$.

Il prodotto di reazione è una miscela di cristalli, semicristalli chiamata **tobermorite amorfa**.

Con la sabbia si forma una **tobermorite stabile** con formazione di cristalli e cristalli esagonali di $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Essa altro non è che un **silicato calcico idrato** (S-C-H) caratterizzato da una buona stabilità meccanica nonché nei confronti del gelo e delle efflorescenze. È proprio questo processo che migliora le proprietà meccaniche del materiale.



Cemento aerato autoclavato/3



L'applicazione più adatta dei pannelli in CAA è quella del cappotto termico esterno.

Vi sono anche applicazioni come strato isolante esterno in facciate ventilate oppure casi di utilizzo per isolamenti interni.

I pannelli vengono utilizzati inoltre per la coibentazione di coperture piane e inclinate.



Caratteristiche	Valore
Densità	300 – 500 Kg/m ³
Conduktività termica	0,12W/mK
Temperatura massima d'impiego	A1
Resistenza alla compressione	2 – 4 MPa
Resistenza alla diffusione del vapore	5-10

Aerogel

L' AEROGEL rientra tra le sostanze più leggere. È composto dal 98% d'aria e 2% di silicio amorfo, il principale componente della comune sabbia o vetro, ma è mille volte meno denso, sopporta altissime temperature ed è un ottimo isolante. Proprio per la presenza di silicio l'AEROGEL è chiamato comunemente anche "sabbia gonfiata" o "fumo ghiacciato" per il suo colore blu-azzurro nella forma monolitica.

Di recente è stato possibile ridurre il costo di produzione dell'Aerogel a livelli accettabili, il che ha permesso la sua diffusione in alcune applicazioni nel settore edilizio, ad es. come cappotto termico esterno sottile per edifici.



Caratteristiche	Valore
Densità	80 Kg/m ³
Conduktività termica	0,01W/mK
Classe di reazione al fuoco	C
Resistenza alla compressione	0,007MPa
Resistenza alla diffusione del vapore	5

Pannelli isolanti sottovuoto

I pannelli isolanti sottovuoto possono avere una conduttività termica variabile tra 0,004 e 0,008 W/mK, cioè minore di circa 10 volte rispetto a quella dei pannelli di poliuretano e polistirolo, il che li rende molto interessanti nelle applicazioni di termoisolamento degli edifici perché consentono una notevole riduzione degli spessori (pannelli isolanti sottovuoto di 5 cm equivalgono a uno strato di polistirolo di 40 cm).

Normalmente il nucleo è costituito da un materiale nanoporoso (silice pirogena o aerogel) dal quale è stata evacuata l'aria (da qui la definizione di pannelli sottovuoto) ed è chiuso ermeticamente all'interno di un telo a più strati di alluminio, nylon oppure PET, comunque impermeabile e resistente alla pressione.

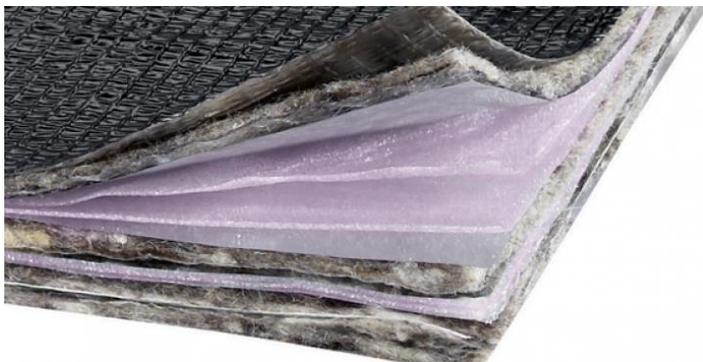


Caratteristiche	Valore
Densità	200 Kg/m ³
Conduttività termica	0,005W/mK
Classe di reazione al fuoco	A
Resistenza alla compressione	11 MPa
Resistenza alla diffusione del vapore	1000

Isolanti sottili multiriflettenti

Gli isolanti sottili multistrato riflettenti sono degli isolanti tecnici a basso spessore, costituiti da una serie di film riflettenti e relativi materiali separatori (ovatte, schiume, ecc...).

I film riflettenti hanno la funzione di riflettere l'irraggiamento termico: è il principio dei doppi vetri e delle coperte termiche, utilizzate normalmente dai servizi di soccorso, applicato all'isolamento in edilizia.



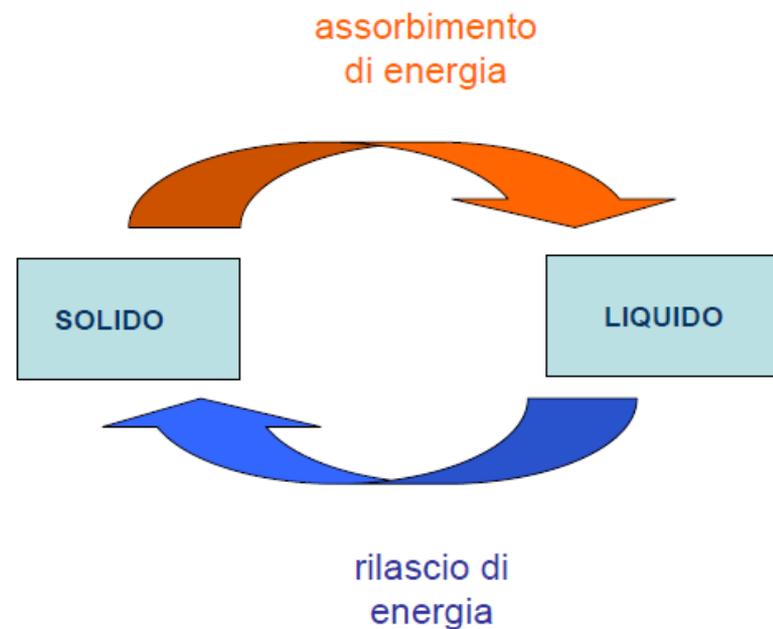
Caratteristiche	Valore
Densità	200 Kg/m ³
Conduktività termica	0,005W/mK
Classe di reazione al fuoco	A
Resistenza alla compressione	11 MPa
Resistenza alla diffusione del vapore	1000

Materiali a cambiamento di fase (*Phase Change Material – PCM*)/1

Sono materiali accumulatori di calore latente, che sfruttano il fenomeno della transizione di fase per assorbire i flussi energetici entranti, immagazzinando un'elevata quantità di energia e mantenendo costante la propria temperatura.

I PCM sono solidi a temperatura ambiente ma quando questa sale e supera una certa soglia, che varia a seconda del materiale, essi si liquefanno accumulando calore (latente di liquefazione) che viene sottratto all'ambiente. Allo stesso modo, quando la temperatura scende, il materiale si solidifica e cede calore (latente di solidificazione).

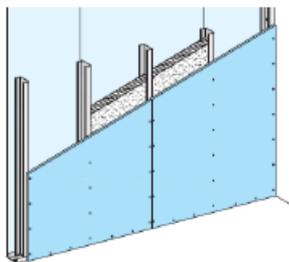
PCM
Inserito nella
parete



Materiali a cambiamento di fase (Phase Change Material – PCM)/2

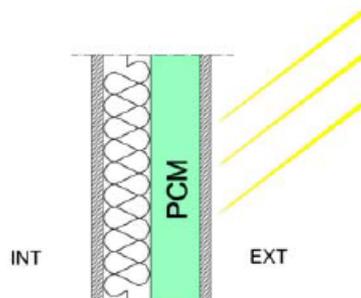
materiali a cambiamento di fase – applicazioni

– Superfici interne



- incremento della massa termica
- riduzione delle oscillazioni di temperatura
- riduzione dei consumi per la climatizzazione
- incremento del comfort microclimatico

– Superfici esterne



- riduzione dei carichi termici estivi
- sfasamento del flusso termico
- riduzione delle oscillazioni di temperatura
- incremento del comfort microclimatico
- riduzione dei consumi per la climatizzazione

Membrana endotermica in microsfere ceramiche cave (ceramics bubbles)

Il rivestimento a risparmio energetico è costituito da uno speciale legante a base di acqua in cui si trovano milioni di microsfere ceramiche cave (Ceramics Bubbles) dal diametro molto piccolo (da 20 a 120 micron). Dopo l'asciugatura il rivestimento si polimerizza in una struttura resistente, elastica, spessa ma anche traspirante, di circa 0,3 mm. Si applica come una comune pittura.

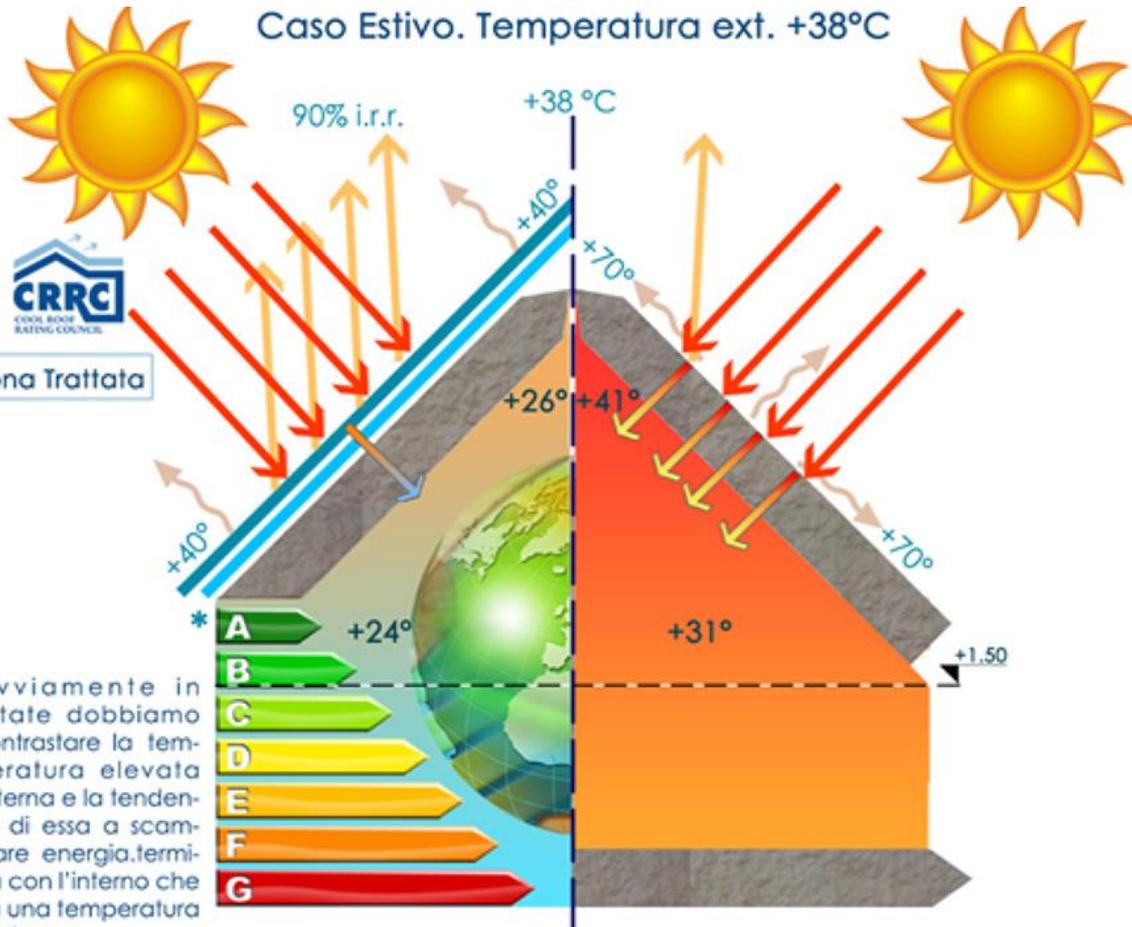
L'isolamento a «zero spessore» esplica una moltitudine di effetti in un unico prodotto:

- risparmio energetico;
- benessere termico;
- protezione duratura delle superfici trattate;
- elevata rifrazione dei raggi solari
- traspirabilità;
- idrofobia.



Cool materials

Caso Estivo. Temperatura ext. +38°C



Zona Trattata

Ovviamente in estate dobbiamo contrastare la temperatura elevata esterna e la tendenza di essa a scambiare energia termica con l'interno che ha una temperatura più bassa.
ext. int. diff. = 14°C

Tecnologia COOL ROOF:
La casa non si scalda d'estate. Non devo spendere soldi per abbassare la temperatura. Uguale: elevato risparmio economico nel periodo estivo.

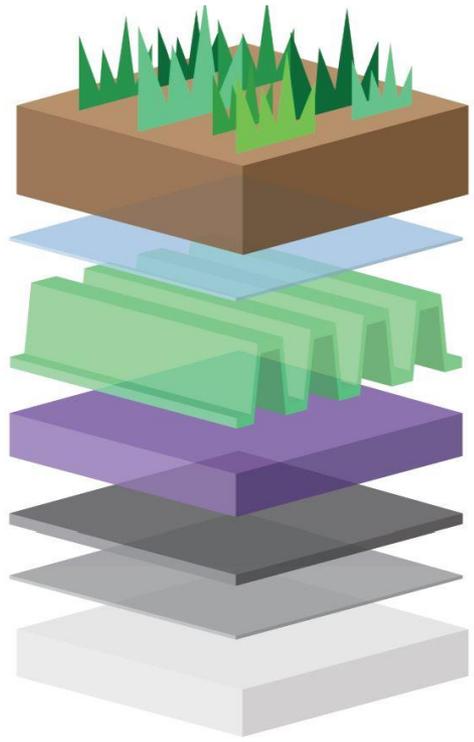
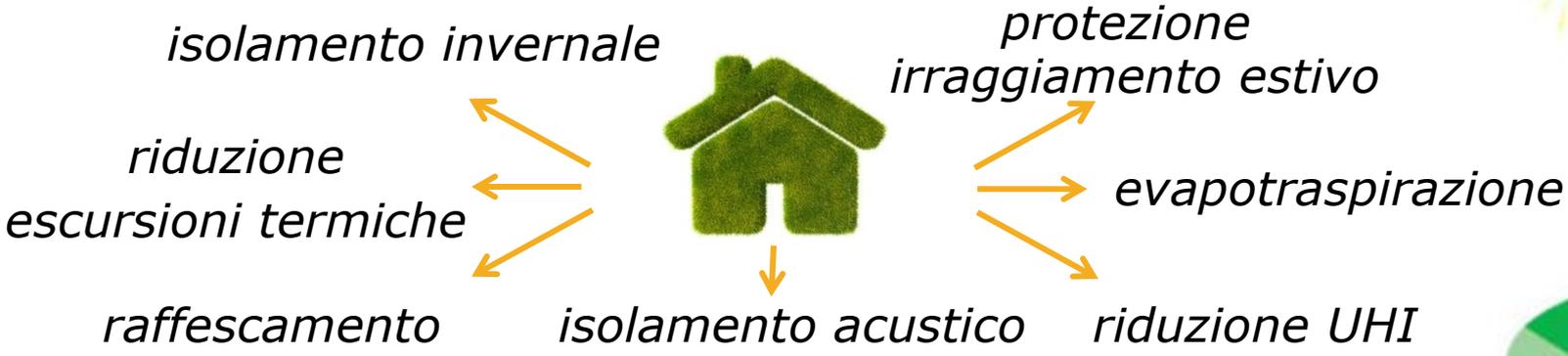
Tetto TRADIZIONALE:
La casa si scalda d'estate. Non è protetta e devo spendere per abbassare la temperatura interna. Uguale elevate spese economiche nel periodo estivo.



Materiali caratterizzati da elevata riflettanza solare il che consente di limitare l'innalzamento della temperatura superficiale quando sottoposti a irraggiamento solare. Al contempo l'alta emissività favorisce il rilascio termico in fase notturna del calore immagazzinato.

Riduzione consumi estivi e riduzione fenomeno isola di calore.

Green roofs



- Vegetation
- Growing Substrate
- Filter Sheet
- Drainage Layer
- Protection Mat
- Root Barrier
- Waterproofing Layer
- Roof Deck

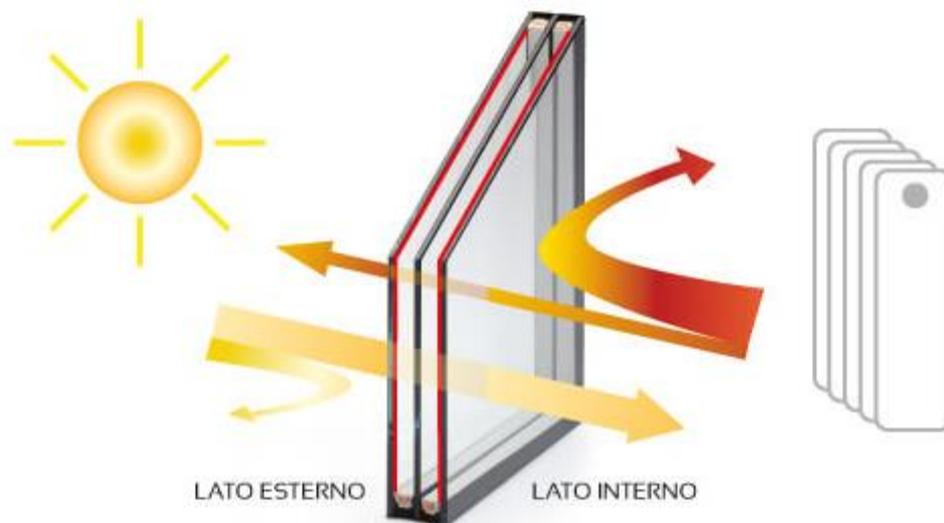


TRADITIONAL ROOF

Serramenti

L'obiettivo è scegliere dei serramenti che consentano l'ingresso della luce naturale nell'edificio, evitando la dispersione di calore verso l'esterno.

- **Vetri basso emissivi** (inverno): ridurre la dispersione termica, senza perdite significative di luce naturale
- **Vetri a Controllo solare** (estate): ridurre apporto di calore solare; controllo abbagliamento; elevata trasmissione di luce naturale
- **Telai ad elevato isolamento termico multicamera** (alluminio taglio termico, PVC con schiume isolanti, legno-alluminio) >> **PRESTAZIONI ENERGETICHE**

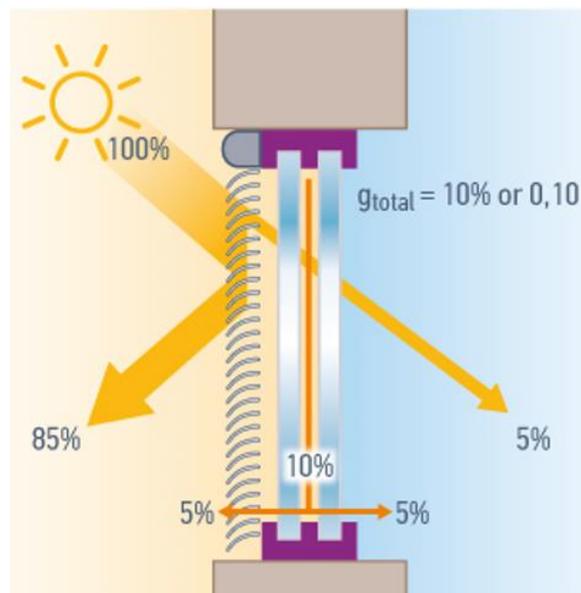
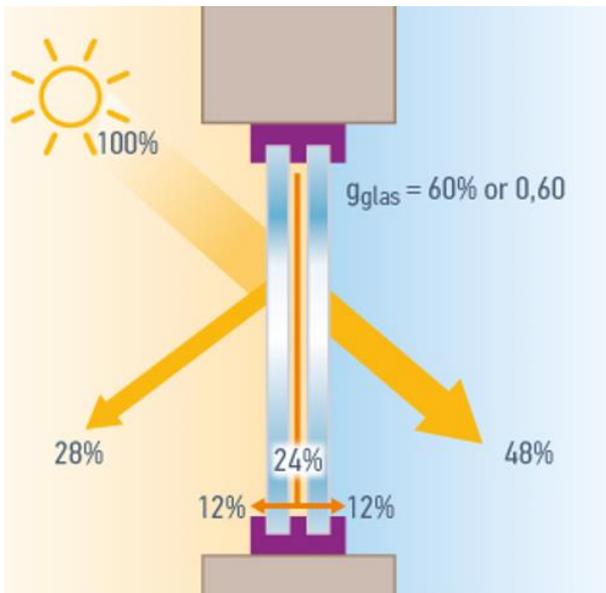


Schermature solari

Fisse-mobili/interne-esterne-integrate

L'installazione di schermature solari e tende, permettendo una modulazione variabile e controllata dei parametri energetici e ottico luminosi in risposta alle sollecitazioni solari.

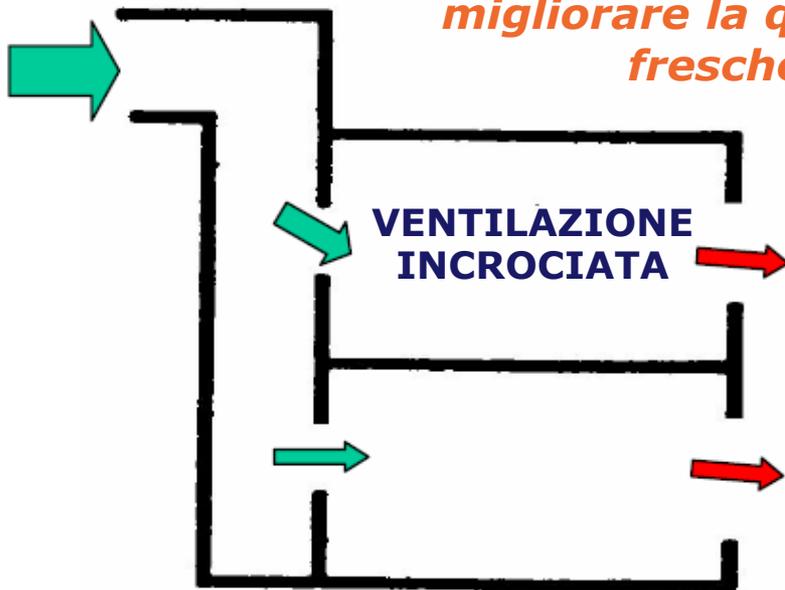
Le schermature solari, infatti, contribuiscono al risparmio energetico sul condizionamento artificiale estivo, evitando il sovraccarico termico delle superfici vetrate, ponendosi come un ostacolo alla radiazione luminosa, e favorendo al contempo il benessere visivo.



Ventilazione naturale

Ottimo strumento per garantire il raffrescamento passivo degli edifici, specialmente nei climi caldi e nelle stagioni estive. In pratica, il movimento e il rinnovamento dell'aria, che sono tanto maggiori quanto più consistenti sono le differenze di temperatura e pressione tra l'interno e l'esterno, sottraggono calore alle strutture edilizie per convezione termica. I fenomeni avvengono in modo naturale, senza l'impiego di ventilatori meccanici o il consumo di energia.

Questa strategia, oltre a garantire dei benefici refrigerativi, consente anche di migliorare la qualità, la purezza e la freschezza dell'aria.



Grazie per l'attenzione

