



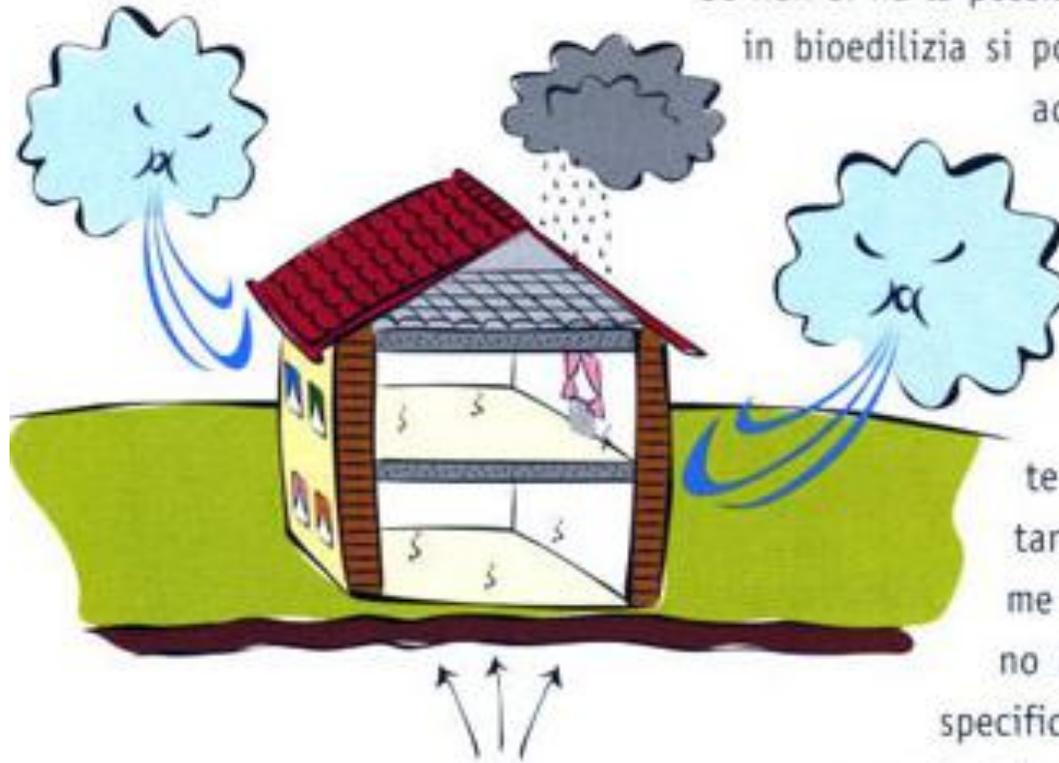
# *ENERGIA IN EDILIZIA:*



***TRASMITTANZA TERMICA  
ed isolamento termico***



## Isolamento termico



Se non si ha la possibilità di adottare una costruzione in bioedilizia si possono comunque adottare molti accorgimenti per migliorare l'efficienza degli impianti termici.

Il primo controllo da effettuare è quello dell'isolamento termico dell'abitazione, vale a dire ricorrendo a materiali ed a tecniche specifiche, che incrementano la coibenza, si rendono minime le infiltrazioni d'aria e proteggono dall'umidità. Esistono dei punti specifici delle abitazioni in cui è più necessaria tale verifica: i solai, il tetto, i pavimenti, le pareti, il seminterrato, il vespaio aerato.

Il maggiore utilizzo di tali materiali in edilizia è dovuto anche alle recenti normative sul risparmio energetico (**d.leg. 192/2005 e successiva integrazione 311/2006**). Tali norme si avvalgono del concetto di **trasmissione termica**.



### Conducibilità termica $\lambda$

$\frac{W}{mK}$



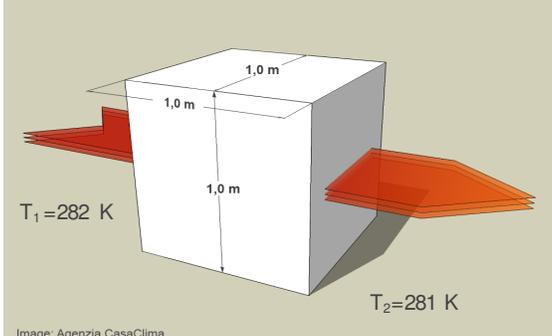


Image: Agenzia CasaClima

**indica la quantità di calore che attraversa 1m<sup>2</sup> di materiale dello spessore di 1m in presenza di una differenza di temperatura fra i due lati di 1 kelvin (= grado centigrado),**  
 misura l'attitudine di un materiale a trasmettere il calore e dipende dalla sua natura

MATERIALE	CONDUCIBILITA' MEDIA W/mk
ACCIAIO	60-73
ACCIAIO INOX	13-22
ALLUMINIO	150-200
RAME	380
CAPPOTTO SPRUZZATO	0,045-0,090
POLISTIRENE ESPANSO EPS	0,032-0,04
LEGNO DI ABETE	0,12-0,23
INTONACO	0,80-1,10
LATERIZIO PORIZZATO	0,150-0,250
CALCESTRUZZO	2,10
CALCESTRUZZO ARMATO	2,30
SOTTOFONDO ALLEGGERITO	0,050-0,090
CEMENTO CELLULARE PORTANTE	0,14-0,17



# Trasmittanza termica

La **trasmittanza U** (UNI EN ISO 6946) si definisce come il flusso di calore che attraversa una superficie unitaria sottoposta a differenza di temperatura pari ad  $1^{\circ}\text{C}$  ed è legata alle caratteristiche del materiale che costituisce la struttura e alle condizioni di scambio termico e si assume pari a:

$$\mathbf{U = 1/R_T \quad (W/m^2K)}$$
$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

Con:

- $R_{si}, R_{se}$  resistenza superficiale interna ed esterna
- $R_1, R_2, \dots, R_n$  resistenze termiche di ciascun strato

La **resistenza termica** è data dal rapporto tra spessore dello strato di materiale nel componente e la conduttività termica

$$\mathbf{R = d/ \lambda}$$

## Normativa nazionale



*Estratto del DLgs 311, Tabella 3.1*  
*Strutture opache orizzontali o inclinate (tetto)*

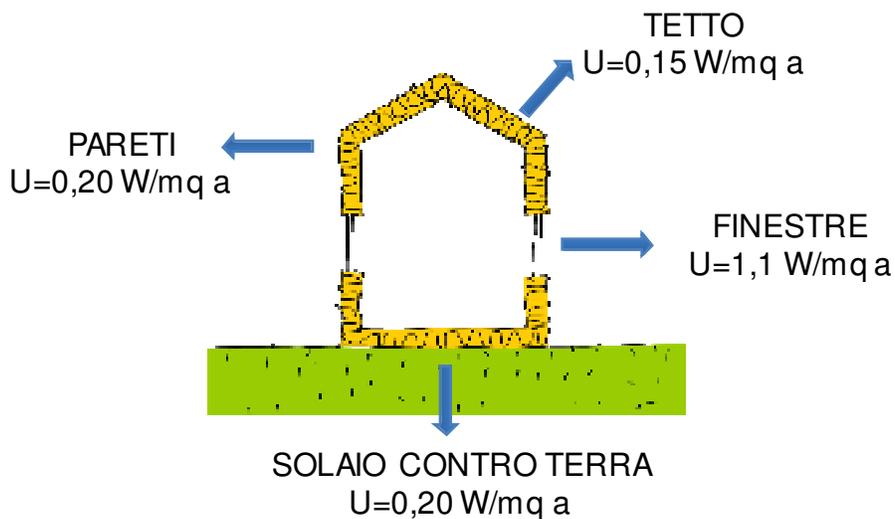
Zona climatica	Valore U
A < 600 GG	0,38 W/m <sup>2</sup> K
B 601 < GG < 900	0,38 W/m <sup>2</sup> K
C 901 < GG < 1400	0,38 W/m <sup>2</sup> K
D 1401 < GG < 2100	0,32 W/m <sup>2</sup> K
E 2101 < GG < 3000	0,30 W/m <sup>2</sup> K
F > 3001 GG	0,29 W/m <sup>2</sup> K

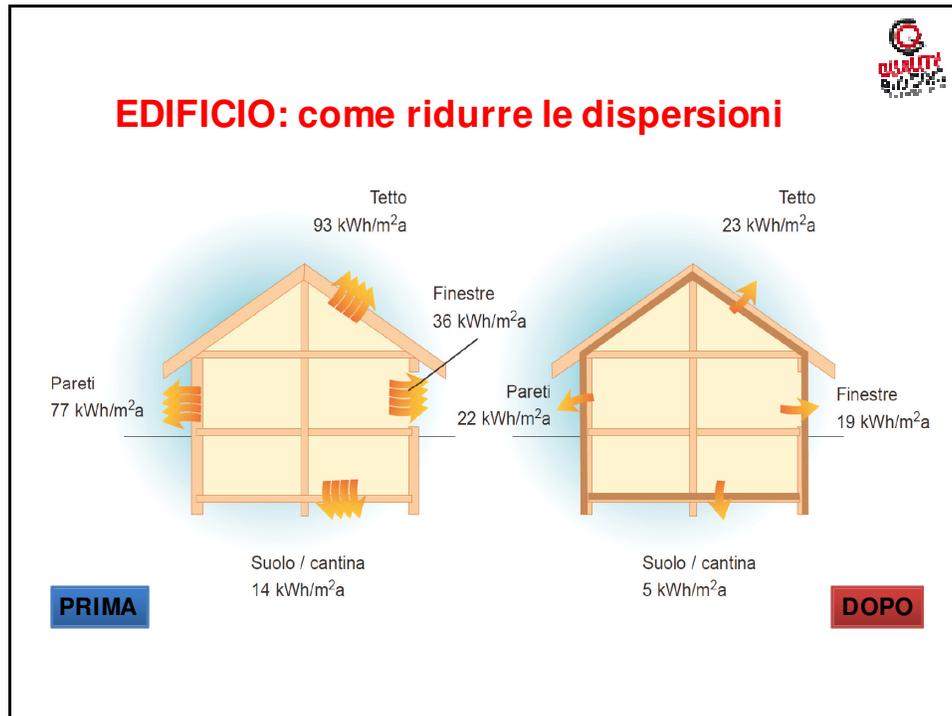
Valori limite della trasmittanza termica U.

Verona..... 2468 GG  
 Boscochiesanuov a.... 4089 GG

Bolzano..... 2791 GG  
 Roma..... 1415 GG  
 Palermo..... 751 GG

## TRASMITTANZE: obiettivo NZEB





## Normativa nazionale

*Estratto del DLgs 311, Tabella 3.1*  
*Strutture opache orizzontali o inclinate (tetto)*

Zona climatica	Valore U
A < 600 GG	0,38 W/m <sup>2</sup> K
B 601 < GG < 900	0,38 W/m <sup>2</sup> K
C 901 < GG < 1400	0,38 W/m <sup>2</sup> K
D 1401 < GG < 2100	0,32 W/m <sup>2</sup> K
E 2101 < GG < 3000	0,30 W/m <sup>2</sup> K
F > 3001 GG	0,29 W/m <sup>2</sup> K

*Valori limite della trasmittanza termica U.*

Per **gradi giorno** di una località s'intende la somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente e la temperatura media esterna giornaliera; l'unità di misura utilizzata è il **grado giorno** (GG).

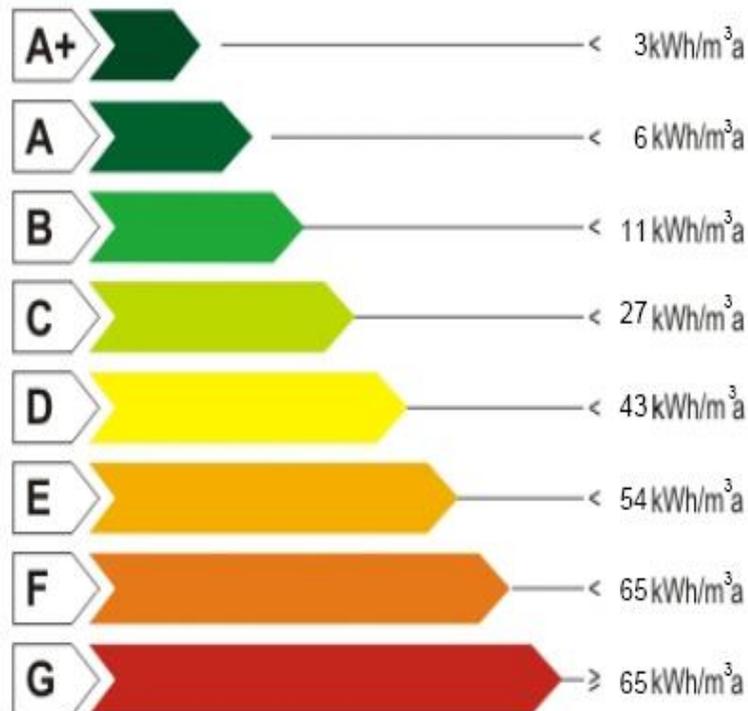


# Classi energetiche degli edifici

La **classe energetica** rappresenta il consumo di energia dell'edificio.

## Classe energetica

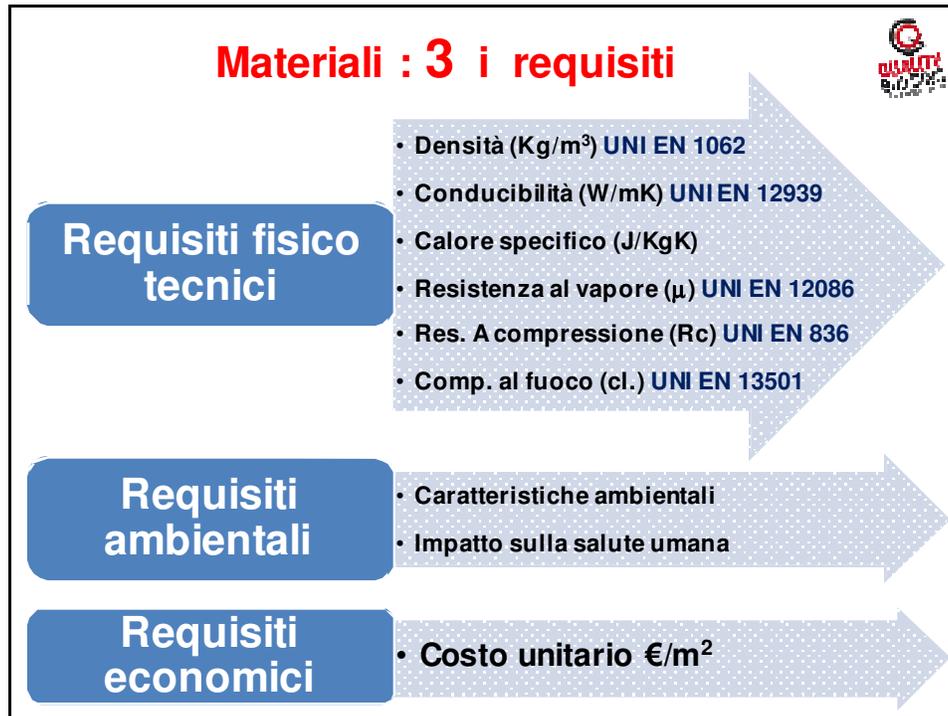
Basso consumo



Alto consumo

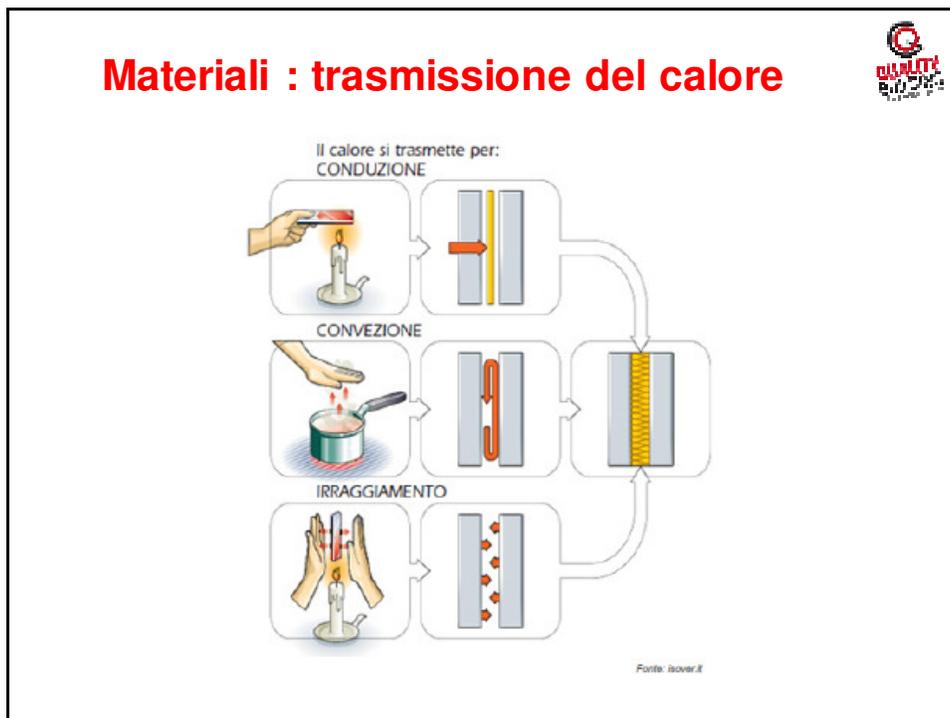
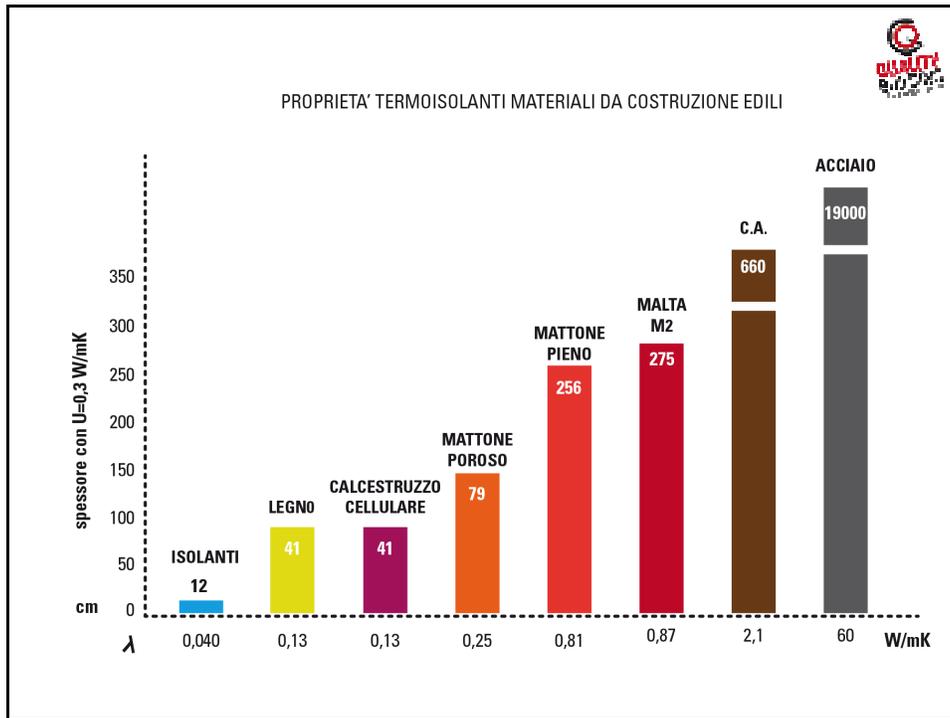
## Classi energetiche:

- la prima rappresenta il consumo di energia dovuto al riscaldamento o alla climatizzazione invernale, quindi considera il rendimento dell'impianto;
- la seconda rappresenta invece il consumo di energia legato al raffrescamento o alla climatizzazione estiva, quindi non considera il rendimento dell'impianto.



## Requisiti fisico tecnici

	Conducibilità termica	$\lambda$	[ W/mK]
	Calore specifico	$c_p$	[ J/KgK]
	Densità o massa volumica	$\rho$	[ Kg/m <sup>3</sup> ]
	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore	$\mu$	[ - ]
	Resistenza a compressione	R <sub>c</sub>	[ N/mm <sup>2</sup> ]
	Comportamento al fuoco	Classi	





# Tipologia degli isolanti termici in edilizia

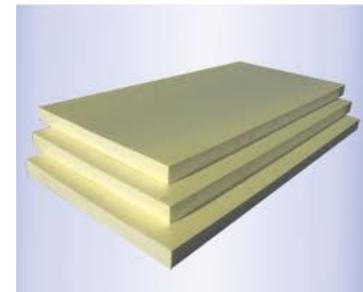
Le tipologie di materiali isolanti:

- materiali di origine **sintetica** (polistiroli, polistireni, lane minerali);
- materiali di origine **naturale** (argilla espansa, perlite espansa, vermiculite espansa, pomice).

I prodotti sintetici presentano un valore di isolamento termico migliore rispetto ai prodotti naturali e hanno un costo del 50-80% inferiore rispetto a questi.



Polistirolo



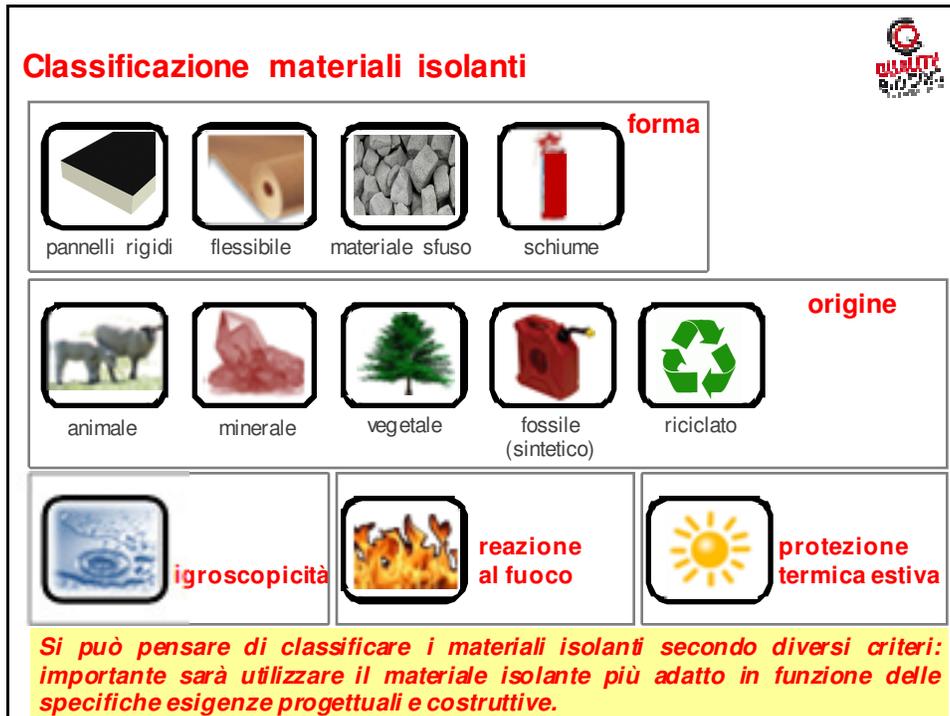
Polistirene

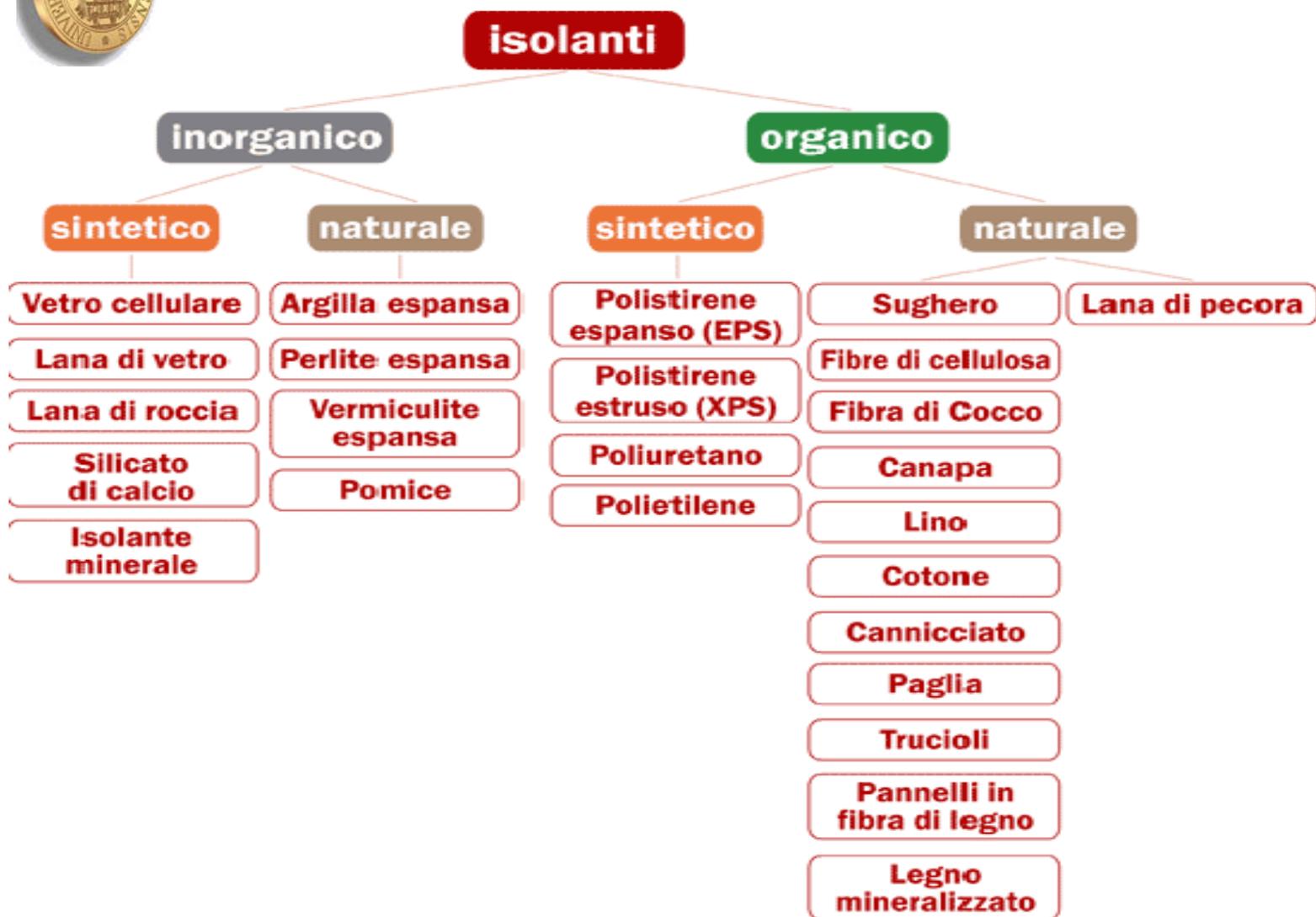


Perlite espansa



Argilla espansa





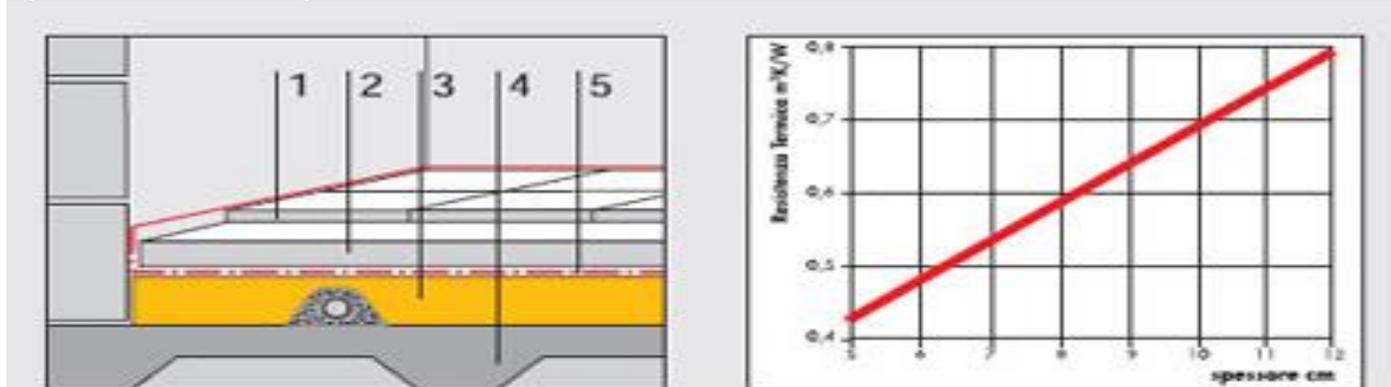


# Isolanti inorganici naturali: Argilla espansa

Si ottiene dalla cottura di sferette d'argilla in forni rotativi a 1200° C.

**Proprietà termoisolanti:** 0,09 -0,12 W/mK.

**Applicazioni:** all'interno di intercapedini, coperture, pavimenti, sottotetti non praticabili, calcestruzzi alleggeriti termo-fonoisolanti per solai interpiano o controterra, coperture piane e a falda inclinata, pannelli, solai, lastre prefabbricate, caminetti.



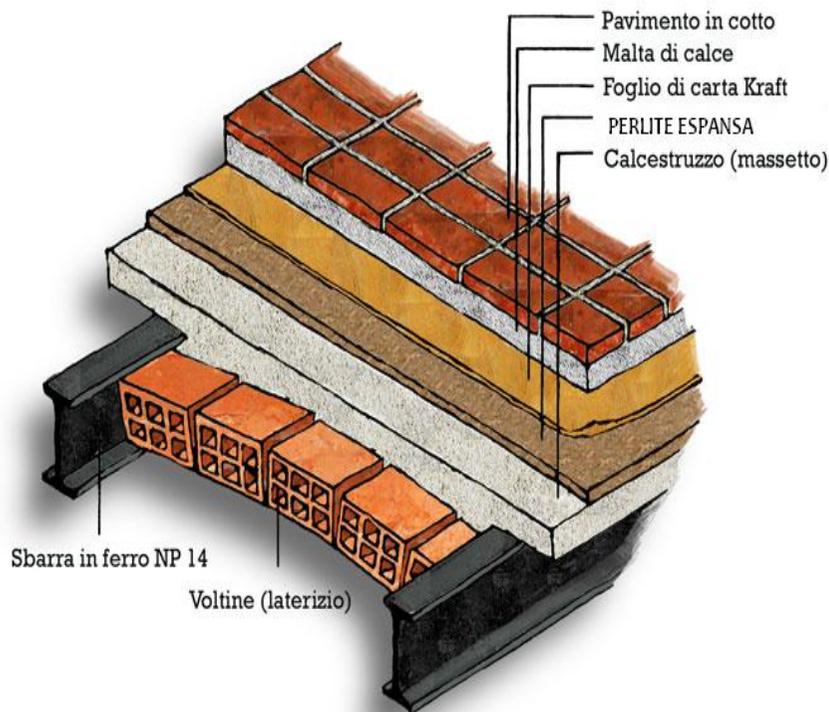
- 1- Pavim ento
- 2- Massetto in cls m agro
- 3- Isolam ento termico con ARGILLA ESPANSA
- 4- Solaio in cls
- 5- Mem brana per isolam ento acustico



# Isolanti inorganici naturali: Perlite espansa

La roccia **perlitica** vulcanica, denominata anche vetro naturale, viene frantumata ed esposta per breve tempo a temperature di circa 1000 °C.

**Proprietà termoisolanti:** 0,04 e 0,06 W/mK.



## Applicazioni:

- isolante granulare leggero per l'isolamento d'intercapedine, tra le travi portanti o di soffitti del piano più elevato;
- isolante granulare caricabile sotto pavimento di cemento e sotto pavimento a secco;



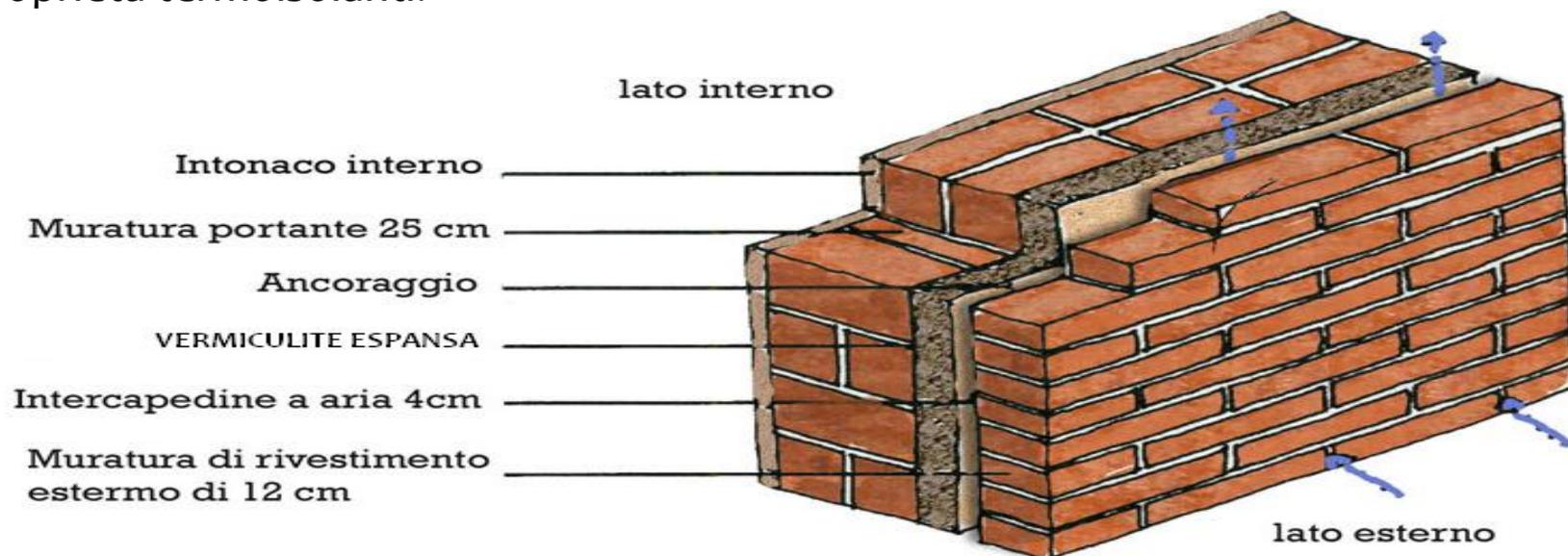
## Isolanti inorganici naturali: Vermiculite espansa

La **Vermiculite** è una roccia di origine vulcanica costituita da silicato di alluminio e magnesio idrato con tracce di ossido di ferro.

**Proprietà termoisolanti:** 0,07 W/mK.

**Applicazioni:** in intercapedini di pareti perimetrali, coperture.

**Caratteristiche:** è un materiale capace di regolare l'umidità, traspirante, con buone proprietà termoisolanti.





# Isolanti inorganici naturali: Pomice

La **Pomice** è una roccia vulcanica effusiva costituita da un silicato naturale complesso costituito da silice allo stato amorfo in cui sono disciolti ossidi di vari elementi.

## Caratteristiche:

- elevata resistenza a compressione,
- ottime proprietà idrauliche.

**Applicazioni:** Può essere impiegata sia sfusa che miscelata come inerte nei calcestruzzi alleggeriti termo-fonoisolanti in solai interpiano o controterra, sottotetti praticabili e coperture.

**Proprietà termoisolanti:** 0,16 W/mK.

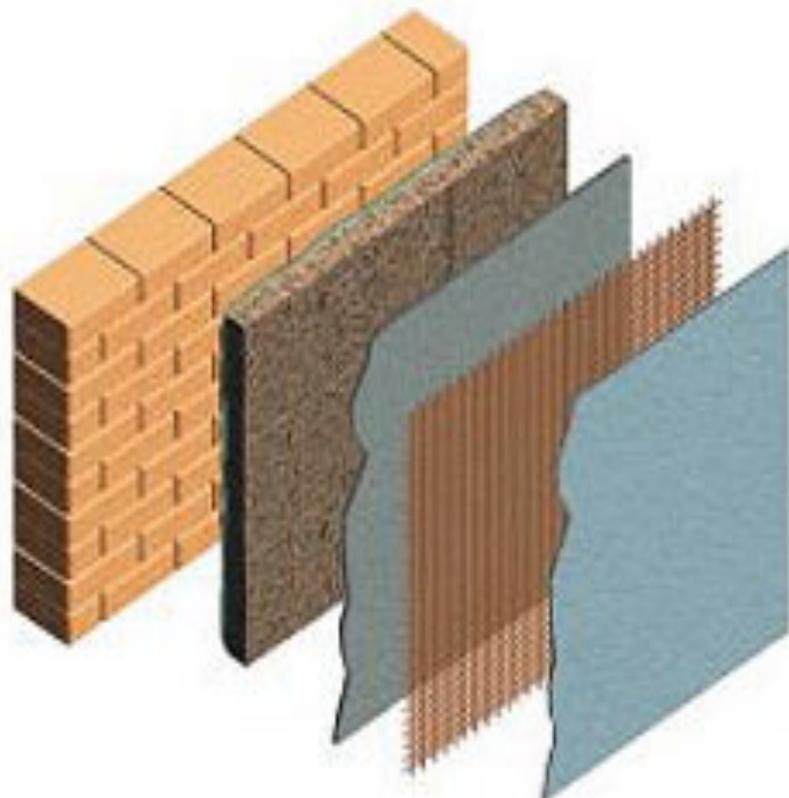


Pomice per calcestruzzo



# Isolanti organici naturali: Sughero

Il **sughero** grezzo si ricava dalla corteccia della quercia da sughero coltivata.  
**Proprietà termoisolanti:** 0,04-0,09 W/mK.



cappotto termoisolante esterno  
in sughero

## Applicazioni:

Il sughero viene proposto in varie forme:

- **Pannelli isolanti** in sughero per l'isolamento acustico da calpestio.
- **Sughero granulato sfuso** come riempimento termoisolante per esempio nelle intercapedini di murature.



# Isolanti organici naturali: Fibra di cellulosa

È costituito da carta di giornale cernita scomposta in **fibra** attraverso un processo di strappo e macinatura a più stadi e miscelata con circa il **5-20%** di **sali di boro** per ottenere una protezione contro gli attacchi di fuoco.

## Applicazioni:

il versamento di materiale sfuso tra i legni di imbottitura per pavimenti è insufflato con un ventilatore nelle cavità dei solai, delle pareti di costruzioni in legno.

**Proprietà termoisolanti:**  $0,04\text{W/mK}$ .



Isolamento termoacustico



## Isolanti organici naturali: Pannelli in fibra di legno

I pannelli isolanti in **fibra di legno** vengono realizzati con legno di abete rosso o di pino.



Pannello isolante rigido in  
fibra di legno

I pannelli in fibra di legno vengono proposti in vari spessori:

- **Pannelli isolanti per tetto idrofobizzati** utilizzati come sottotetto sostituiscono il tavolato e il sottostrato protettivo;
- **Pannelli isolanti per l'isolamento** tra le travi portanti del tetto, nelle pareti montanti e soffitti a travi di legno nonché per facciate sospese e pareti intermedie;
- **Pannelli isolanti per facciata** come elemento di un sistema termoisolante;



# Isolanti organici naturali: Fibra di cocco

La **fibra di cocco** si ricava per mezzo di essiccazione dalla buccia esterna della noce di cocco. Il processo produttivo, per l'ottenimento del prodotto finito, è completamente naturale in quanto non vengono utilizzati prodotti chimici.

**Proprietà termoisolanti:** 0,04 W/mK.

### Impieghi:

- Isolamento termico pareti di facciata
- Isolamento acustico pareti divisorie.





## I polimeri nell'isolamento termico

Tra le svariate tecniche per la realizzazione dell'isolamento termico, vi è anche quella petrolchimica. E' possibile classificare i materiali maggiormente usati in:

### **Isolanti organici sintetici:**

- **EPS** (polistirene espanso sintetizzato)
- **XPS** (polistirene estruso sintetizzato)
- **PUR** (poliuretano)
- **PE** (polietilene)

### **Isolanti inorganici sintetici:**

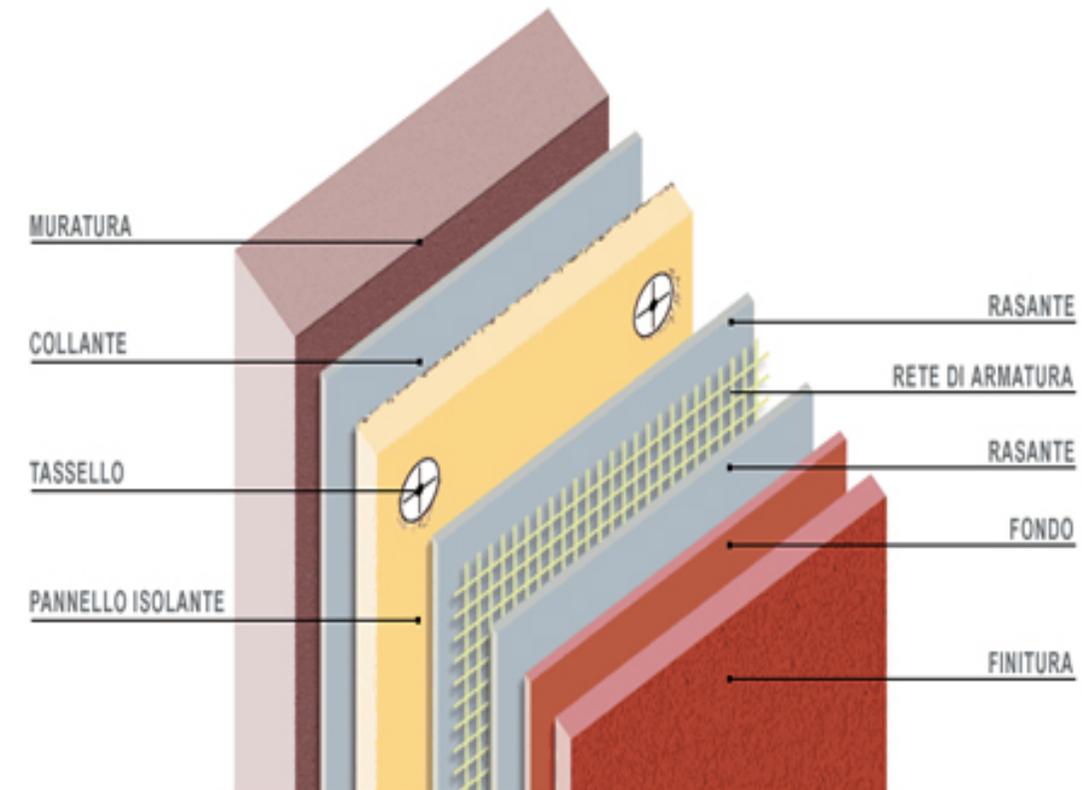
- **Vetro cellulare**
- **Lana di vetro e Lana di roccia**
- **Silicato di calcio**
- **Isolante minerale**





## Sistema a cappotto

Comporta l'eliminazione dei ponti termici migliorando il comfort abitativo. Avviene attraverso il **fissaggio** tramite collanti e tasselli di **pannelli coibenti** che poi vengono rasati con una speciale colla ed armati con una **rete in fibra di vetro alcali-resistente**, prima dell'applicazione finale del rivestimento a spessore a protezione degli strati sottostanti. I pannelli possono essere dotati di una rete porta intonaco per la finitura a malta tradizionale.





## Polistirene espanso sintetico (EPS)

I componenti base dell'**EPS**, vengono ricavati da **petrolio e metano**, e da questi si ha lo **Stirene**. Il colore grigio dei pannelli è dato dall'aggiunta di polveri di grafite.

**Proprietà termoisolanti:** 0,035 e 0,040 W/mK.  
**Resistenza a diffusione del vapore acqueo:** 20-100.

La durata di vita di tali pannelli può essere di oltre trent'anni.



La produzione di EPS è inquinante; va però evidenziato che il **bilancio energetico** di un isolamento termico realizzato in EPS risulta positivo già dopo **7 - 20 mesi**.

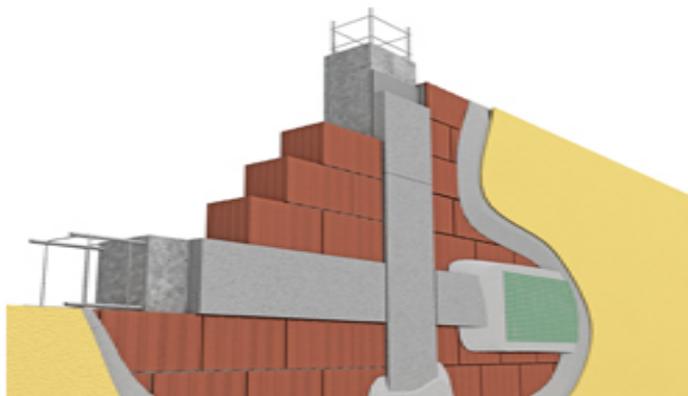
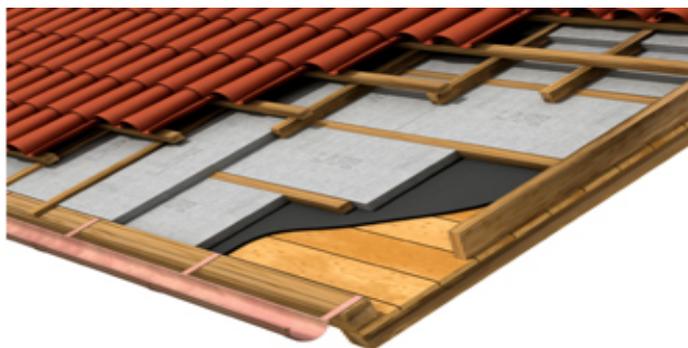


## Applicazioni del Polistirene Espanso Sintetico (EPS)

I pannelli in EPS hanno la funzione di isolanti specie per le **facciate esterne**.

Quando questi pannelli non sono impiegati in strutture composte da laterizi e mattoni forati, oltre ad essere incollati devono essere anche

tassellati alla struttura portante. L'EPS trova impiego soprattutto nell'**isolamento di tetti, pareti verticali, ponti termici di struttura in cls.**





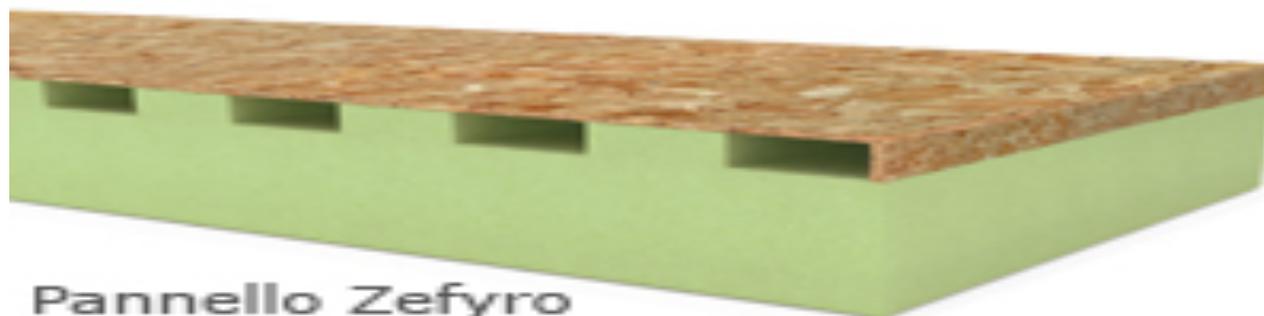
## Polistirene estruso sintetico (XPS)

Anche per l'XPS, lo stirene grezzo viene prodotto in diversi stadi dal petrolio.

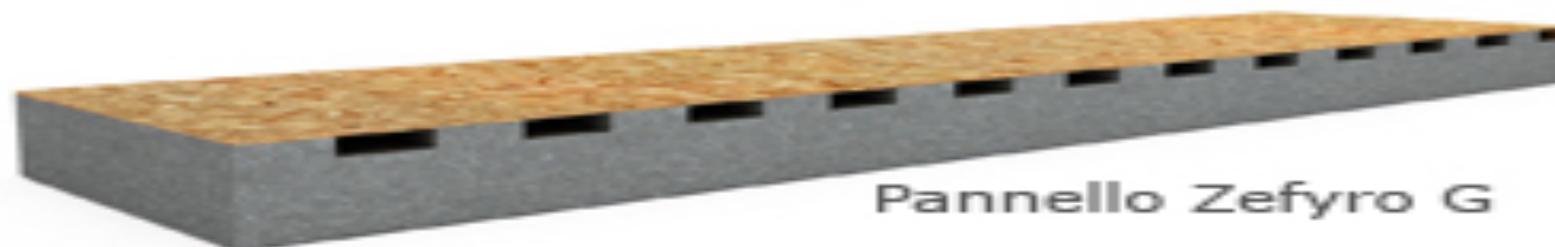
**Proprietà termoisolanti:** 0,035 -0,040 W/mK

**Resistenza alla diffusione del vapore acqueo:** 80 -200.

**Caratteristiche:** ridotto assorbimento di acqua ed elevata resistenza a compressione.



Pannello Zefyro



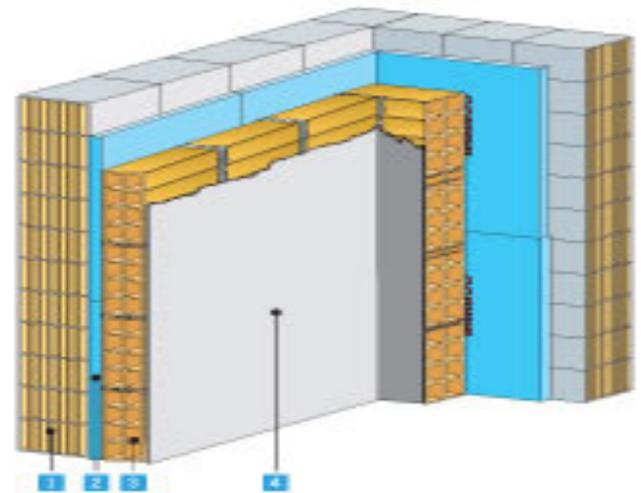
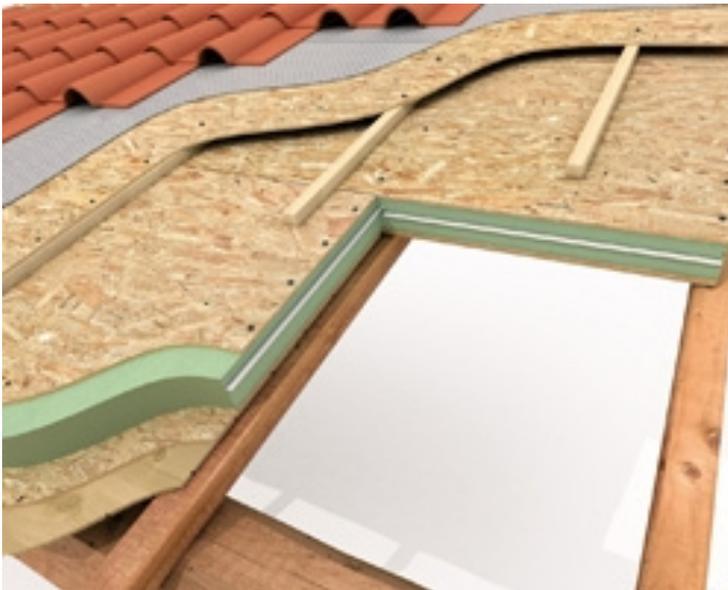
Pannello Zefyro G



# Applicazioni del Polistirene Estruso Sintetico (XPS)

I pannelli in **XPS** vengono usati per:

- l'isolamento di tetti a struttura inversa (tetti in cui una strato isolante si trova sopra quello di impermeabilizzazione), come tetti con verde pensile, terrazze e pavimenti;
- l'isolamento esterno contro terreno (isolamento perimetrale); in questo caso i pannelli vengono incollati esternamente sull'impermeabilizzazione verticale.





## Poliuretano (PUR)

Derivato dai poliisocianati e gli alcoli polivalenti, per ottenere determinate caratteristiche del prodotto vengono addizionati di volta in volta dei composti chimici differenti.

**Proprietà termoisolanti:** 0,03 W/mK.



### Applicazioni:

- Isolamento continuo sopra le travi portanti, tetti, pareti verticali
- Isolamento di caldaie, tubazioni e boiler



## Polietilene (PE)

Il **polietilene** è il più semplice dei polimeri sintetici ed il più comune fra le materie plastiche.

Il polietilene è una resina termoplastica e si presenta come un solido trasparente (**forma amorfa**) o bianco (**forma cristallina**), con ottime proprietà isolanti e una buona stabilità chimica.

Nel settore edile il polietilene è usato per la costruzione di tubi per il trasporto di acqua e gas naturale.



**Tubo fognatura PE**





## Vetro Cellulare

Il **vetro cellulare** è un materiale isolante espanso a cellula chiusa.

E' composto da:

● **66 % da vetro riciclato ;**

● **34% sabbia quarzosa**

Le materie prime vengono fuse a 1250 °C e dopo essere stata macinate vengono inserite in vasche di acciaio a nichel – cromo e fatte ossidare. Durante questa procedura si formano delle bolle di gas che fanno espandere la miscela di 8 – 9 volte, ottenendo un materiale grezzo che viene poi rifinito successivamente.



*Sistemi di copertura con coibentazione in vetro cellulare.*



## Caratteristiche e applicazioni del vetro cellulare

Il vetro cellulare è un materiale resistente al gelo e regge bene le compressioni. I pannelli sono comunque leggeri e non infiammabili. Le **proprietà termoisolanti** variano fra **0,04 e 0,05 W/mK**.

I pannelli di vetro cellulare sono particolarmente adatti per l'isolamento perimetrale lungo le pareti esterne a contatto con la terra sotto i plinti di fondazione, sulle terrazze o sui tetti piani e in generale su tutte le parti dell'edificio sensibili all'umidità.

Il fissaggio viene operato con collanti speciali direttamente nella sabbia o nel calcestruzzo fresco. Il prodotto potrebbe riportare danni in seguito a sollecitazioni meccaniche durante il montaggio. Un altro campo di applicazione sono i rivestimenti isolanti di tubazioni e di serbatoi.



## Lana di Vetro e Lana di Roccia

I materiali isolanti composti da **lane di vetro** e di **roccia** sono prodotti simili e vengono definiti anche con il termine collettivo di materiali isolanti a base di fibre minerali. La composizione della lana di vetro è:

- 65 % **sabbia quarzosa/ vetro vecchio**
- 14 % **soda**
- 7 % **dolomite**
- 4 % **feldspato**
- 4 % **calcare**



La lana di roccia è composta per il 97 % da diabase, basalto e dolomite.



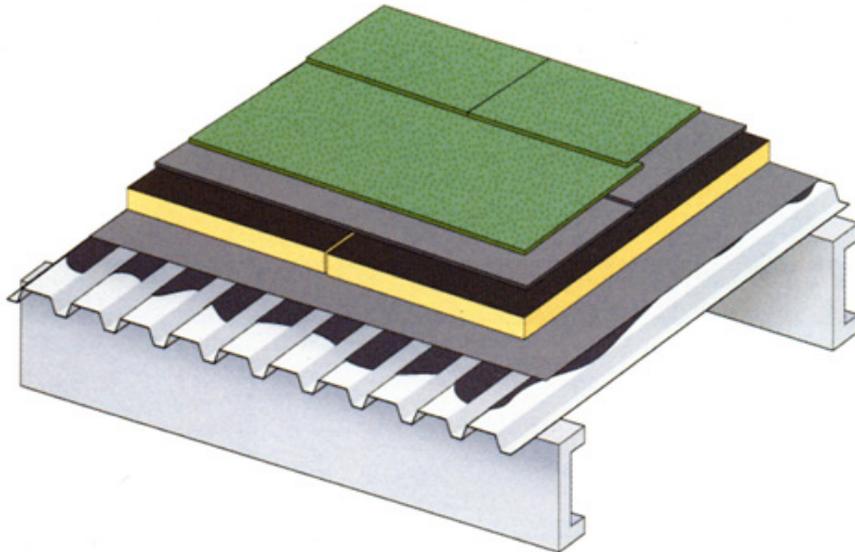


## Caratteristiche e applicazioni della lana di vetro e della lana di roccia

**Proprietà termoisolanti:** 0,035 e 0,04 W/mK.

**Caratteristiche:** buona resistenza all'invecchiamento, permeabilità al vapore e resistenza ai parassiti. L'utilizzo della lana di vetro e della lana di roccia prevale nei:

- **Pannelli fonoisolanti, anticalpestio**
- **Pannelli isolanti per facciata termoisolante**
- **Feltro autobloccante tra gli elementi strutturali in legno.**

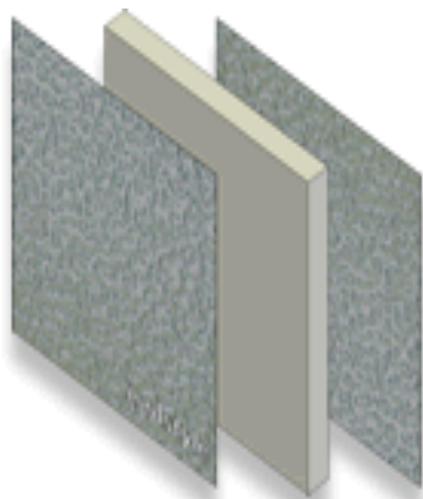


Sistema costituito da lana di vetro, lana di roccia, fibre di canapa e lana di legno di abete mineralizzata.



## Silicato di calcio

I pannelli a base di **silicato di calcio** vengono prodotti con sabbia quarzosa e calce, e poi armati con cellulosa per renderli stabili.



*Pannello con anima di silicato di calcio*



*Pannello coibente in silicato di calcio per pareti interne*

**Proprietà termoisolanti:** 0,05-0,07 W/mK.

**Applicazioni:** i pannelli a base di silicato di calcio garantiscono un clima confortevole grazie alla regolazione attiva dell'umidità dell'aria.

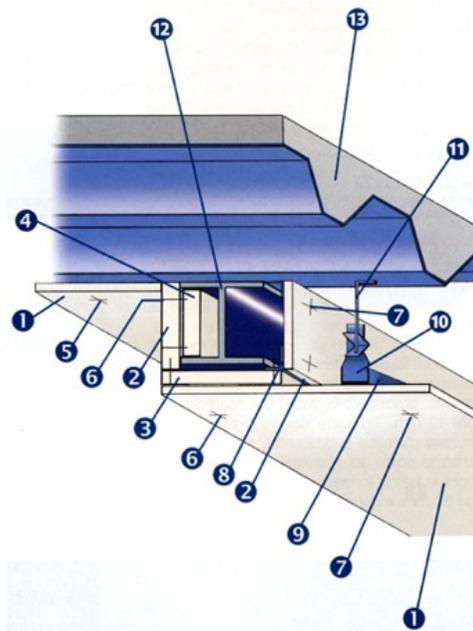
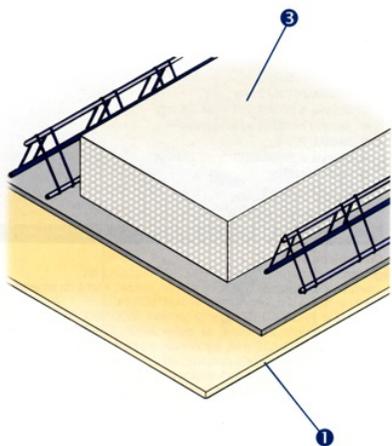
Grazie ad un valore di pH pari a 10 fungono da barriera contro le muffe



## Applicazioni del silicato di calcio

I campi di applicazione più frequenti sono:

- il risanamento di muri umidi a causa della condensa
- eliminazione delle muffe
- risanamento dall'interno



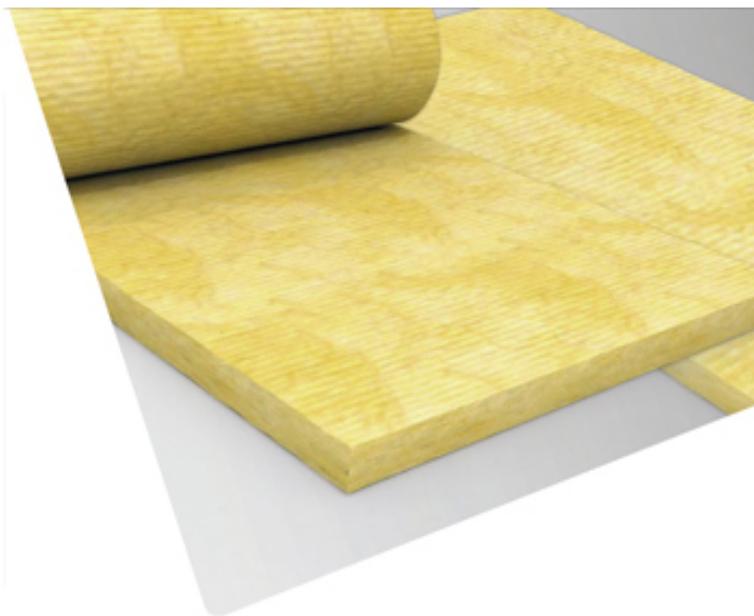
*Lastre in silicato di calcio di 10 mm*

**Applicazioni:** nelle facciate soggette a tutela, in quelle molto strutturate che non consentono l'isolamento esterno o per l'isolamento termico di singole unità abitative in condomini in più piani.



## Isolanti minerali

I pannelli **isolanti minerali** sono ecocompatibili, in linea con le tendenze attuali verso una edilizia ecosostenibile. I pannelli sono realizzati con risparmi di energia e di risorse e possono essere un'alternativa minerale ai materiali isolanti sintetici e alle fibre minerali.

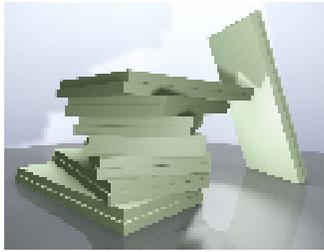


**Caratteristiche:** traspirabilità, resistenza al fuoco, facile lavorabilità.

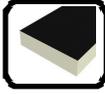
**Applicazioni:** per la correzione dei punti termici, dei solai freddi nonché per l'utilizzo come sistema a cappotto

**comp[ ]tto**  
isolanti termoacustici in lana di vetro





### XPS (polistirene estruso)

 $\lambda$ [W/mK]	 $c_p$ [J/KgK]	 $\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	 $\mu$ [ - ]	 $R_c$ [N/mm <sup>2</sup> ] [Kg/cm <sup>2</sup> ]	 reazione al fuoco	 igroscop.	 protezione termica estiva
0,03 0,04	1300 1700	25 65	70 200	0,15 – 0.7 1,5- 7	E	-	☺☺



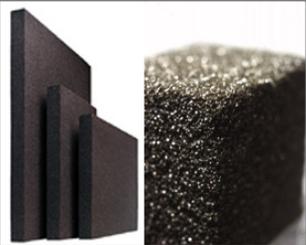


### Perlite espansa

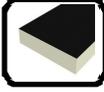



 $\lambda$ [W/mK]	 $c_p$ [J/KgK]	 $\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	 $\mu$ [ - ]	 $R_c$ [N/mm <sup>2</sup> ] [Kg/cm <sup>2</sup> ]	 reazione al fuoco	 igroscop.	 protezione termica estiva
0,045 0,07	840 1200	30 490	1 8	0,15 - 0,30 1,5 – 3,0	A1	•	☺☺





### Vetro cellulare

 $\lambda$ [W/mK]	 $c_p$ [J/KgK]	 $\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	 $\mu$ [ - ]	 $R_c$ [N/mm <sup>2</sup> ] [Kg/cm <sup>2</sup> ]	 reazione al fuoco	 igroscop.	 protezione termica estiva
0,04 0,065	800 1000	100 200	$\infty$	0,2 - 1,7 2- 17	A1	-	☺☺





### Vetro granulare espanso




 $\lambda$ [W/mK]	 $c_p$ [J/KgK]	 $\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	 $\mu$ [ - ]	 $R_c$ [N/mm <sup>2</sup> ] [Kg/cm <sup>2</sup> ]	 reazione al fuoco	 igroscop.	 protezione termica estiva
0,065 0,093	800 1000	140 530	1 8	0,12 - 0,5 1,2 - 5	A1	-	☺☺