

# **MATERIALI ISOLANTI**



# **CARATTERISTICHE E PROPRIETÀ DEI MATERIALI ISOLANTI**

## **PERFORMANCE ENERGETICHE**

**Il risparmio energetico e la ritenzione di calore**

**La resistenza alla diffusione di vapore acqueo**

**L'isolamento acustico**

## **PERFORMANCE TECNOLOGICHE/SICUREZZA**

**La resistenza meccanica**

**La stabilità nel tempo**

**La reazione al fuoco e la sicurezza in caso di incendio**

**L'emissione di sostanze inquinanti o nocive per l'uomo**

**L'igroscopicità**

## **PERFORMANCE DI SOSTENIBILITÀ**

**Il ciclo di vita (LCA) del prodotto**

**La natura del materiale**

## Risparmio energetico e ritenzione al calore

### conducibilità termica - Trasmittanza – resistenza

I concetti di trasmittanza, resistenza e conducibilità termica sono strettamente legati tra loro.

**La conducibilità o conduttività termica** (normalmente indicata con la lettera greca  $\lambda$ ) è il

**flusso di calore  $Q$  (misurato in J/s ovvero W) che attraversa una superficie unitaria  $A$  di spessore unitario  $d$  sottoposta ad un gradiente termico  $\Delta T$  di un grado Kelvin (o Celsius).**

$$\lambda = \frac{Q \cdot d}{A \cdot \Delta T} \quad [\text{W/m}^\circ\text{K}]$$

## Risparmio energetico e ritenzione al calore

### conducibilità termica - Trasmittanza – resistenza

La definizione deriva dalla **legge di Fourier** che determina il **flusso di calore** che si instaura **attraverso una superficie unitaria di spessore unitario sottoposta ad un gradiente termico**, ovvero:

$$Q = \frac{\lambda \cdot A \cdot \Delta T}{d} \text{ [J/s]}$$

## Risparmio energetico e ritenzione al calore

### conducibilità termica - Trasmittanza – resistenza

**La conducibilità termica dipende dalle caratteristiche fisico-chimiche del materiale preso in esame.**

Materiale	Conducibilità termica [W/m°K]
Aria (a condizioni ambiente)	0.026
Polistirolo espanso	0.03
Acqua distillata	0.6
Vetro	1
Ferro	73
Rame	386
Argento	407
Diamante	1000

## Risparmio energetico e ritenzione al calore

conducibilità termica - Trasmittanza – resistenza

**conduttori (termici)** > materiali con elevata conducibilità termica

**isolanti (termici)** > materiali a bassa conducibilità termica

**La conducibilità termica ha un ruolo fondamentale nella progettazione di case a basso consumo energetico:** materiali a bassa conducibilità termica garantiscono un elevato isolamento termico dell'edificio, permettendo un basso consumo di energia per mantenere la temperatura interna.

## Risparmio energetico e ritenzione al calore

### conducibilità termica - **Trasmittanza** – resistenza

La **trasmittanza termica U** (vedi norma UNI EN ISO 6946) **si definisce come il flusso di calore che attraversa una superficie unitaria sottoposta a differenza di temperatura pari ad un grado Kelvin (o Celsius)** ed è legata alle caratteristiche del materiale che costituisce la struttura e alle condizioni di scambio termico liminare.

Essa si assume pari **all'inverso della sommatoria delle resistenze termiche** degli strati che compongono la superficie considerata, ovvero:

$$U = \frac{1}{\sum R_i} \text{ [W/°K]}$$

La **resistenza termica R** è definita come il rapporto tra lo spessore  $d$  dello strato considerato e la sua conducibilità termica  $\lambda$ :

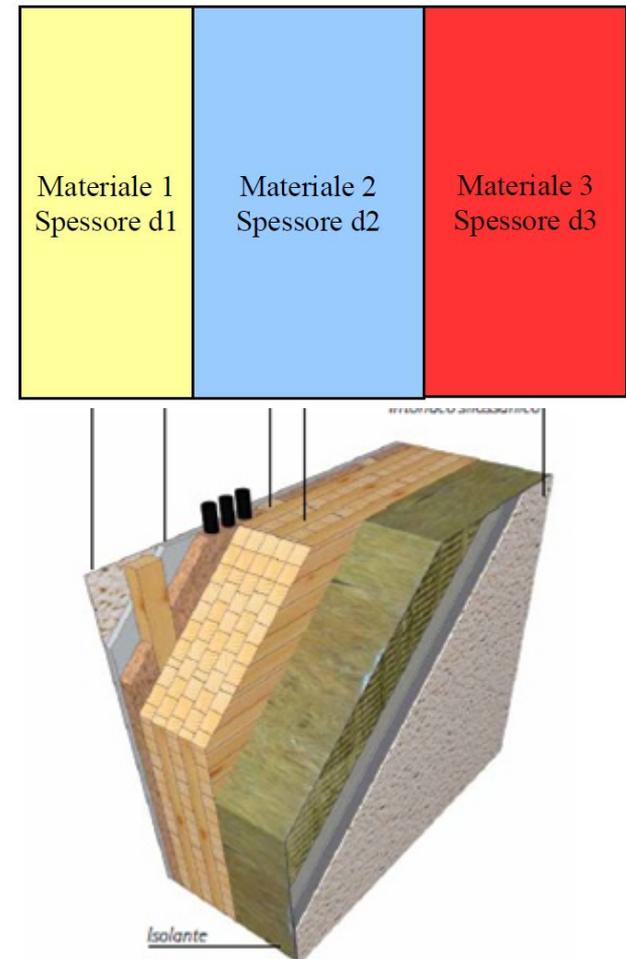
$$R = \frac{d}{\lambda} \text{ [°K/W]}$$

## Risparmio energetico e ritenzione al calore

conducibilità termica - **Trasmittanza** – resistenza

La resistenza termica di una parete composta da più strati sarà la somma delle resistenze termiche di ciascun strato.

$$R = R1 + R2 + R3 = \frac{d1}{\lambda 1} + \frac{d2}{\lambda 2} + \frac{d3}{\lambda 3} \text{ [}^\circ\text{K/W]}$$



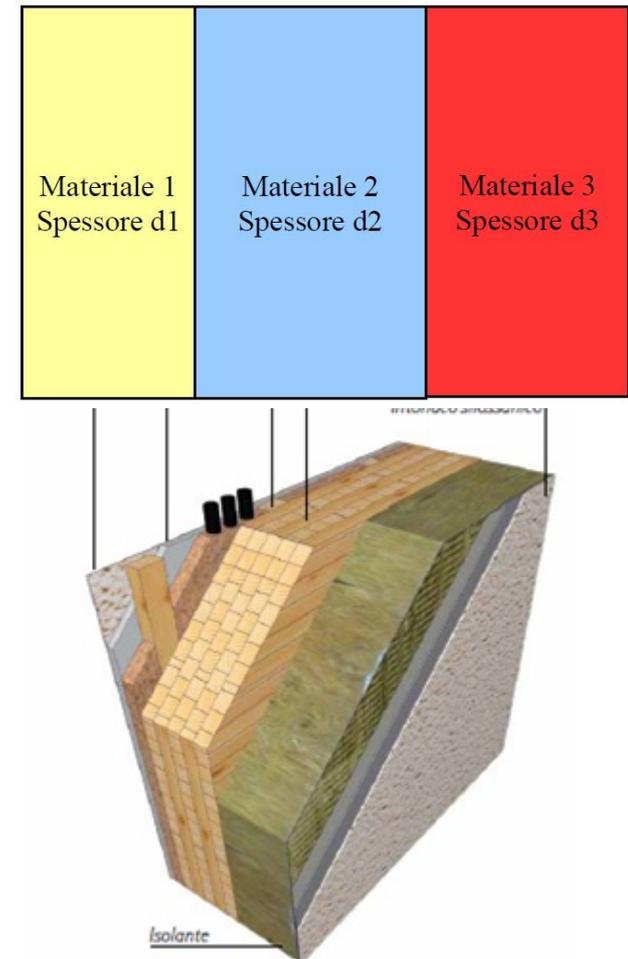
## Risparmio energetico e ritenzione al calore

conducibilità termica - **Trasmittanza** – resistenza

La trasmittanza termica della parete è l'inverso della sua resistenza:

$$U = \frac{1}{\sum R_i} \text{ [W/°K]}$$

$$U = \frac{1}{R_{se} + \frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \frac{s_3}{\lambda_3} + \dots + \frac{s_n}{\lambda_n} + R_{si}}$$



## Risparmio energetico e ritenzione al calore

### INERZIA TERMICA

L'inerzia termica di una parete è misurabile attraverso due grandezze che descrivono l'onda termica:

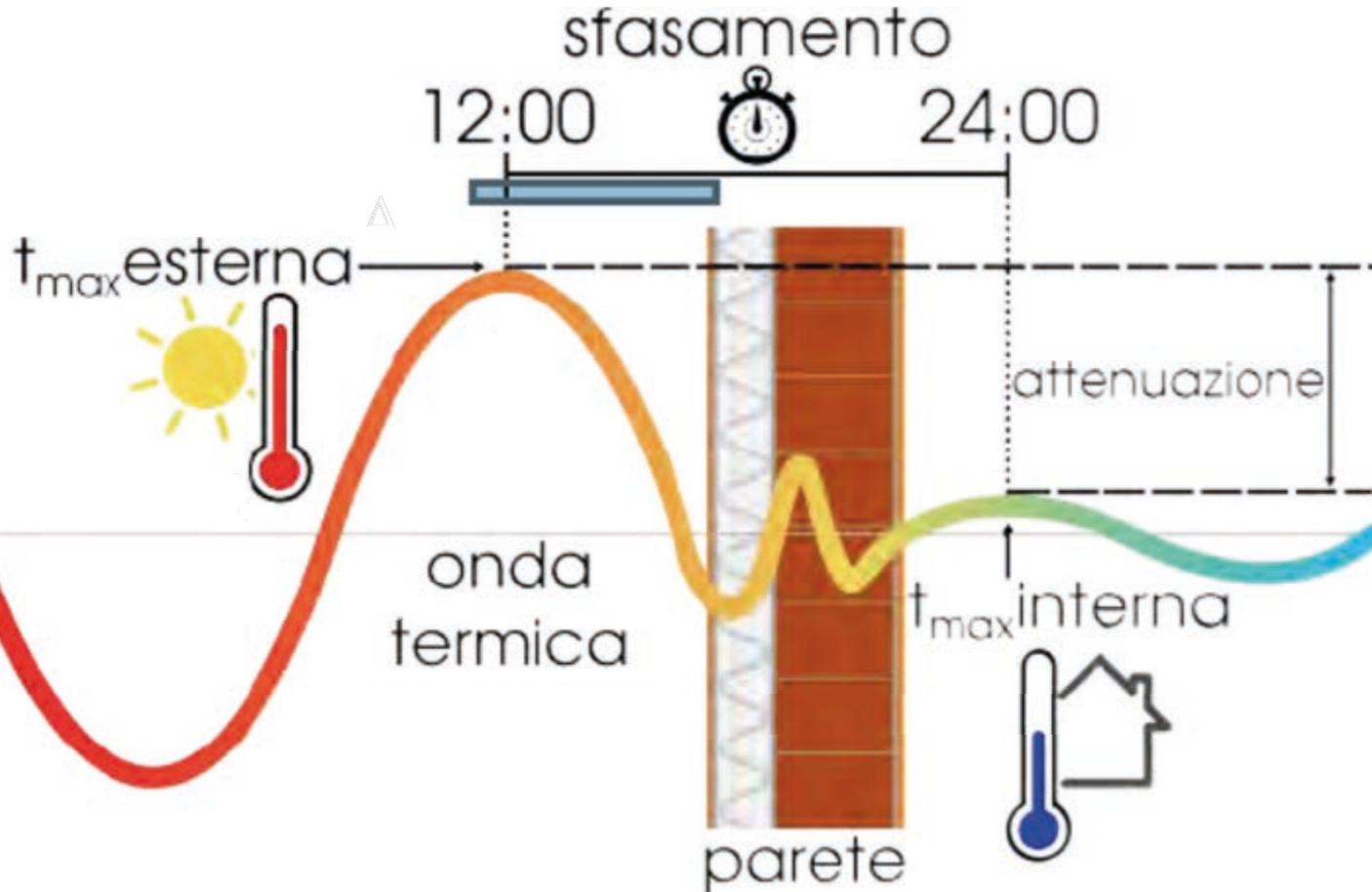
- Lo **SFASAMENTO** (**S** o  $\Delta t$ ), che rappresenta il ritardo temporale dell'onda termica nel passaggio attraverso la struttura in esame e legato alla capacità termica della stessa **[ore]**
- L'**ATTENUAZIONE** o **fattore di decremento** o, **più comunemente, smorzamento** ( $f_a$ ), che qualifica la riduzione di ampiezza dell'onda termica nel passaggio attraverso la struttura in esame e legato alla conducibilità della stessa **[numero adimensionale inferiore a 1 dato dal rapporto tra il massimo flusso della parete in esame e il massimo flusso di una parete a massa termica nulla]**; minore è il valore del fattore di attenuazione e maggiore è la riduzione del flusso termico entrante.

Risparmio energetico e ritenzione al calore

INERZIA TERMICA

L'inerzia descriv

- Lo S term cap
- L'AT smoi term conc rapp una atter

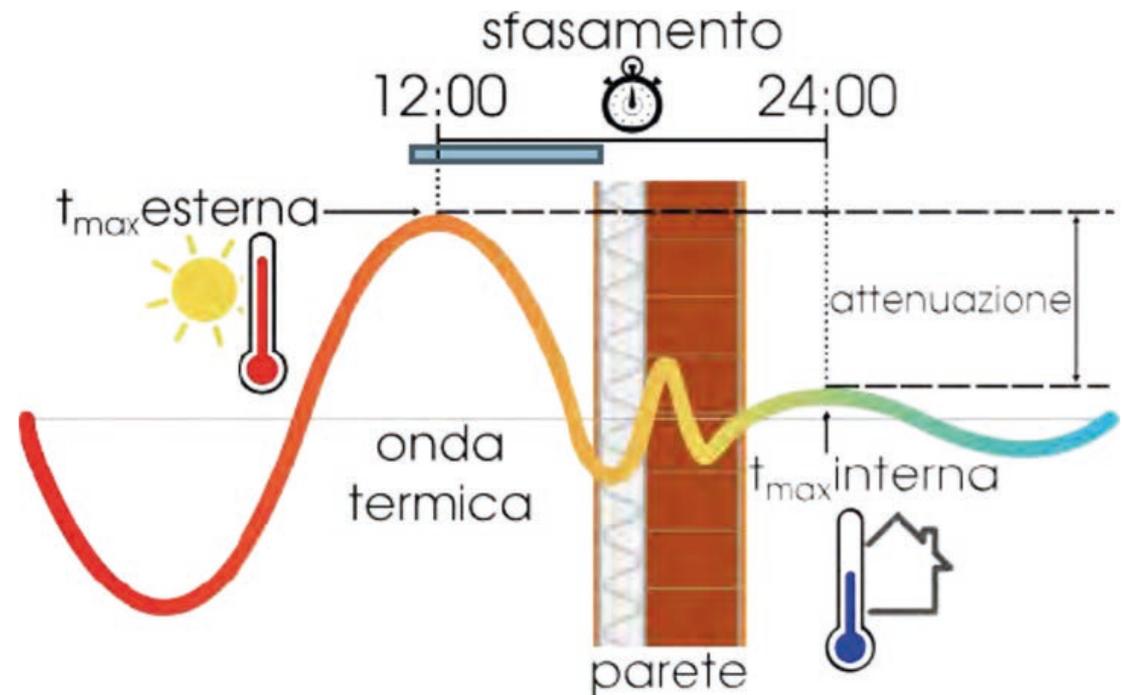


ze che  
 ll'onda  
 to alla  
**mente,**  
 ll'onda  
 to alla  
**ato dal**  
**lusso di**  
 tore di

## Risparmio energetico e ritenzione al calore

## INERZIA TERMICA

I materiali di origine organica naturale presentano generalmente più inerzia termica e quindi un migliore comportamento rispetto alla protezione estiva.



## Risparmio energetico e ritenzione al calore

Simulazioni di pacchetti di copertura Classe A con trasmittanza < 0,18 W/m <sup>2</sup> K:				
Materiale	Trasmittanza	Sfasamento	Attenuazione	Delta T
Legno 20 + 190 mm. lana di roccia 40 Kg	0,174	3 ore 17'	0,898	44,75°
Legno 20 + 210 mm. polistirene 30 Kg	0,176	3 ore 18'	0,897	44,77°
Legno 20 + 310 mm. fibra di cellulosa 32 Kg	0,177	4 ore 23'	0,825	41,05°
Legno 20 + 190 mm. lana di roccia 100 Kg	0,174	5 ore 58'	0,694	34,59°
Legno 20 + 200 mm. <b>fibra di legno 50 Kg</b>	0,176	6 ore 8'	0,679	33,83°
Legno 20 + 360 mm. perlite 100 Kg	0,174	7 ore 53'	0,525	26,19°
Legno 20 + 240 mm. sughero 130 Kg	0,177	12 ore 19'	0,234	11,68°
Legno 20 + 210 mm. <b>fibra di legno 160 Kg</b>	0,176	12 ore 56'	0,207	10,32°
Legno 20 + 250 mm. <b>fibra di legno 240 Kg</b>	0,174	17 ore 56'	0,073	3,62°
Legno 20 + 480 mm. lana di legno 350 Kg	0,177	30 ore 37'	0,004	0,20°
Legno 20 + 640 mm. legno 450 Kg	0,177	46 ore 35'	0,000	0,00°

Pacchetto di copertura Legnolego	Trasmittanza	Sfasamento	Attenuazione	Delta T
Legno 120 + 100 mm. lana di legno 450 Kg + 80 mm. fibra di legno 240 Kg + 70 mm fibra di legno 160 Kg	0,173	23 ore 55'	0,022	1,11°

## Risparmio energetico e ritenzione al calore

### Confronto tra materiali per isolamento spessore 10cm

Spessore isolante	Lambda ( $\lambda$ )	Densità (Kg/m <sup>3</sup> )	Permeabilità al vapore (Kg/msPa)	Calore specifico (KJ/KgK)	Trasmittanza U (W/m <sup>2</sup> K)	Sfasamento temporale ( $\varphi_{\infty}$ )	Fattore di attenuazione ( $f_a$ )	Trasmittanza termica periodica ( $Y_{t,e}$ )
Fibra legno mineralizzata	0,090	450	8	0,84	0,779	3h02'	0,8122	0,6327
Fibra di legno	0,046	160/210	37,4	1,70	0,426	3h54'	0,7771	0,3310
Fibra minerale	0,045	100	187,52	0,84	0,418	1h03'	0,9461	0,3955
Polistirene	0,035	30	0,94	1,25	0,330	0h33'	0,9624	0,3176
Polistirolo	0,040	25	4,17	1,25	0,374	0h27'	0,9630	0,3602
Silicato di calcio	0,045	115	62,3	1,30	0,418	1h53'	0,9145	0,3823
Sughero espanso	0,043	90/100	12,46	1,80	0,400	2h07'	0,9046	0,3618
<b>Sughero SoKoVerd.LV</b>	<b>0,042</b>	<b>150</b>	<b>17,5</b>	<b>2,10</b>	<b>0,392</b>	<b>4h10'</b>	<b>0,7575</b>	<b>0,2969</b>

*Dai dati presentati sotto forma tabellare, si evince come la conducibilità termica delle tre diverse tipologie di materiali, non è direttamente correlata allo sfasamento temporale. Difatti al fine del calcolo dello sfasamento temporale, influiscono anche altre caratteristiche tecniche dei materiali, quali la densità e il calore specifico. Grazie all'ottima combinazione di questi elementi, il pannello in sughero biondo naturale SoKoVerd.LV, a parità di spessore, garantisce una prestazione di isolamento termico nettamente superiore rispetto ai pannelli in polistirene e fibra minerale.*

## Resistenza a diffusione di vapore acqueo

La proprietà si esprime attraverso il **coefficiente  $\mu$ , fattore di resistenza al passaggio di vapore acqueo** che indica quanto è alta la resistenza di un materiale rispetto al passaggio di vapore per diffusione, paragonato a uno strato di aria ferma del medesimo spessore.

**La resistenza al vapore non deve essere valutata solo rispetto al singolo materiale isolante, ma deve essere considerata in relazione alla chiusura in cui esso è alloggiato.**

Per una costruzione secondo la “regola d'arte”, un elemento costruttivo dovrebbe essere realizzato attraverso strati sempre più permeabili alla diffusione di vapore procedendo dal lato interno verso l'esterno.

ORIGINE	materiale isolante	Conduttività termica $\lambda$ in W/mK	Capacità termica specifica $c$ in kJ/kgK	Resistenza alla diffusione del vapore acqueo $\mu$	Spessore materiale isolante di confronto (1) in cm	Disponibilità materie prime	Fabbisogno di energia durante la produzione	Inquinamento ambientale durante la produzione	Misure precauzionali durante il montaggio	Riciclabilità	Possibili applicazioni	Possibilità di formazione di ponte termico in caso di umidità	Tossicità del materiale in opera	Tossicità del materiale durante la dissimulazione
VEGETALI	FIBRA DI LEGNO	0,038 - 0,040	2,10	3,0 - 10	9,5 - 10	rinnovabile, abbondante	elevato	basso	limitare la formazione di polvere durante il taglio	rimontabile	FE, TT, II, PS, CE, S, I, PE, AC, PI	basso	basso	basso
	SUGHERO	0,038 - 0,050	1,90	5,0 - 10	9,5 - 12,5	rinnovabile, limitata	elevato	basso	nessuna	raramente possibile	FE, TT, II, PS, CE, S, I, PE, AC, PI	basso	basso	basso
	FIBRA DI CELLULOSA	0,038 - 0,042	1,90	1,0 - 2	9,5 - 10,5	prodotto da riciclaggio	basso	basso	mascherina parapolvere (per i fiocchi)	raramente possibile	TT, II, CE, PE, PI, AC	basso	basso	basso
	FIBRA DI KENAF, CANAPA, LINO	0,038 - 0,042	1,7	1,0 - 2	9,5 - 10,5	rinnovabile, abbondante	basso	basso	nessuna	rimontabile	TT, II, CE, PE, AC	basso	basso	basso
	FIBRA DI MAIS	0,04	1,80	1,0 - 3	10	rinnovabile, abbondante	basso	basso	nessuna	rimontabile	TT, II, CE, PE, AC	basso	basso	basso

Analogamente alla conduttività termica, tanto più piccolo è questo valore, tanto più il materiale è traspirante, cioè si comporta idealmente come l'aria (alla quale corrisponde il valore  $\mu = 1$ ).

MINERALI	ESPANSA					abbondante			parapolvere		FE, TT, II, PS, CE, SI, PE, TB, AC, PI			
	LANA DI VETRO, LANA DI ROCCIA	0,04	0,80	1,0 - 5,0	10	non rinnovabile, abbondante	molto elevato	molto elevato	guanti + mascherina parapolvere	rimontabile	FE, TT, II, PS, CE, SI, PE, TB, AC, PI	medio	basso	medio
	VETRO CELLULARE	0,040 - 0,050	0,80	stagno al vapore	10 - 12,5	non rinnovabile, abbondante	molto elevato	medio	aerare bene se utilizzati collanti	no	FE, TT, II, PS, CE, SI, PE, TB, AC, PI	medio	medio	medio
SINTETICI	FIBRA DI POLIESTERE	0,035 - 0,045	0,24	3,0 - 5,0	8,7 - 11,2	prodotto da riciclaggio	basso	basso	nessuna		TT, II, CE, PE, TB, AC	medio	medio	alto
	POLISTIROLO ESPANSO (EPS) bianco o con grafite	0,031 - 0,038	1,40	20 - 80	7,7 - 9,5	non rinnovabile, limitata	elevato	molto elevato	aerazione in caso di taglio a filo caldo	raramente possibile	FE, TT, II, PE, CE, SI, PE, TB, AC, PI	medio	medio	alto
	POLISTIROLO ESTRUSO (XPS)	0,035 - 0,038	1,40	100 - 300	8,7 - 9,5	non rinnovabile, limitata	elevato	molto elevato	aerazione in caso di taglio a filo caldo	raramente possibile	FE, TT, II, SE, PS, CE, SI, PE, PI	alto	alto	alto
	POLIURETANO (PUR)	0,025 - 0,032	1,20	30 - 100	6,2 - 8	non rinnovabile, limitata	elevato	molto elevato	limitare la formazione di polvere durante il taglio	raramente possibile	FE, TT, PS, CE, SI, PE, TB, AC, PI	alto	alto	alto

(1) Spessore materiale isolante in cm che a livello di calcolo presenta le stesse proprietà isolanti di 10 cm di materiale isolante con conduttività termica  $\lambda=0,040$  W/mK

(2) FE facciata esterna, TT tetto, II isolamento interno, SE parete scantinato esterna, PS pavimento scantinato, CE isolamento d'intercapedine parete esterna, SI, parete scantinato interna, PE soffitto piano più elevato, TB isolamento tubazioni, AC isolamento acustico anticalpestio, PI soffitto piano inferiore

(3) Prezzi di listino indicativi

(4) Cellulosa in fiocchi posata in opera

ORIGINE	materiale isolante	Conduttività termica $\lambda$ in W/mK	Capacità termica specifica $c$ in kJ/kgK	Resistenza alla diffusione del vapore acqueo $\mu$	Spessore materiale isolante di confronto (1) in cm	Disponibilità materie prime	Fabbisogno di energia durante la produzione	Inquinamento ambientale durante la produzione	Misure precauzionali durante il montaggio	Riciclabilità	Possibili applicazioni	Possibilità di formazione di ponte termico in caso di umidità	Tossicità del materiale in opera	Tossicità del materiale durante la dismissione
VEGETALI	FIBRA DI LEGNO	0,038 - 0,040	2,10	3,0 - 10	9,5 - 10	rinnovabile, abbondante	elevato	basso	limitare la formazione di polvere durante il taglio	rimontabile	FE, TT, II, PS, CE, S, I, PE, AC, PI	basso	basso	basso
	SUGHERO	0,038 - 0,050	1,90	5,0 - 10	9,5 - 12,5	rinnovabile, limitata	elevato	basso	nessuna	raramente possibile	FE, TT, II, PS, CE, S, I, PE, AC, PI	basso	basso	basso
	FIBRA DI CELLULOSA	0,038 - 0,042	1,90	1,0 - 2	9,5 - 10,5	prodotto da riciclaggio	basso	basso	mascherina parapolvere (per i fiocchi)	raramente possibile	TT, II, CE, PE, PI, AC	basso	basso	basso
	FIBRA DI KENAF, CANAPA, LINO	0,038 - 0,042	1,7	1,0 - 2	9,5 - 10,5	rinnovabile, abbondante	basso	basso	nessuna	rimontabile	TT, II, CE, PE, AC	basso	basso	basso
	FIBRA DI MAIS	0,04	1,80	1,0 - 3	10	rinnovabile, abbondante	basso	basso	nessuna	rimontabile	TT, II, CE, PE, AC	basso	basso	basso
	FIBRA DI COCCO	0,044 - 0,049	1,45	1,0 - 2	11 - 12,2	rinnovabile, abbondante	basso	basso	nessuna	rimontabile	TT, II, CE, PE, AC, PI	basso	basso	basso
ANIMALI	LANA DI PECORA	0,040 - 0,043	1,70	1,0 - 2	10 - 10,7	rinnovabile, abbondante	basso	basso	nessuna	rimontabile	TT, II, CE, PE, TB, AC	basso	basso	basso
MINERALI	VERMICULITE, PERLITE ESPANSA	0,047 - 0,070	0,90	5,0 - 8	11,7 - 17,5	non rinnovabile, abbondante	basso	medio	mascherina parapolvere	rimontabile	PS, CE, PE, PI, AF, DD, ID, KB	medio	medio	medio
	LANA DI VETRO, LANA DI ROCCIA	0,04	0,80	1,0 - 5,0	10	non rinnovabile, abbondante	molto elevato	molto elevato	guanti + mascherina parapolvere	rimontabile	FE, TT, II, PS, CE, SI, PE, TB, AC, PI	medio	basso	medio
	VETRO CELLULARE	0,040 - 0,050	0,80	stagno al vapore	10 - 12,5	non rinnovabile, abbondante	molto elevato	medio	aerare bene se utilizzati collanti	no	FE, TT, II, PS, CE, SI, PE, TB, AC, PI	medio	medio	medio
SINTETICI	FIBRA DI POLIESTERE	0,035 - 0,045	0,24	3,0 - 5,0	8,7 - 11,2	prodotto da riciclaggio	basso	basso	nessuna		TT, II, CE, PE, TB, AC	medio	medio	alto
	POLISTIROLO ESPANSO (EPS) bianco o con grafite	0,031 - 0,038	1,40	20 - 80	7,7 - 9,5	non rinnovabile, limitata	elevato	molto elevato	aerazione in caso di taglio a filo caldo	raramente possibile	FE, TT, II, PE, CE, SI, PE, TB, AC, PI	medio	medio	alto
	POLISTIROLO ESTRUSO (XPS)	0,035 - 0,038	1,40	100 - 300	8,7 - 9,5	non rinnovabile, limitata	elevato	molto elevato	aerazione in caso di taglio a filo caldo	raramente possibile	FE, TT, II, SE, PS, CE, SI, PE, PI	alto	alto	alto
	POLIURETANO (PUR)	0,025 - 0,032	1,20	30 - 100	6,2 - 8	non rinnovabile, limitata	elevato	molto elevato	limitare la formazione di polvere durante il taglio	raramente possibile	FE, TT, PS, CE, SI, PE, TB, AC, PI	alto	alto	alto

(1) Spessore materiale isolante in cm che a livello di calcolo presenta le stesse proprietà isolanti di 10 cm di materiale isolante con conduttività termica  $\lambda=0,040$  W/mK

(2) FE facciata esterna. TT tetto, II isolamento interno, SE parete scantinato esterna, PS pavimento scantinato, CE isolamento d'intercapedine parete esterna, SI, parete scantinato interna, PE soffitto piano più elevato, TB isolamento tubazioni, AC isolamento acustico anticalpestio, PI soffitto piano inferiore

(3) Prezzi di listino indicativi

(4) Cellulosa in fiocchi posata in opera

## Isolamento acustico

Oltre alle proprietà termiche, i materiali isolanti devono essere in grado di garantire proprietà di protezione acustica dai rumori provenienti dall'esterno e dall'interno, sia attraverso le strutture, che per via aerea.

Le prestazioni che essi devono offrire sono di **fonoassorbimento** e di **fonoisolamento**.

I materiali fibrosi ed elastici (fibra di legno, fibre minerali, cellulosa, lana di pecora) garantiscono ottime prestazioni fonoassorbenti (rispetto ai rumori esterni).

Materiali rigidi (poliuretano, polistirene, vetro cellulare) possono invece peggiorare la qualità acustica.

Come per la permeabilità al vapore, la prestazione deve essere valutata in relazione alla stratificazione dell'intera chiusura e non per il singolo materiale.

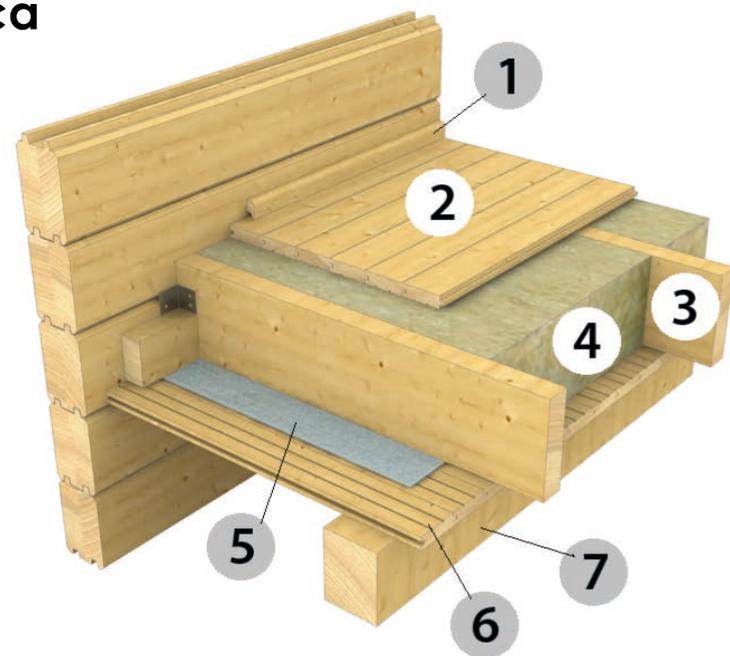
## Resistenza meccanica

Gli isolanti sono generalmente dei materiali leggeri e, pertanto, presentano scarse resistenze meccaniche, proprietà legata invece alla massa o alla densità.

**Più la massa è elevata e più il materiale è resistente, ma non rispetto a tutte le sollecitazioni.**

Tale requisito è particolarmente importante se il materiale è soggetto a **calpestio**, se esso non presenta adeguate proprietà di resistenza meccanica, può essere soggetto a fessurazioni e rotture dovute alla compressione

## Resistenza meccanica



## Stabilità

La stabilità è la capacità di un materiale di **mantenere inalterate le proprie caratteristiche fisico-chimiche e dimensionali nel tempo.**

La stabilità dimensionale è la capacità di non variare le dimensioni a seguito delle sollecitazioni termiche e igrometriche provocate dalle escursioni stagionali.

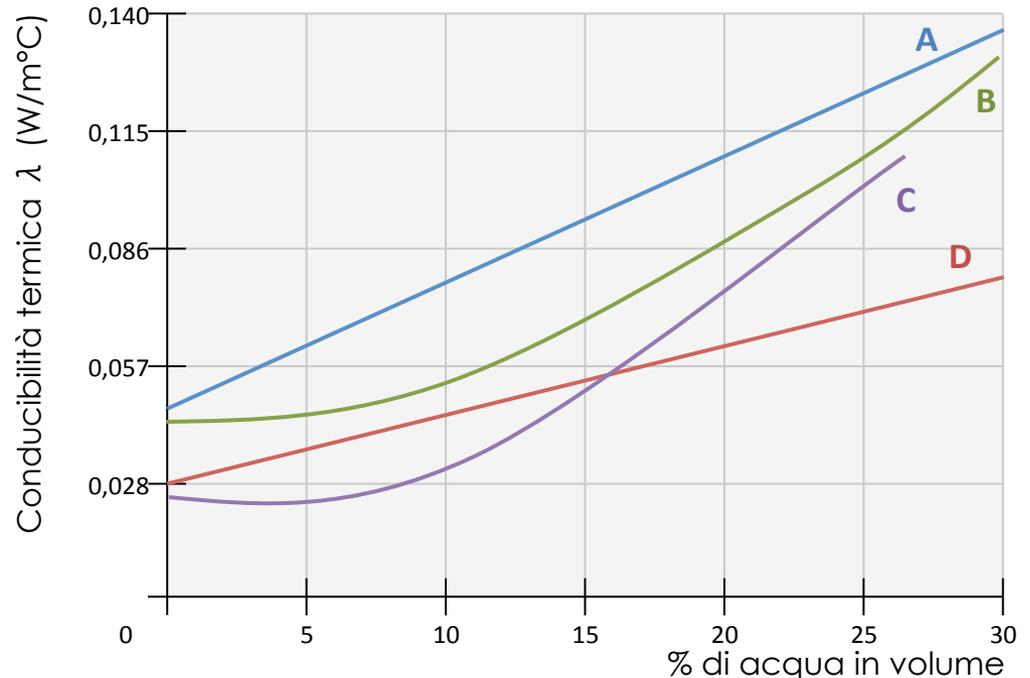
Questo requisito è particolarmente importante per gli isolanti impiegati nelle tecnologie a cappotto, poiché il materiale è posato direttamente sul lato esterno della chiusura ed è protetto solo da un sottile strato di intonaco.

# Igroscopicità

**È la capacità di un materiale di assorbire e trattenere acqua all'interno della propria struttura.**

La presenza di acqua nei materiali **inficia le proprietà isolanti** e danneggia la struttura stessa del materiale, che subisce un progressivo deterioramento. L'acqua può provenire dal sottosuolo o, comunque, dal livello inferiore del fabbricato (**umidità di risalita**) oppure dall'interno, **provocando condense superficiali**.

- A – Fibra di vetro con cartonfeltro su una faccia 2,3 cm, 235 kg/m<sup>3</sup>
- B – Polistirene espanso granulare 3,5 cm, 21 kg/m<sup>3</sup>
- C – Poliuretano 2,4 cm, 28,5 kg/m<sup>3</sup>
- D – Polistirene espanso estruso 2,5 cm, 33 kg/m<sup>3</sup>



## Reazione al fuoco e sicurezza in caso di incendio

Le direttive comunitarie suddividono i materiali da costruzione in **7 categorie di reazione al fuoco**, in relazione al grado di partecipazione del materiale all'incendio e alla capacità di contribuire alla propagazione.

Ulteriori parametri di valutazione sono il **livello di produzione di fumo (s)** e il **livello di rilascio di particelle ardenti (d)**.

Se si sceglie di adottare un materiale particolarmente infiammabile, è bene proteggerlo attraverso rivestimenti in materiali poco infiammabili (es. pannelli a base di gesso).

Una particolare cautela deve essere adottata per i materiali isolanti a contatto con le installazioni elettriche.

---

### Euroclassi di reazione al fuoco

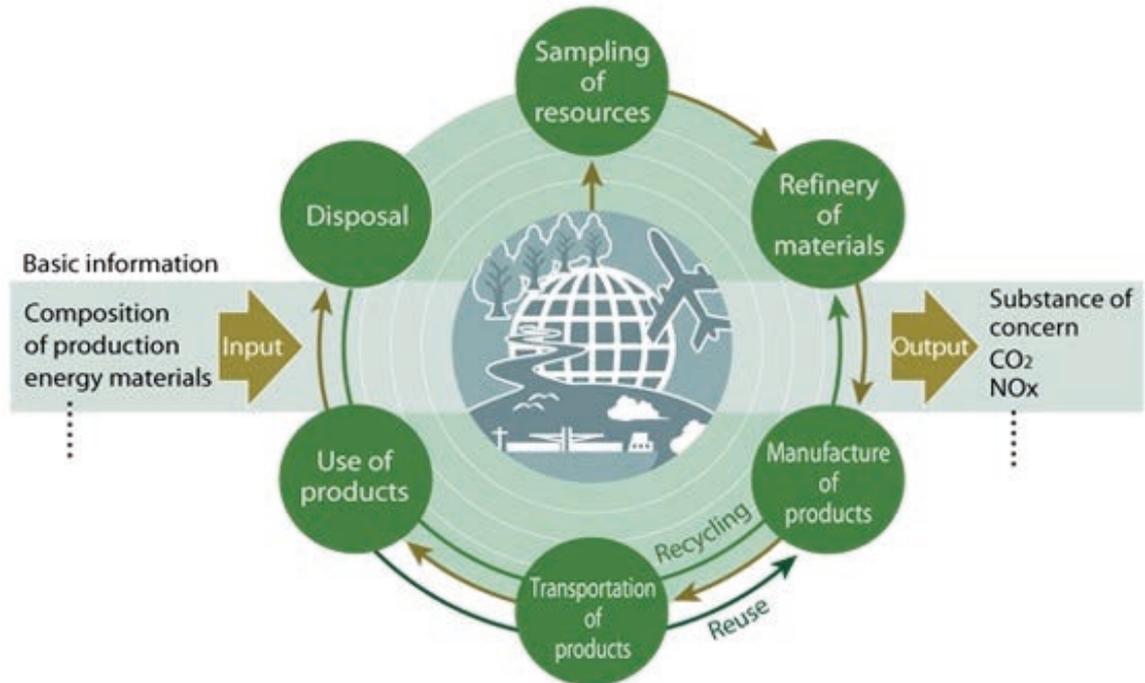
A1 – A2	Nessun contributo all'incendio (materiali non combustibili o molto poco combustibili)
B	Prodotti combustibili con contributo molto limitato allo sviluppo di incendi
C	Prodotti combustibili con contributo limitato allo sviluppo di incendi
D	Prodotti combustibili con contributo abbastanza significativo
E	Prodotti combustibili con contributo più significativo
F	Prodotti non classificati

---

## LCA – Ciclo di vita del prodotto

Durante la scelta del materiale isolante è opportuno valutare inoltre l'impatto sull'ambiente e sull'uomo attraverso l'**analisi del ciclo di vita del prodotto**. Infatti, l'estrazione della materia prima, la produzione del materiale, il trasporto, il montaggio, l'utilizzo e la dismissione comportano notevoli consumi energetici e l'immissione di sostanze, anche nocive, in atmosfera. In tal senso, sono da privilegiare i **materiali riciclabili** e, quindi, reinserti nel ciclo sotto forma di **materie prime seconde**.

I materiali di sintesi, derivando dalla lavorazione del petrolio e del cloro, sono particolarmente problematici (elevate emissioni di gas serra in fase di produzione e di gas nocivi, difficoltà di riciclaggio). **I materiali di origine naturale per avere un bilancio positivo devono essere prodotti vicino ai luoghi di installazione per limitare le emissioni in fase di trasporto.**



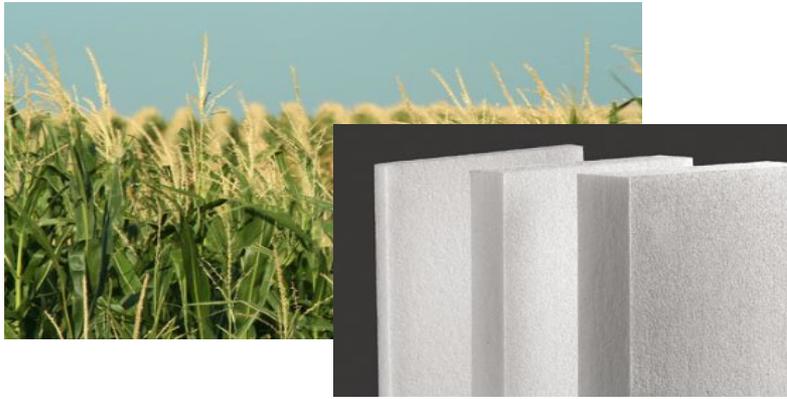
## **L'emissione di sostanze inquinanti o nocive per l'uomo**

I materiali utilizzati in edilizia e, quindi, anche gli isolanti devono essere scelti in modo da non compromettere l'igiene e la salute degli occupanti e dei vicini e, in particolare, in modo da non provocare:

- sviluppo di gas tossici
- Presenza nell'aria di particelle o gas pericolosi (VOC e altri inquinanti)
- Emissione di radiazioni pericolose
- Inquinamento o tossicità dell'acqua e del sottosuolo
- Difetti nell'eliminazione dei fumi, delle acque di scarico e dei rifiuti solidi o liquidi
- Formazione di umidità o condense sulle superfici o all'interno della stratificazione

## Materiali derivanti da fonti rinnovabili

I materiali provenienti da fonti rinnovabili generalmente richiedono minore sfruttamento di suolo, di risorse naturali, di capitali e tempo di produzione e hanno un minor impatto ambientale. **L'uso di materiali provenienti da fonti rinnovabili riduce l'uso delle materie prime la cui estrazione e lavorazione ha notevole impatto sull'ambiente.**

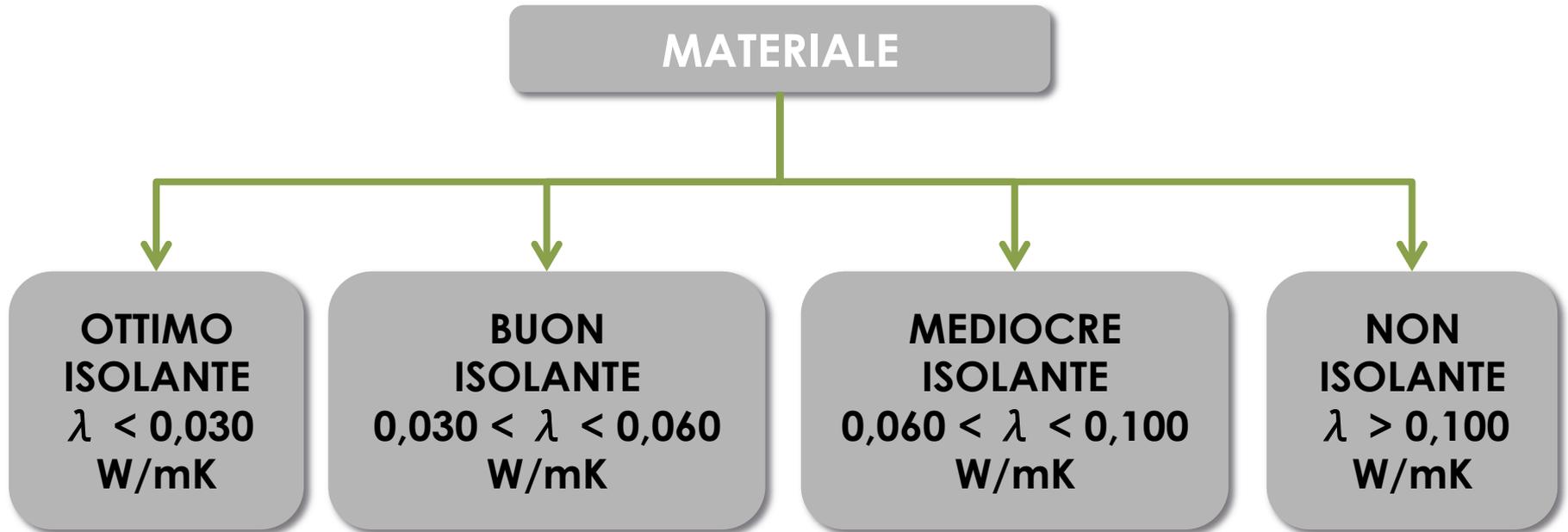


## Materiali estratti, lavorati e prodotti a distanza limitata (materiali regionali)

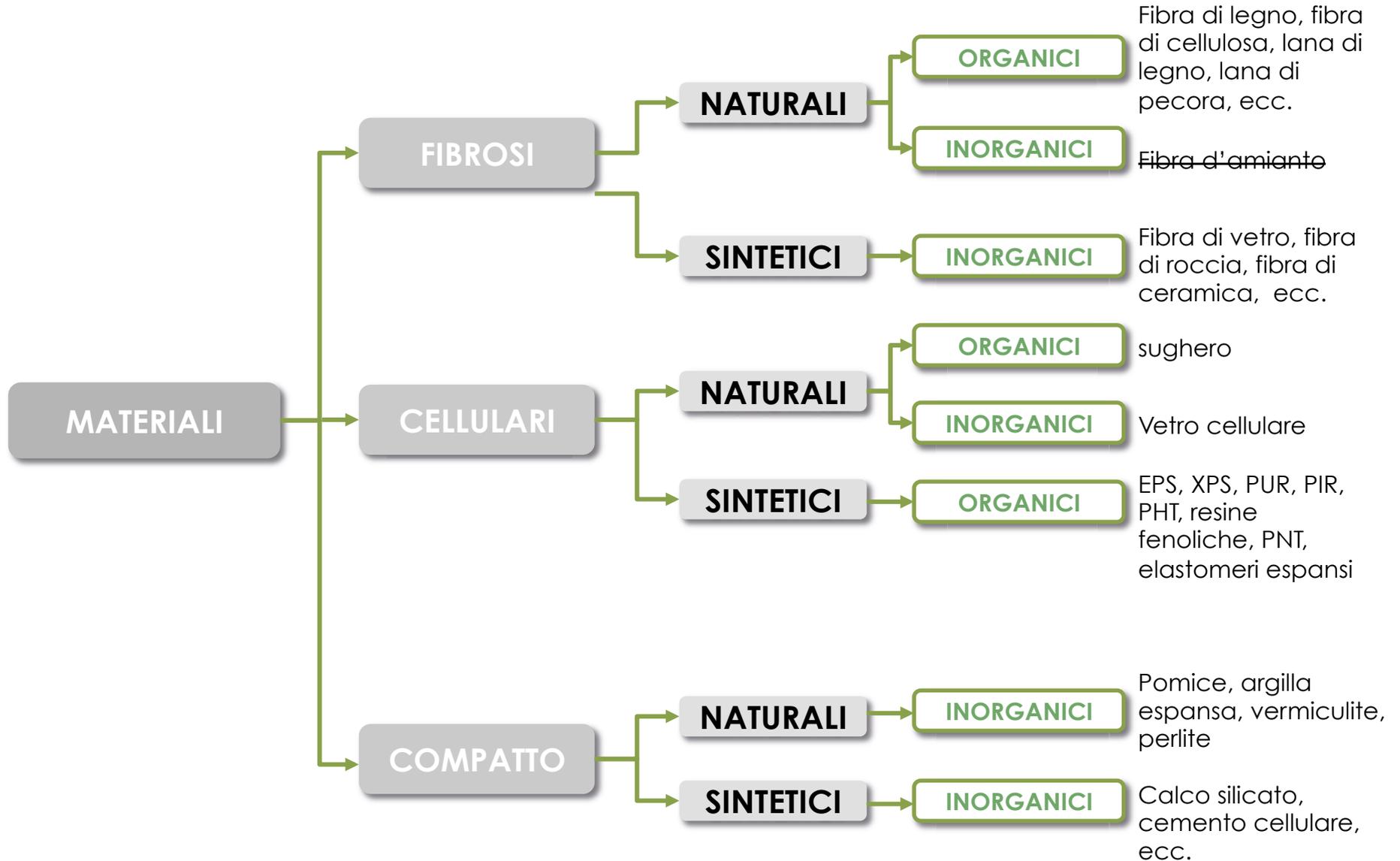
L'obiettivo è l'incremento della domanda e dell'utilizzo di prodotti da costruzione che siano **estratti e lavorati a distanza limitata, sostenendo l'uso di risorse locali e riducendo gli impatti sull'ambiente derivanti dal trasporto.**



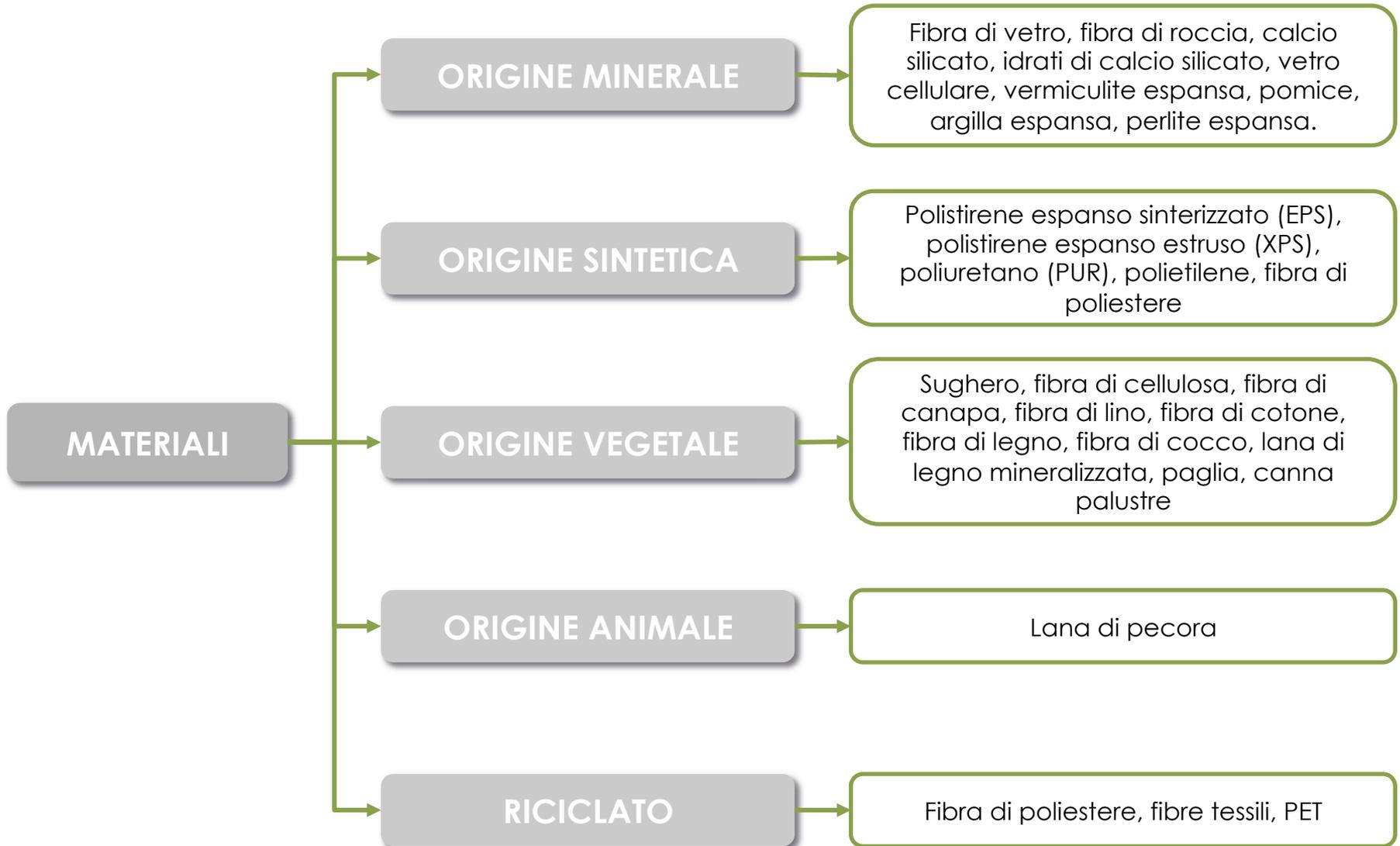
# Classificazione dei materiali isolanti



# Classificazione dei materiali isolanti



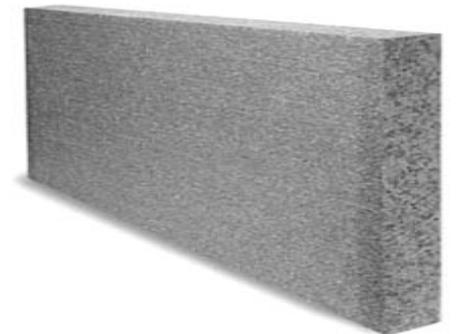
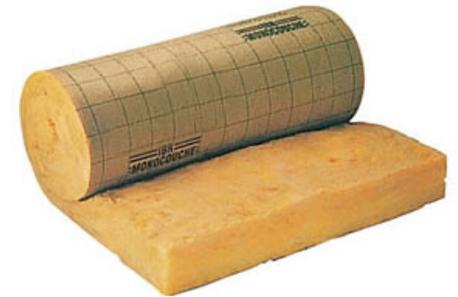
# Classificazione dei materiali isolanti



## Prodotti in commercio

I materiali isolanti possono essere reperiti in commercio sotto forma di:

- **Materiale sfuso** (granuli, fibre, fiocchi). Sono ideali per il riempimento di intercapedini o, miscelati al calcestruzzo, per formare strati di alleggerimento con parziale potere isolante. Sono particolarmente adatti nei risanamenti poiché riescono a riempire interstizi non perfettamente complanari. Devono essere posati da maestranze specializzate in grado di garantire la corretta compattazione del prodotto.
- **Feltri morbidi o materassini**. Possono essere adottati come riempimento tra le travi o nelle intercapedini. È necessaria particolare accortezza nella posa in opera al fine di non creare ponti termici dovuti alla soluzione di continuità fra strati di materiale contiguo.
- **Pannelli rigidi con diverse densità**. Si adattano a molti usi, ma non al riempimento tra le travi (in particolare in edifici esistenti). Possono essere forniti con spigoli vivi oppure battentati o con incastro maschio-femmina.



## Ambiti di impiego dei materiali isolanti

<b>Sotto la platea di fondazione</b>	Granulato di vetro cellulare, vetro cellulare (densità appropriata), XPS ad alta resistenza meccanica
<b>Pavimento di cantine o controterra Resistenza a compressione minima 500 kg/mq</b>	Vetro cellulare (densità appropriata), XPS
<b>Isolamento perimetrale (isolamento esterno pareti controterra delle cantine)</b>	Granulato di vetro cellulare, pannelli di EPS idrofobizzato, XPS, vetro cellulare (densità appropriata)
<b>Isolamento esterno facciate (sistemi a cappotto e facciate ventilate)</b>	Pannelli XPS, EPS, sughero, idrati di silicato di calcio, fibre minerali, fibre di canapa, fibra di legno, vetro cellulare (densità appropriata)
<b>Isolamento interno pareti senza barriera al vapore (valutare freno vapore)</b>	Pannelli in calcio silicato, cellulosa, fibra di legno a diffusione aperta, pannelli in PUR rivestiti in alluminio, vetro cellulare (densità appropriata), XPS non aperti alla diffusione
<b>Isolamento per pareti con sistema costruttivo a telaio</b>	Pannelli o materassini in fibra di canapa, di lino, fibre minerali, fibra di legno, lana di pecora, fiocchi di cellulosa, granuli di sughero, perlite espansa

## Ambiti di impiego dei materiali isolanti

<b>Solai intermedi: isolamento acustico anticalpestio</b>	Pannelli EPS, fibre minerali, fibra di canapa, fibra di lino, fibra di legno, sughero, lana di pecora, perlite espansa, fibra di cocco
<b>Solai o tetti in travi di legno Isolamento non resistente a compressione tra puntoni</b>	Feltri in fibra di lino, di canapa, fibre minerali, lana di pecora, fibra di legno, perlite espansa, granuli di sughero, fiocchi di cellulosa, fibre di canapa
<b>Isolamento sopra i puntoni</b>	EPS, fibre minerali ad alta resistenza, PUR, XPS, pannelli in fibra di legno, sughero, pannelli in fibra di canapa, vetro cellulare (densità appropriata)
<b>Ultimo solaio</b>	EPS, sughero, perlite espansa, fibre minerali pesanti, PUR, XPS, vetro cellulare, fibre di canapa, di legno, cellulosa
<b>Partizioni interne, tetto piano e tetto verde</b>	Perlite espansa, fibre minerali ad alta resistenza, PUR, vetro cellulare (densità appropriata), XPS

# Isolanti di origine minerale

## ARGILLA ESPANSA



**Presentazione:** granuli sfusi

**Materia prima:** impasto di argilla e olio sottoposto ad elevate temperature

**Proprietà:** scarso potere termoisolante, buone capacità fonoassorbenti, ottima protezione estiva

**Impiego:** riempimento di intercapedini, alleggerimento di solai (miscelato con cls)

**Conducibilità termica  $\lambda$ :** 0,09 – 0,12 W/mK

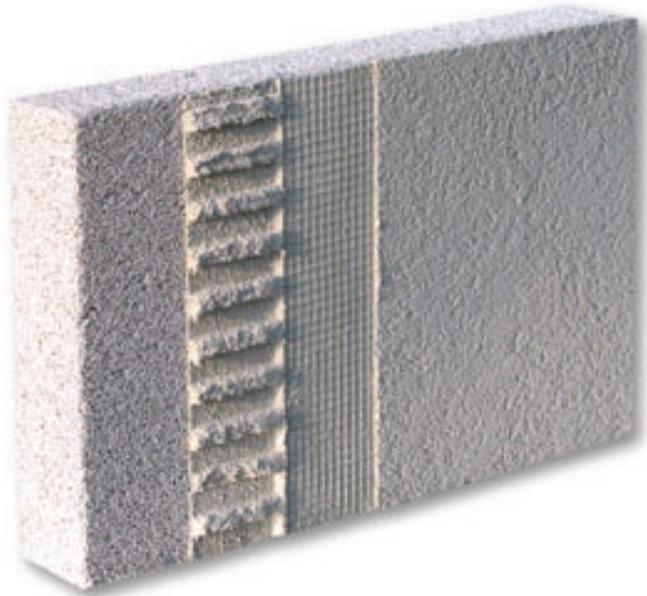
**Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore  $\mu$ :** 2-8

**Costo medio:** 50-250 €/mc



## Isolanti di origine minerale

### SILICATO DI CALCE ESPANSO



**Presentazione:** pannelli

**Materia prima:** ossidi di calcio e di silicio con l'aggiunta di cellulosa (3-6%) per migliorare la flessibilità e la resistenza degli spigoli. I materiali vengono miscelati con acqua (silicato di calcio idrato) e versati in stampi, dunque trattati con vapore acqueo in autoclave ad alte temperature, fino ad ottenere una struttura aperta con pori fini (fino al 90%)

**Proprietà:** isolamento interno e risanamento da umidità e muffe. Deve essere trattato in superficie con materiali aperti alla diffusione dei vapori.

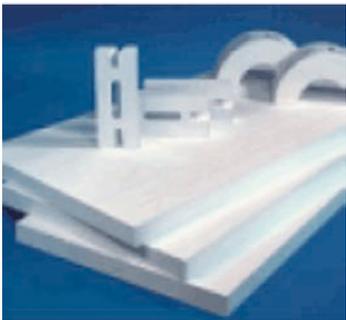
**Conducibilità termica  $\lambda$  :** 0,060-0,095 W/mK

**Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore  $\mu$  :** 3-20

**Costo medio:** 350-450 €/mc

## Isolanti di origine minerale

### CALCE CEMENTO CELLULARE



**Presentazione:** pannelli o granuli (derivanti dagli scarti di fabbricazione dei pannelli)

**Materia prima:** sabbia silicea, idrato di calce, cemento Portland, acqua, schiuma proteica e sostanze idrofobizzanti

**Proprietà:** buone proprietà termoisolanti, buona capacità di regolazione dell'umidità grazie all'elevata permeabilità al vapore. Non adatto come isolante acustico.

**Impiego:** isolamento a cappotto

**Impiego: Conducibilità termica**  $\lambda$ : 0,076 – 0,094 W/mK

**Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore**  
 $\mu$ : 15-20

**Costo medio:** 200-300 €/mc

## Isolanti di origine minerale

### FIBRE MINERALI (LANA DI VETRO, LANA DI ROCCIA)



**Presentazione:** pannelli, feltri, materassini, materiale sfuso

**Materia prima (l. vetro):** sabbia di quarzo o vetro riciclato (45-49%), soda, dolomite, feldspato, calcare e resina sintetica (bakelite). Processo di fusione e centrifugazione **(l. roccia):** rocce basaltiche, resine sintetiche portate a fusione e idrofobizzazione con sostanze a base di silicone o oli minerali.

**Proprietà:** qualità isolanti molto buone, ma scarsa protezione estiva, ottimo isolamento acustico, non regola l'umidità.

**Impiego:** coperture (tra e sopra i travetti), solai intermedi, isolamento a cappotto e facciate ventilate, riempimento tra sistemi costruttivi a secco. Deve essere protetto dall'umidità e necessita generalmente di compartimentazione.

**Conducibilità termica  $\lambda$ :** 0,038-0,053 W/mK (vetro) | 0,037 – 0,054 W/mK (roccia)

**Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore  $\mu$ :** 1 (v+r)

**Costo medio:** 100-350 €/mc (vetro) | 80-250 €/mc (roccia)

## Isolanti di origine minerale

### VETRO CELLULARE



**Presentazione:** pannelli, blocchi, granuli, elementi sagomati

**Materia prima:** sabbia quarzifera e vetro riciclato (fino a oltre il 60%) macinati e portati ad elevate temperature con aggiunta di carbonio che causa la formazione di gas e conferendo struttura alveolare.

**Proprietà:** buone proprietà termoisolanti e buona protezione estiva, completamente impermeabile all'acqua e al vapore. I pannelli hanno elevata resistenza meccanica a compressione, ma su superfici piane (altrimenti rischio rottura)

**Impiego:** in presenza di umidità, ovvero coperture, pareti contro terra, solai verso ambienti esterni.

**Conducibilità termica  $\lambda$ :** 0,055 – 0,066 W/mK

**Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore  $\mu$ :**  $\infty$

**Costo medio:** 300-500 €/mc (pannelli) | 80-150 €/mc (granulato sfuso)

## Isolanti di origine minerale

### PERLITE ESPANSA



**Presentazione:** granuli sfusi, pannelli

**Materia prima:** sabbia quarzosa e/o vetro riciclato (fino a oltre il 60%) portati ad elevate temperature.

**Proprietà:** Buona permeabilità al vapore, anche se i singoli granuli sono completamente impermeabili. E' un materiale con buone proprietà termoisolanti e fonoassorbenti, è incombustibile e non emette fumi tossici in caso di incendio, non contiene sostanze nocive per la salute, è inerte, stabile nel tempo, inattaccabile da parassiti.

**Impiego:** riempimento di intercapedini, coperture, sottotetti non praticabili, impastata con calce idraulica è impiegata per la realizzazione di sottofondi e massetti in solai interpiano o controterra, coperture piane e a falda. A granulometria per la realizzazione di intonaci termoisolanti, fonoassorbenti e resistenti al fuoco.

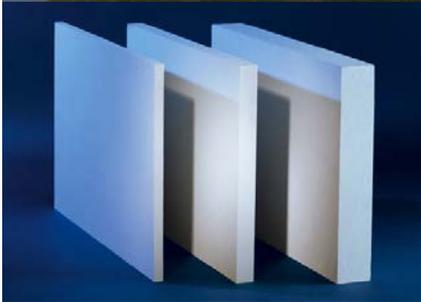
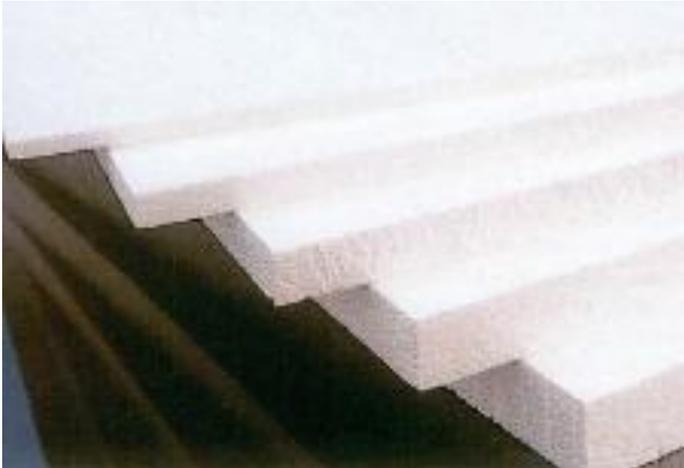
**Conducibilità termica  $\lambda$  :** 0,045-0,070 W/mK

**Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore  $\mu$  :** 1-5

**Costo medio:** 100-250 €/mc

## Isolanti di origine sintetica

### POLISTIRENE ESPANSO SINTERIZZATO (EPS)



**Presentazione:** pannelli, perle sciolte, elementi sagomati

**Materia prima:** polimerizzazione dello stirene, ottenuto da benzolo ed etilene, ricavati da petrolio e metano. È possibile aggiungere polvere di alluminio o grafite per migliorare le proprietà termiche (EPS grigio).

**Proprietà:** da buone a ottime proprietà termoisolanti, scarsa protezione estiva, nessuna capacità di regolazione dell'umidità, buone proprietà di isolamento acustico da calpestio ma non da trasmissione aerea.

**Impiego:** coperture, solai a terra e interpiano (anche come supporto di sistemi radianti a pavimento), sistemi a cappotto.

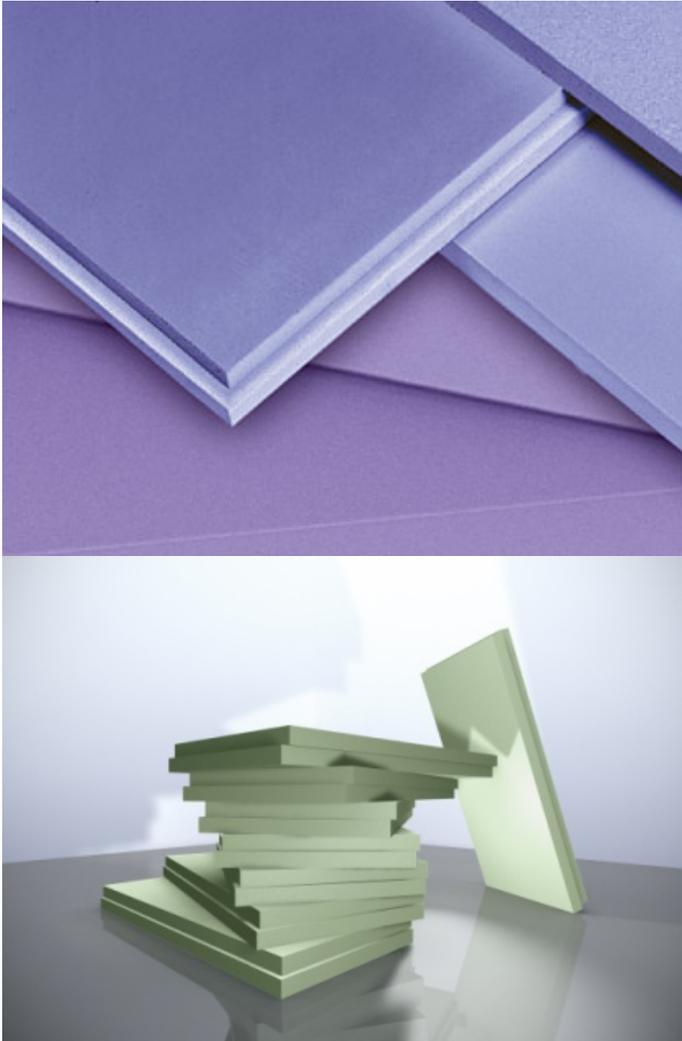
**Conducibilità termica  $\lambda$ :** 0,040 – 0,056 W/mK

**Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore  $\mu$ :** 21-107

**Costo medio:** 50-250 €/mc

## Isolanti di origine sintetica

### POLISTIRENE ESPANSO ESTRUSO (XPS)



**Presentazione:** pannelli con o senza «pelle» (addensamento superficiale compatto), da solo o accoppiato con altri materiali

**Materia prima:** polimerizzazione dello stirene, ottenuto da benzolo ed etilene, ricavati da petrolio e metano. Il propellente più utilizzato per l'espansione del polistirolo liquido è la CO<sub>2</sub>.

**Proprietà:** proprietà termoisolanti molto buone, scarsa protezione estiva, nessuna capacità di regolazione dell'umidità, buone proprietà di isolamento acustico da calpestio ma non da trasmissione aerea.

**Impiego:** principalmente negli attacchi a terra e negli ambienti umidi particolarmente sollecitati ai carichi (coperture praticabili, a verde).

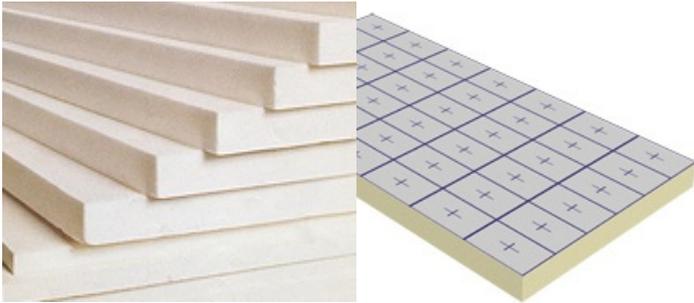
**Conducibilità termica  $\lambda$  :** 0,034 – 0,041 W/mK

**Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore  $\mu$  :** 87-321

**Costo medio:** 150-250 €/mc

## Isolanti di origine sintetica

### POLIURETANO (PUR)



**Presentazione:** pannelli, schiume ad espansione in situ, elementi presagomati

**Materia prima:** polimerizzazione dello stirene, ottenuto da benzolo ed etilene, ricavati da petrolio e metano. Il propellente più utilizzato per l'espansione del polistirolo liquido è la  $\text{CO}_2$ .

**Proprietà:** proprietà termoisolanti molto buone, scarsa protezione estiva, nessuna capacità di regolazione dell'umidità, buone proprietà di isolamento acustico da calpestio.

**Impiego:** copertura, come isolamento anticalpestio nei solai intermedi, isolamento di condotte impiantistiche.

**Conducibilità termica  $\lambda$  :** 0,032-0,034 W/mK

**Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore  $\mu$  :** 60

**Costo medio:** 200-300 €/mc

## Isolanti di origine vegetale

### FIBRA DI CANAPA



**Presentazione:** feltri, pannelli, fibre sfuse

**Materia prima:** prodotto vegetale della canapa, trattato con soda o sali di boro per aumentare le proprietà antincendio e talvolta rinforzato con fibre di poliestere.

**Proprietà:** buone proprietà termoisolanti, buona protezione termica estiva, buona capacità di regolare l'umidità (riesce ad assorbire umidità fino a un terzo del suo peso senza perdere le proprietà isolanti), buon isolamento acustico. È un materiale rinnovabile e riutilizzabile.

**Impiego:** in copertura come isolamento tra travetti, in parete nei sistemi di isolamento a cappotto (posato in più strati tra montanti) e nelle chiusure stratificate a secco. Nei solai intermedi vengono utilizzati i feltri anticalpestio. Può essere impiegato al posto delle schiume per il riempimento delle cavità.

**Conducibilità termica  $\lambda$  :** 0,040 W/mK

**Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore  $\mu$  :**  
1-5

**Costo medio:** 150-300 €/mc



## Isolanti di origine vegetale

### FIBRA DI CELLULOSA



**Presentazione:** pannelli, fiocchi sfusi

**Materia prima:** carta da giornale riciclata arricchita con sali di boro per la protezione antincendio e con additivi per la protezione dai roditori. Possono essere impiegate fibre di juta per il rinforzo dei pannelli.

**Proprietà:** buone proprietà termoisolanti, buona protezione termica estiva, buona capacità di regolare l'umidità, molto buone proprietà di isolamento e assorbimento acustico. Se in fiocchi, è un materiale rinnovabile e riutilizzabile.

**Impiego (fiocchi sfusi):** per insufflazione nelle intercapedini di solai e chiusure verticali.

**Impiego (pannelli):** isolamento tra travetti o come isolamento anticalpestio.

**Conducibilità termica  $\lambda$ :** 0,045-0,058 W/mK

**Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore  $\mu$ :** 1-3

**Costo medio:** 100-350 €/mc

## Isolanti di origine vegetale

### FIBRA DI COCCO



**Presentazione:** feltri, materassini, pannelli

**Materia prima:** rafia delle noci di cocco, sali di boro e solfato di ammonio per renderla ignifuga.

**Proprietà:** proprietà termoisolanti da medie a buone, buona capacità di regolare l'umidità, ottimo isolante acustico anticalpestio. Materia prima disponibile, ma pregiata, lunghi tragitti per il trasporto (valutazione LCA). È riciclabile.

**Impiego:** isolamento tra travetti, tra telai in legno o come isolamento anticalpestio.

**Conducibilità termica**  $\lambda$  : 0,043 W/mK

**Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore**  
 $\mu$  : 1

## Isolanti di origine vegetale

### FIBRA DI LEGNO



**Presentazione:** pannelli

**Materia prima:** residui della lavorazione del legno di conifere e latifoglie, senza o con aggiunta di lattice, paraffina, bitume, cera naturale per rendere i pannelli resistenti all'umidità.

**Proprietà:** buone proprietà termoisolanti, ottima protezione dal calore estivo, buone capacità di regolazione dell'umidità, buon isolamento acustico, anche d a calpestio. Risorsa sufficientemente disponibile, rigenerabile, può essere riciclato come combustibile.

**Impiego:** isolamento tra e sopra i travetti di copertura. Isolamento in pannelli anticallpestio nei solai. Pannelli per isolamento a cappotto e facciate ventilate. Buono anche per l'isolamento dall'interno.

**Conducibilità termica  $\lambda$  :** 0,040-0,55 W/mK

**Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore  $\mu$  :** 2-5

**Costo medio:** 150-300 €/mc

## Isolanti di origine vegetale

### LANA DI LEGNO MINERALIZZATA



**Presentazione:** pannelli

**Materia prima:** fibre di abete mineralizzate rivestite da un legante minerale: il cemento Portland. Le fibre vengono sottoposte ad un trattamento mineralizzante che rende le fibre perfettamente inerti e ne aumenta la resistenza al fuoco

**Proprietà:** la struttura cellulare del legno conferisce al pannello isolamento, leggerezza, elasticità. Gli interstizi fra le fibre sono responsabili dell'assorbimento acustico e dell'ottimo aggrappaggio a tutte le malte.

**Impiego:** isolamento dai ponti termici di elementi in c.a. (usato come cassero per getti), architravi, cordoli solai, nicchie radiatori. Nelle chiusure verticali per isolamento a cappotto e per isolamento in intercapedine per protezione acustica. Nei solai per protezione acustica.

**Conducibilità termica  $\lambda$  :** 0,085-0,091 W/mK

**Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore  $\mu$  :** 3-50 (solo lana di legno 5)

**Costo medio:** 200-550€/mc

## Isolanti di origine vegetale

### FIBRA DI LINO



**Presentazione:** pannelli, feltri, fibre sfuse

**Materia prima:** prodotto vegetale dal lino, trattato con boro o sali di ammonio per la resistenza al fuoco e agli insetti. Può presentare fibre di poliestere come rinforzo.

**Proprietà:** buone proprietà termoisolanti, media protezione dal caldo estivo, buone capacità di regolazione dell'umidità. Materia prima rinnovabile.

**Impiego:** isolamento di coperture e di chiusure stratificate a secco. Nei solai sono impiegati feltri anticalpestio; utilizzato in intercapedini come riempitivo al posto delle schiume.

**Conducibilità termica  $\lambda$  :** 0,040 W/mK

**Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore  $\mu$  :** 1

## Isolanti di origine vegetale

### SUGHERO



**Presentazione:** granulato sfuso, pannelli di agglomerato espanso

**Materia prima:** corteccia della quercia da sughero (Francia del Sud, Spagna, Portogallo, Africa del Nord) frantumata e sottoposta a cottura senza l'aggiunta di alcuna sostanza. Materia prima limitata e pregiata. Nella fase di cottura possono svilupparsi sostanze pericolose per la salute. Tragitti abbastanza lunghi per il trasporto (valutazione LCA). Può avere un odore molto forte.

**Proprietà:** buone proprietà termoisolanti e capacità di protezione dal caldo estivo, buona capacità di regolazione dell'umidità, buone capacità di isolamento acustico.

**Impiego:** il granulato viene impiegato come riempimento di intercapedini. Isolamento a cappotto o parete ventilata. Coperture ventilate. Pannelli anticalpestio.

**Conducibilità termica  $\lambda$ :** 0,043-0,052 W/mK

**Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore  $\mu$ :** 9-19

**Costo medio:** 200-450 €/mc

## Isolanti di origine animale

### LANA DI PECORA



**Presentazione:** feltri, fiocchi

**Materia prima:** lana di pecora, urea e derivati e sali di boro come trattamento antincendio e antitarma. Prodotto naturale sufficientemente disponibile.

**Proprietà:** buone proprietà termoisolanti, protezione termica estiva media, buona capacità di regolazione dell'umidità, buon isolamento acustico anche anticalpestio.

**Impiego:** in copertura è impiegato sotto forma di materassini tra travetti. In chiusura verticale come riempitivo in strutture stratificate a secco. Isolamento anticalpestio e in intercapedine tra le tubature.

**Conducibilità termica**  $\lambda$  : 0,035-0,040 W/mK

**Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore**  
 $\mu$  : 1-5

**Costo medio:** 150-250 €/mc

XLAM DOLOMITI



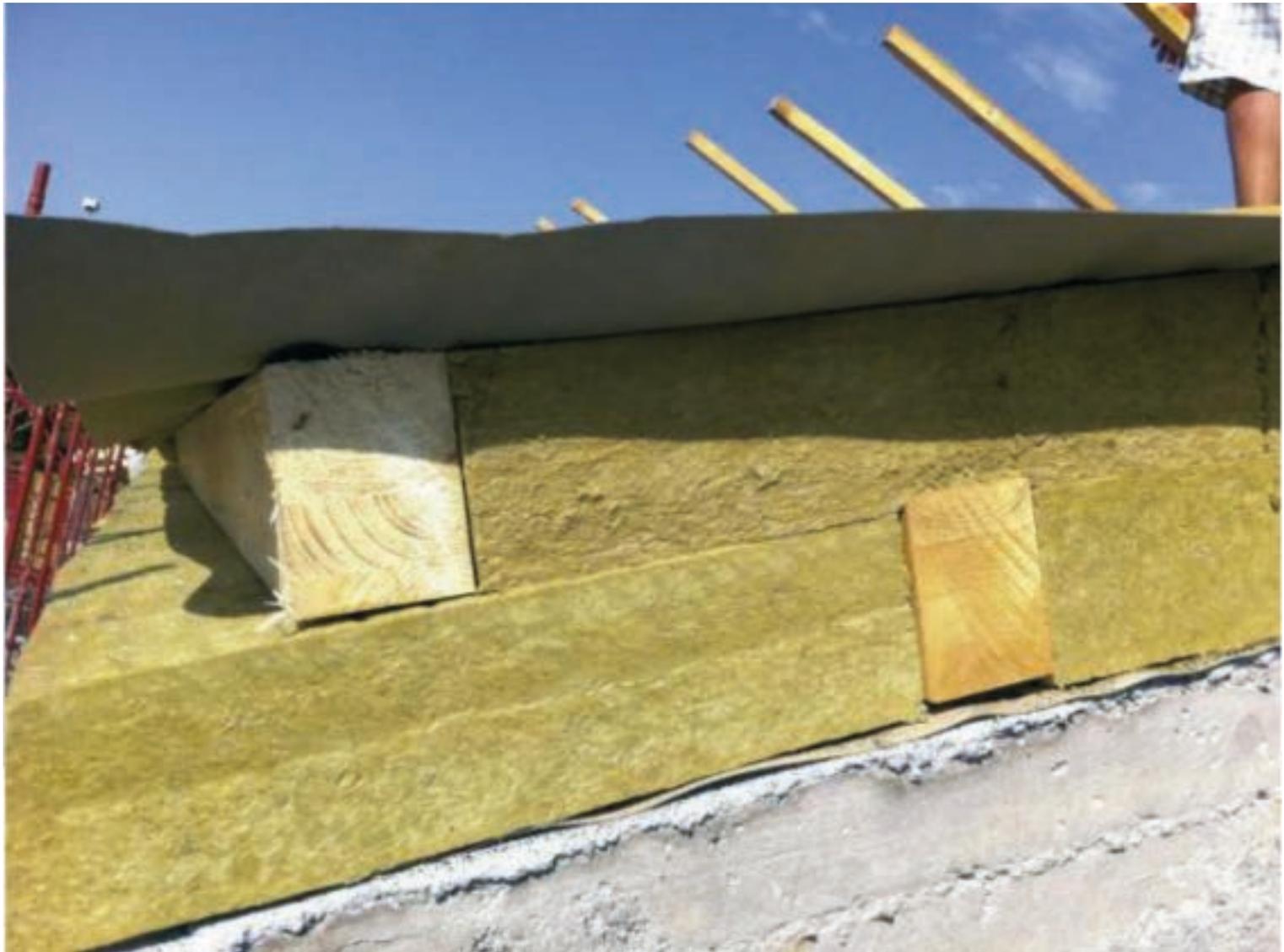
# CASA UNIFAMILIAIRE, MASCALUCIA (CT) (Progetto C. Sapienza)



# CASA UNIFAMILIAIRE, MASCALUCIA (CT) (Progetto C. Sapienza)



CASA UNIFAMILIAIRE, MASCALUCIA (CT) (Progetto C. Sapienza)



# CASA "MONICA" LEED PLATINUM, MODENA



CASA IN LEGNO, SCENA (BZ) (Progetto M. Benedikter)



# CASA IN LEGNO, SCENA (BZ) (Progetto M. Benedikter)



# CASA IN LEGNO, SCENA (BZ) (Progetto M. Benedikter)



CASA IN LEGNO, SCENA (BZ) (Progetto M. Benedikter)



# CASA UNIFAMILIARE, MARENO DI PIAVE (TV)



# CASA UNIFAMILIARE, MARENO DI PIAVE (TV)



CASA "MAGNANELLI", MONTESCUDO (RN) (Progetto M. Benedikter)



CASA "MAGNANELLI", MONTESCUDO (RN) (Progetto M. Benedikter)



# FILIALE UNICREDIT, REGGIO EMILIA



