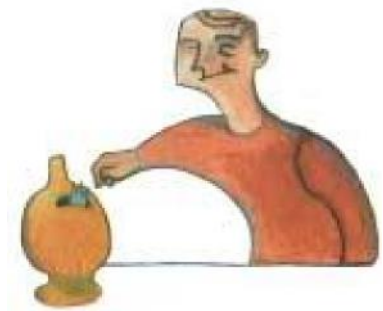


Retrofitting energetico: materiali isolanti per strategie di intervento sull'involucro edilizio

Relatore: Arch. Teresa Cervino

- Risparmiare energia e risparmiare denaro

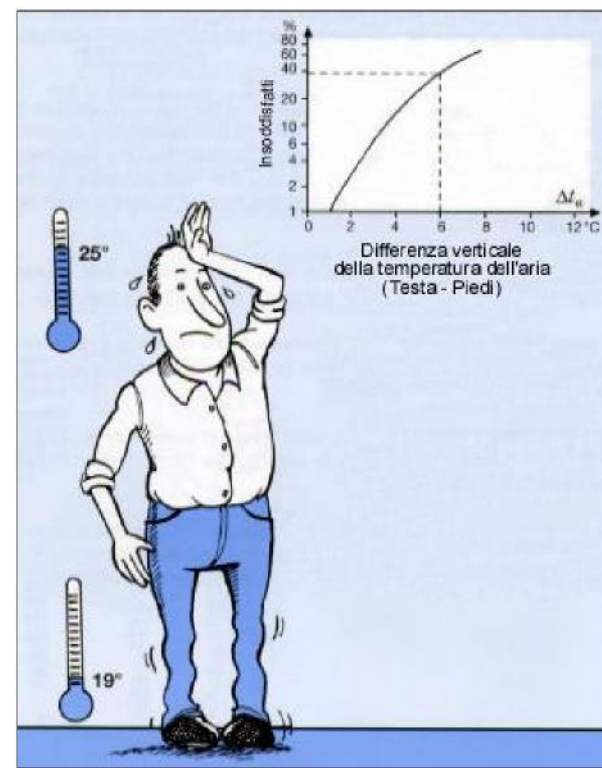
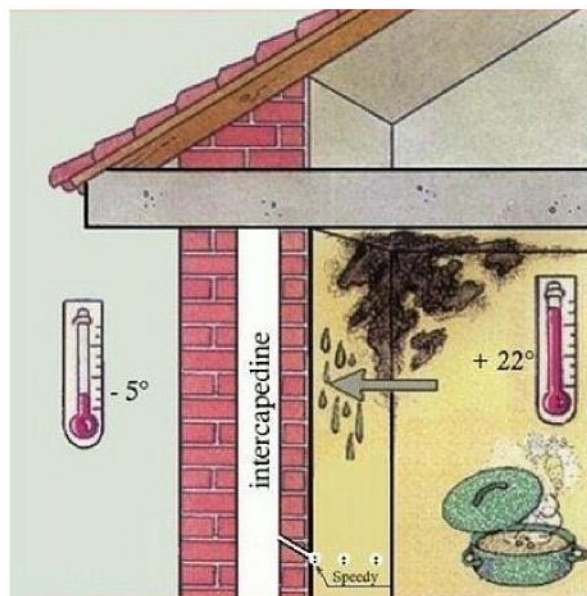
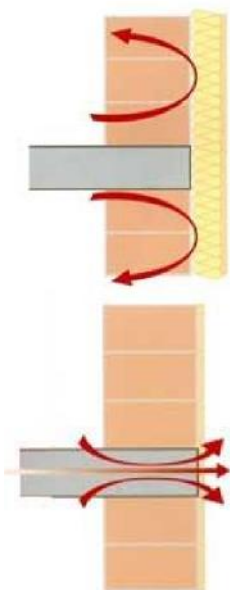


- Scarsità delle risorse energetiche



- Limitare gli impatti sull'ambiente
- Ridurre le emissioni di CO2

Perché costruire case a basso consumo energetico?



- Comfort e benessere abitativo
- Perché la responsabilità di ognuno incide sul benessere degli altri



Consumi energetici

Progettare e costruire edifici che non causino sprechi e che non esercitino gravi effetti negativi sull'ambiente e sulla salute degli abitanti. Questo significa per esempio:



Ridurre i consumi di energia non rinnovabile ed usare fonti energetiche rinnovabili



Non causare emissioni dannose



Non mettere in pericolo la salute dei lavoratori e degli abitanti



Costruire edifici di più alta qualità,

Utilizzare materiali ottenuti da materie prime rigenerabili, locali e riciclabili

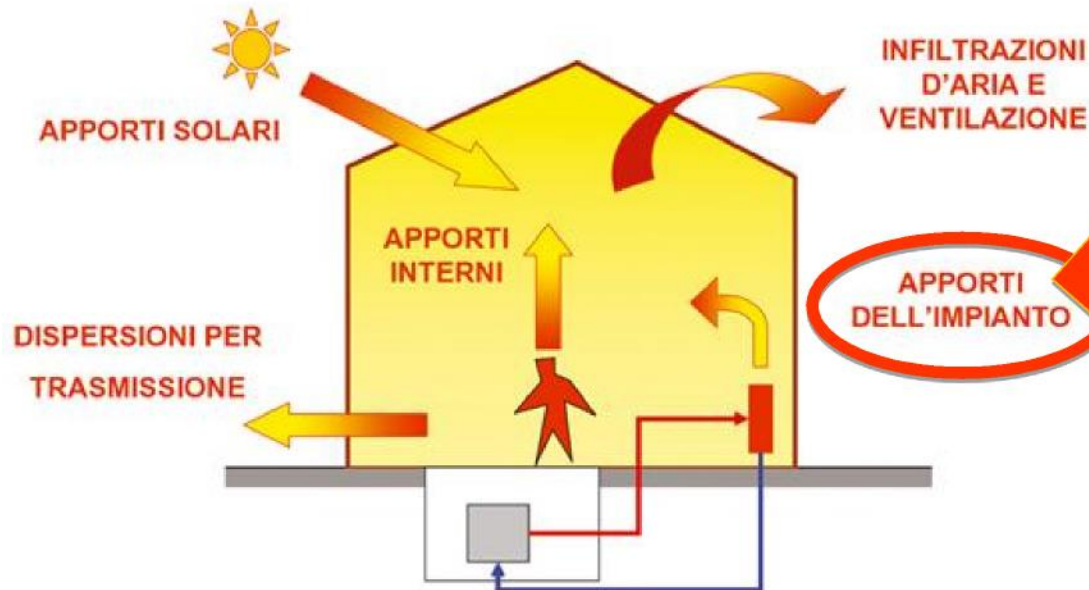


OBIETTIVO



**RIDURRE I CONSUMI =
RIDURRE I FABBISOGNI**

$$Q_h = (Q_t + Q_v) - \eta (Q_i + Q_s)$$



FABBISOGNO ENERGETICO PER IL RISCALDAMENTO

Energia che deve essere fornita al sistema di riscaldamento per soddisfare il fabbisogno di calore dell'involucro (FABBISOGNO) (fonte UNI EN 832)

FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA

Energia primaria richiesta dal sistema di produzione e distribuzione per soddisfare i fabbisogni energetici di riscaldamento (fonte UNI EN 832) (energia fornita all'edificio attraverso un combustibile, quindi comprende il funzionamento degli impianti ed il relativo rendimento = CONSUMO)

Gli indicatori di fabbisogno o di consumo energetico dipendono dalle caratteristiche dell'edificio ed in particolare dal rapporto tra la superficie disperdente ed il volume riscaldato.

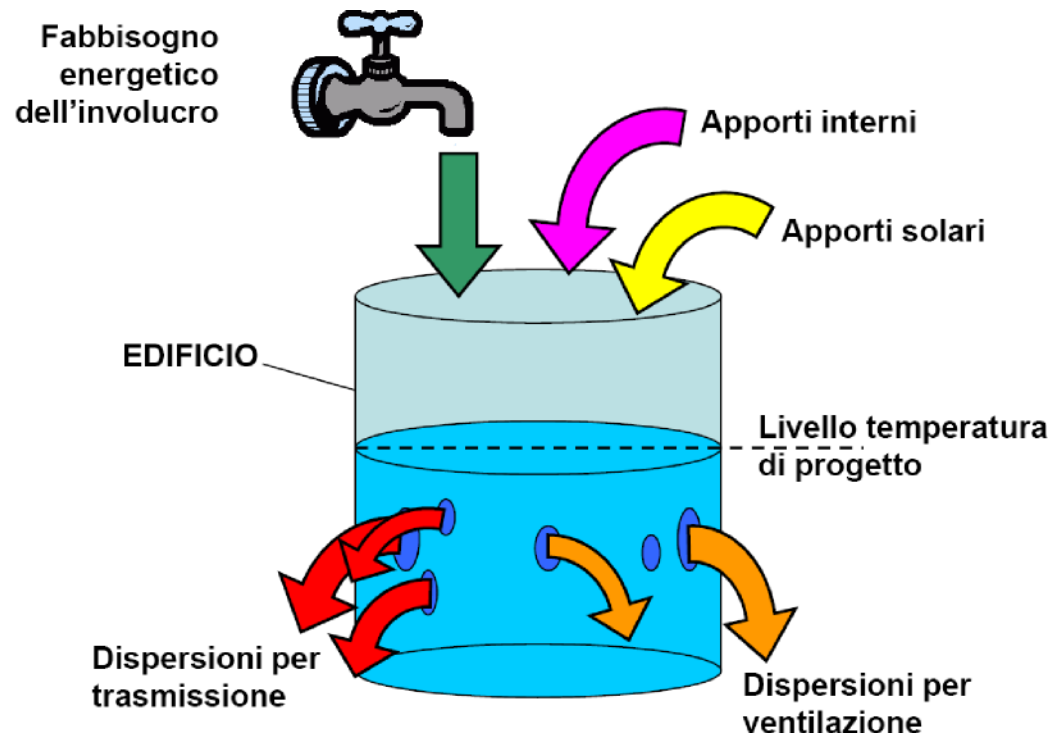
Per un edificio compatto (a torre), a parità di volume la superficie disperdente è inferiore e quindi sarà più semplice raggiungere un livello di classe maggiore.

Per una villetta singola, il rapporto S/V è maggiore e pertanto sarà più difficile raggiungere prestazioni energetiche elevate: aumentando le superfici disperdenti a parità di volume sarà necessario isolare di più le pareti.

STRATEGIA



RIDURRE LE DISPERSIONI FAVORIRE GLI APPORTI GRATUITI



MATERIALI E PRESTAZIONI

ISOLARE TERMICAMENTE L'EDIFICIO



**MIGLIORARNE IL
COMPORTAMENTO ENERGETICO**

MATERIALI E PRESTAZIONI

BENEFICI DELL'ISOLAMENTO TERMICO



Riduzione i flussi termici entranti e uscenti

Controllo delle temperature superficiali interne

*Controllo dei fenomeni di **condensa** superficiale*

MATERIALI E PRESTAZIONI



- Comportamento **TERMICO**
- Comportamento al **FUOCO**
- Comportamento in presenza di **ACQUA**
- Comportamento alla **COMPRESSIONE**

MATERIALI E GRANDEZZE FISICHE

CONDUTTIVITÀ TERMICA

λ [W/mK]

UNI EN ISO 6946 : 2007

CALORE SPECIFICO

c [J/kg K]

UNI EN ISO 13786 : 2001

DENSITÀ

ρ [kg/m³]

FATTORE di RESISTENZA
alla DIFFUSIONE del VAPORE

μ --

UNI EN ISO 13788 : 2003

RESISTENZA a COMPRESSIONE

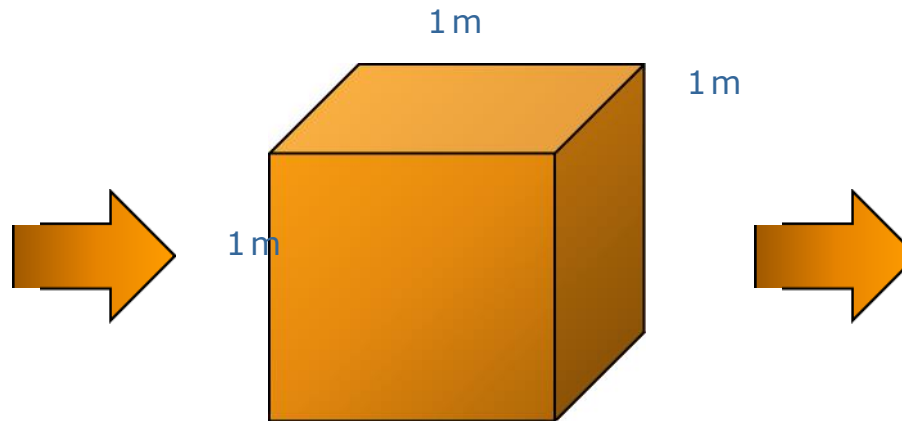
R [N/mm²]

CONDUTTIVITA' TERMICA

λ è la quantità di calore [Watt] che viene trasmessa attraverso 1m^2 di materiale che presenta uno spessore di 1m , con Δt tra i due lati di 1 K .

E' una proprietà intrinseca del materiale.

Minore è il suo valore migliori sono le caratteristiche isolanti di un materiale.



$T_1 = 282\text{ K}$ $T_2 = 281\text{ K}$

CONDUTTIVITA' TERMICA

Esempi di conduttività termica dei materiali:

- Alluminio $\lambda = 200 \text{ W/mK}$
- Acciaio $\lambda = 60 \text{ W/mK}$
- Acciaio inox $\lambda = 25 \text{ W/mK}$
- Mattone forato $\lambda = 0,35 \text{ W/mK}$
- Calcestruzzo $\lambda = 2,1 \text{ W/mK}$
- Legno $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$
- Isolante termico $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$

Un materiale **isolante** oppure un **mattone** che abbia delle **buone caratteristiche termiche** va dunque scelto con un **basso valore** di λ

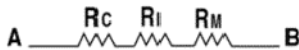
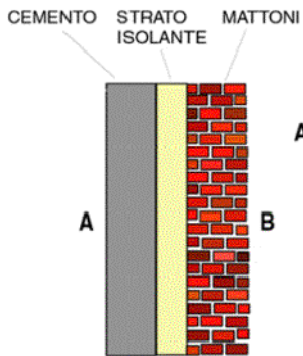
GRANDEZZE LEGATE ALLA CONDUTTIVITA' TERMICA

RESISTENZA TERMICA $R = s/\lambda$ [m^2K/W]

R



grande, migliore è la prestazione termica della parete



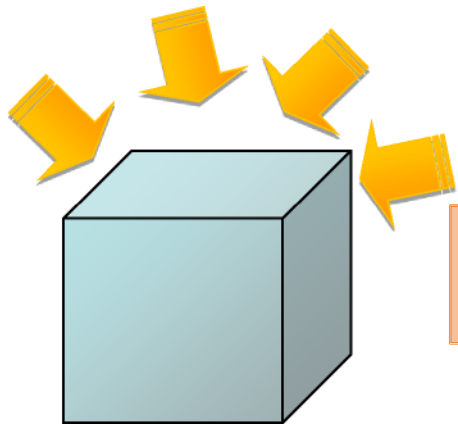
COEFFICIENTE GLOBALE DI TRASMISSIONE TERMICA

o TRASMITTANZA TERMICA $U = 1/R = [W/m^2K]$

Flusso di calore [Watt] CEDUTO attraverso un elemento costruttivo di superficie $1 m^2$ e spessore $1m$, e ΔT agli estremi pari a $1 K$

U *piccolo, migliore è la prestazione termica della parete*

CALORE SPECIFICO e CAPACITA' TERMICA



CALORE SPECIFICO c [J/kg K]

QUANTITÀ DI CALORE [Joule] necessaria per aumentare di 1 K la temperatura di una massa di 1 kg



c maggiori quantità di calore possono essere accumulate nella massa

Moltiplicando c per la *densità* del materiale ottengo la capacità termica o di accumulo.

CAPACITA' TERMICA cp [J/m³K]

$$cp = \rho \times c$$

Quanto più calore riesce ad essere trattenuto da un materiale, tanto più quest'ultimo reagirà lentamente in caso di riscaldamento o raffreddamento.

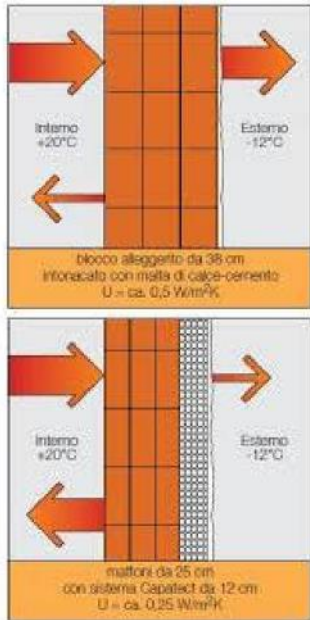
(il cosiddetto sfasamento dell'ampiezza d'onda termica)

CALORE SPECIFICO e CAPACITA' TERMICA

CALORE SPECIFICO

MASSA VOLUMICA

CONDUCIBILITA' TERMICA



**IN ESTATE E' IMPORTANTE IL LORO EFFETTO
COMBINATO!!!**

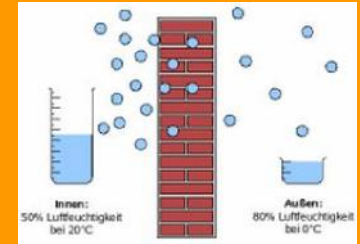
**a = DIFFUSIVITA' TERMICA tiene conto le proprietà ISOLANTI
e di ACCUMULO di calore**

$$a = \frac{\lambda}{\rho \times c}$$

A parità di λ e s , i materiali che presentano
 ρ e c  si comportano meglio in
REGIME ESTIVO

FATTORE DI RESISTENZA AL VAPORE

FATTORE DI RESISTENZA AL VAPORE p [---J



$$p_{\text{ARIA}} = 1$$

$$1 < p < \infty$$

INDICA QUANTE VOLTE UN MATERIALE E' PIU' IMPERMEABILE ALLA DIFFUSIONE DEL VAPORE RISPETTO AD UNO STRATO DI ARIA FERMA

p ALTO = MAGGIORE RESISTENZA ALLA DIFFUSIONE

FATTORE EQUIVALENTE DI PASSAGGIO AL VAPORE S_d [mJ

$$S_d = p \times S$$

INDICA LO SPESSORE EQUIVALENTE DI UNO STRATO DI ARIA PER AVERE LA STESSA RESISTENZA ALLA DIFFUSIONE DEL VAPORE

Sd Struttura traspirante

$Sd < 0,2 \text{ m}$ Guaina traspirante

$0,2 \text{ m} < Sd < 100 \text{ m}$ Freno al vapore

$Sd > 100$ Barriera al vapore

$Sd > 1000$ Guaina impermeabile

μ Materiale traspirante

μ fino a 10 Diffusione elevatissima

μ 10-50

Diffusione media

μ 50-500

Diffusione limitata (freno)

μ 500 - ∞

Diffusione tendente a zero (barriera a vapore)

La norma **UNI 10351 : 1994** fornisce i valori di permeabilità di vapore **per diversi materiali** da costruzione, specificando che i **valori** riportati nella norma sono da **impiegare in assenza di norme specifiche** per il materiale.

I valori di **permeabilità** son determinati da

Prove a **TEMPERATURA COSTANTE** e **DUE INTERVALLI DI UMIDITA' RELATIVA**

Permeabilità a **CAMPO ASCIUTTO δ_a** nell'**INTERVALLO** di **umidità relativa tra 0% e 50%**

Permeabilità a **CAMPO UMIDO δ_w** nell'**INTERVALLO** di **umidità relativa tra 50% e 95%**

Anche il fattore di resistenza alla diffusione del vapore μ non sarà quindi costante al **variare del tasso di umidità**

La norma UNI EN ISO 1456:2008 distingue tra **due valori di μ** :

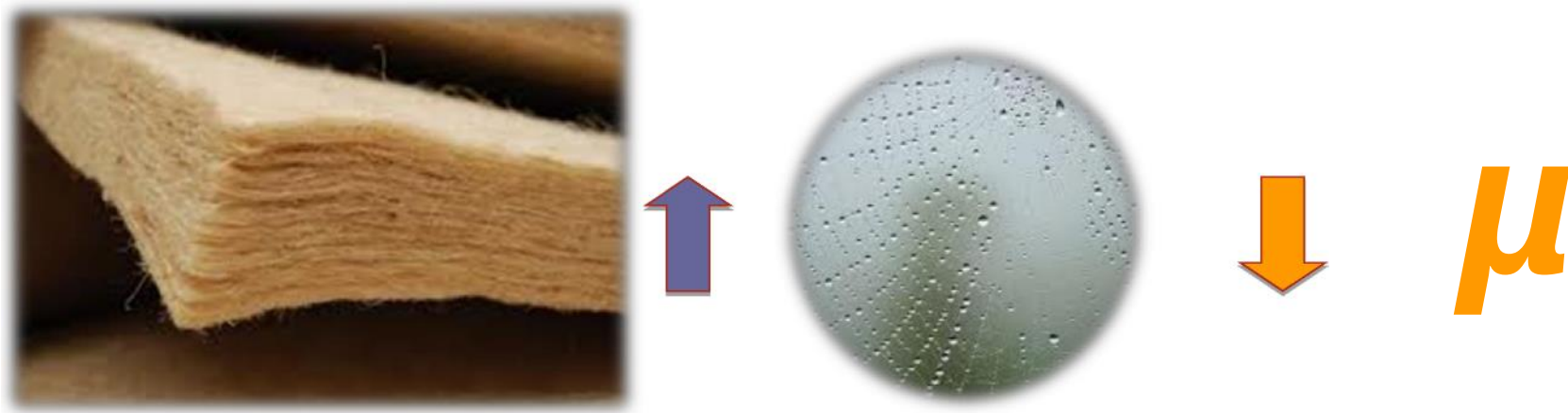
Fattore di resistenza al vapore a **CAMPO ASCIUTTO μ_{dry}**

Applicabile in condizioni di umidità relativa tra **0% e 70%**

Fattore di resistenza al vapore a **CAMPO UMIDO μ_{wet}**

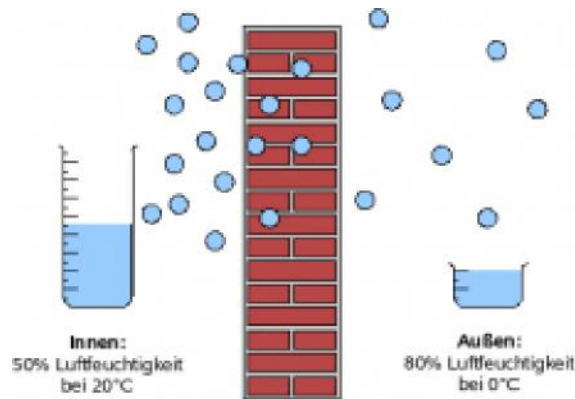
Applicabile in condizioni di umidità relativa tra **70% e 100%**

Nei materiali **IGROSCOPICI**, in condizioni di **ELEVATA UMIDITA'**
DIMINUISCONO il proprio fattore di resistenza alla diffusione del vapore μ .



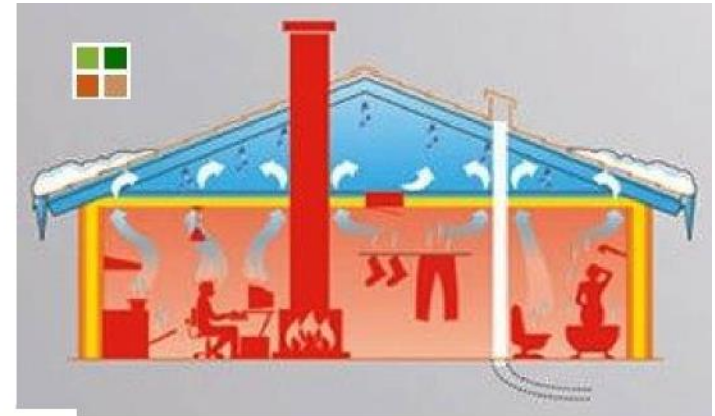
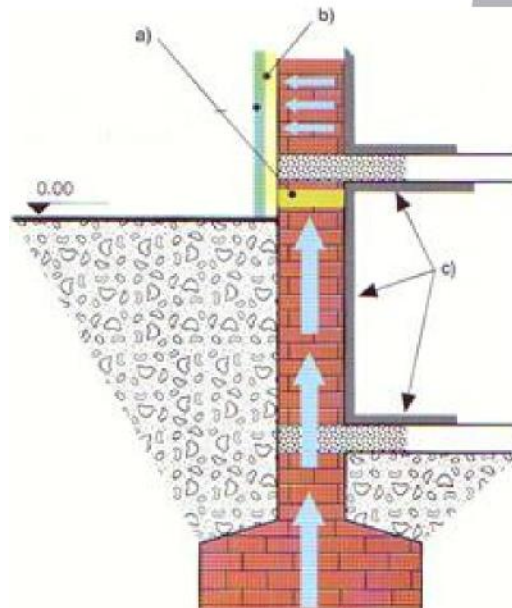
Ciò accade perché, per **bassi** tenori di **umidità relativa**, il **trasporto di umidità all'interno del materiale** avviene prevalentemente **per diffusione**, mentre per **elevati** tenori di **umidità**, il **trasporto** avviene **anche per capillarità**: all'aumentare del tasso di umidità relativa il **trasporto di liquido** diventa **predominante** e fa sì che il fattore di resistenza al vapore diminuisca notevolmente.

Meccanismi di trasporto dell'umidità



DIFFUSIONE

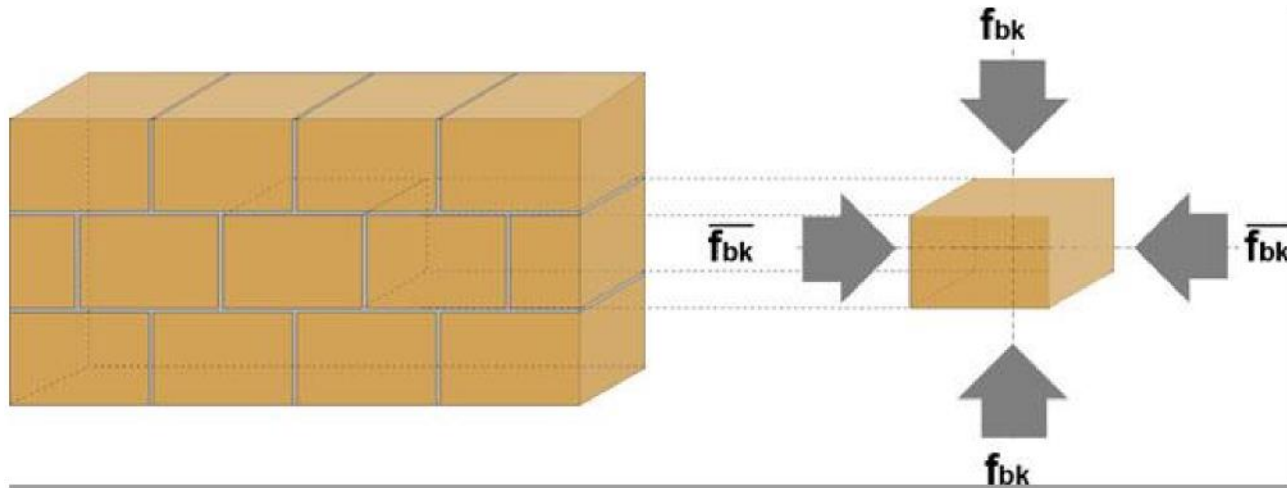
Il vapore si muove dall'ambiente a pressione parziale maggiore verso l'ambiente dove la pressione parziale del vapore è minore



CONVEZIONE associato ai **moti convettivi** dell'aria che possono generarsi per **errori di progettazione** o di esecuzione

CAPILLARITA'
passaggio da umidità allo stato gassoso a umidità allo stato **liquido**

FATTORE DI RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE $R_c[kPa]$



R_c

IL LIMITE DI COMPRESSIONE DI UN MATERIALE ISOLANTE CORRISPONDE ALLA SOLLECITAZIONE, MISURATA IN kPa, PER LA QUALE IL MATERIALE RIDUCE DEL 10% IL SUO SPESSORE

CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI

STRUTTURA PROCESSO TIPOLOGIA DELLE DEL MATERIALE DI TRASFORMAZIONE MATERIE PIUME SURITO			ELENCO MATERIALI ISOLANTI
fibrosi	naturali	organici	fibra di cocco, fibra di legno, fibra di canapa, lana di legno, lana di pecora, fibra cellulosa
		Inorganici	fibra crarrianto
	sintetici	<u>organici fibra di poliestere</u>	
		Inorganici	fibra di vetro, Fibra di roccia, fibra di ceramica
cellulari	naturali	organici	sughero
		<u>inorganici</u>	*
	sintetici	organici	eps, xps, pur, pii, phi, resine fenoliche, PNT, elastomeri espansi
		inorganici	vetro cellulare
porosi	naturali	<u>organici</u>	*
		inorganici	pomice, argilla espansa, vermiculite, perlite
	sintetici	organici	*
		inorganici	calcio silicato, cemento cellulare

CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI

MATERIA PRIMA DI PARTENZA

Materiali derivanti dal *petrolio*

EPS, XPS, PUR e fibre di POLIETILENE

Materiali *inorganici o minerali*

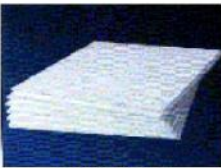
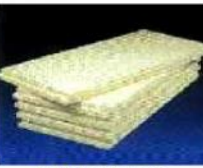
schiuma minerale, calcio silicato, vetro cellulare,
lana di roccia, fibra di vetro, perlite, argilla espansa.

Materiali derivanti da *materie prime rinnovabili*

Canapa, fibra di legno, lana di pecora, cellulosa,
fibra di lino, sughero, fibra di mais.

CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI

L'isolamento termico è una delle principali "fonti di energia". Crea un clima salubre negli ambienti ed offre vantaggi dal punto di vista economico

			
Sughero 0,040-0,045 W/mK	Fibre di legno 0,050-0,060 W/mK	Cotone 0,040-0,045 W/mK	Cocco 0,040-0,045 W/mK
			
Perlite 0,040-0,060 W/mK	Fibre di vetro 0,035-0,050 W/mK	Polistirolo 0,035-0,040 W/mK	Poliuretano 0,025-0,035 W/mK

L'aria immobile è il materiale più economico e con bassa conducibilità termica.

Un ottimo isolante dovrà mantenere intrappolate al suo interno il più alto numero di molecole di aria ferma

Si tratta principalmente di materiali **porosi, fibrosi e/o espansi** in cui è racchiusa aria in quiete, che è un cattivo conduttore di calore; i migliori materiali termoisolanti possiedono una struttura alveolare con pori ben chiusi.

APPLICAZIONI TECNICHE





POLISTIRENE ESPANSO EPS

ORIGINE SINTETICA – STRUTTURA CELLULARE

CARATTERISTICHE TECNICHE

Conduttività termica [W/mK]	A 0,035-0,080
Calore specifico [J/kgK]	c 1480
Densità [kg/m ³]	p 15-40
Resistenza diffusione [-]	j 20-100

Resistenze [kPa] compr. 60 - 200

fless. 0,16-0,21 (15kg)

Reazione al fuoco (CE 8.2.2000) E

Cm per 12 ore di sfasamento 58 – 99 cm

Impiego : Chiusure e partizioni verticali e orizzontali, interne ed esterne (cappotto), perimetrale controterra, per fonoisolamento anticalpestio (tipo elasticizzato), additivato in malte calcestruzzi e intonaci

POLISTIROLO ESPANSO ESTRUSO XPS

ORIGINE SINTETICA – STRUTTURA CELLULARE



CARATTERISTICHE TECNICHE

Conduttività termica [W/mK]

A 0,030-0,040

Calore specifico [J/kgK]

c 1500

Densità [kg/m³]

p 25-56

Resistenza diffusione [-]

ij 80-300

Resistenze [kPa] compr. 150 - 700

Reazione al fuoco (CE 8.2.2000) E

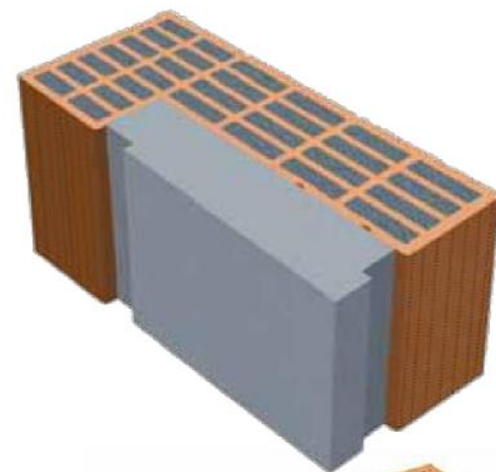
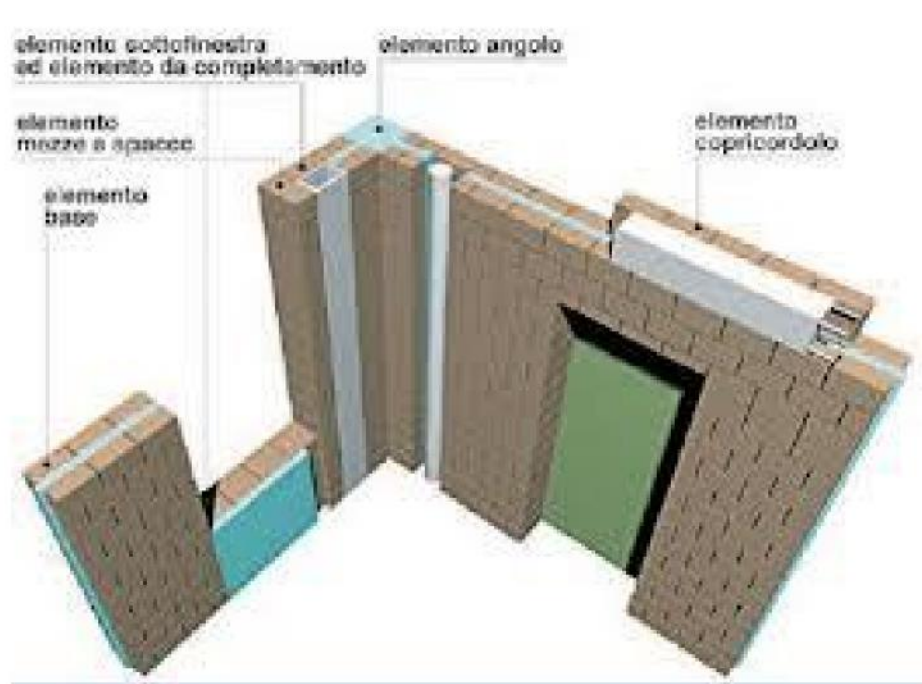
Cm per 12 ore di sfasamento 42 – 58 cm

Costo materiale [€/m³] 150/300

Costo materiale [€/m²] 18-27 R = 2,5 [m²K/W]

Impiego TETTO – SOFFITTI - PARETI ESTERNE –TRAMEZZE

SOLUZIONI INTEGRATE



IMPIEGO DIFFUSO DEL POLISTIRENE ESPANSO NEL SISTEMA COSTRUTTIVO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

POLIURETANO PUR

ORIGINE SINTETICA – STRUTTURA CELLULARE



CARATTERISTICHE TECNICHE

Conduktivität termica [W/mK]

A 0,025-0,040

Calore specifico [J/kgK]

c 1400

Densità [kg/m³]

p 20-50

Resistenza diffusione [-]

j 30-100

Resistenze [kPa] compr. 100 - 500

Reazione al fuoco (CE 8.2.2000) E 25

Impiego : a base POLIETERE (> elasticità): materassi, guanciali, imbottiture di auto

a base POLIESTERE (< elasticità ma >resistenza al flusso d'aria e a solventi organici): PANNELLI: TETTO – SOFFITTI - PARETI ESTERNE

SCHIUMA: RIEMPIMENTO E FISSAGGIO DI FINESTRE PORTE

ISOLANTE SOTTOVUOTO

ORIGINE SINTETICA – STRUTTURA CELLULARE

L'isolamento sottovuoto è costituito da pannelli isolanti evacuati composti da **acido silicio microporoso** rivestito con una pellicola di plastica metallizzata che consente di mantenere il sottovuoto. La conduttività termica è circa 1/10 di quella dei materiali isolanti convenzionali.



CARATTERISTICHE TECNICHE

Conduttività termica [W/mK] λ 0,033-0,004!!!

λ 0,033-0,004!!!

Calore specifico [J/kgK] c 1500

Densità [kg/m³] ρ 150-220

Resistenza diffusione [-] j infinito

Resistenze [N/mm²] compr.

Reazione al fuoco (CE 8.2.2000) A1

Costo materiale [€/m²] 80-200 R = 2,5 [m²K/W]

Impiego TETTO – SOFFITTI - PARETI ESTERNE e INTERNE

Assicurata una durata di 40-80 anni

Limiti: DIMENSIONI PRESTABILITE (i pannelli non possono essere tagliati) Protezione dal sottovuoto – Ponti termici minimizzati



ISOLANTE SOTTOVUOTO

POSA



TERMORIFLETTENTE

SUPERFICIE IN ALLUMINIO SEPARATA DA MATERIALI ISOLANTI CON BOLLE D'ARIA O LANA DI PECORA

Isolanti basati sulla RIDUZIONE DELL'IRRAGGIAMENTO - OTTIMO ISOLANTE TERMO-ACUSTICO

CARATTERISTICHE TECNICHE – per
s=24 mm Trasmittanza equivalente a: 24
cm lana minerale, 20 cm

Polistirolo estruso [W/m²K] U 0,16

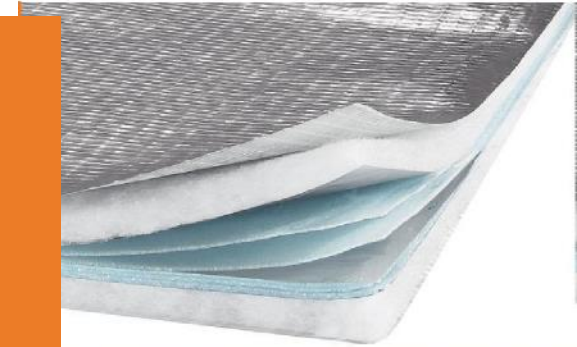
Capacità termica [KJ/kgK] c 1,300

Densità [kg/m³] p 43

Resistenza diffusione [-] j 20000

Costo materiale [€/m²] 25-35

Impiego TETTO – SOFFITTI - PARETI



LANA MINERALE

ORIGINE MINERALE – STRUTTURA FIBROSA (lana di vetro – lana di roccia)



CARATTERISTICHE TECNICHE

Conduttività termica [W/mK] A 0,035-0,050

Calore specifico [J/kgK] c 840

840

Densità [kg/m³] p 70-140

Resistenza diffusione [-] j 1-2

1-2

Resistenze [N/mm²] compr. 0,018 – 0,01

Reazione al fuoco (CE 8.2.2000) A1-A2-B1

Costo materiale [€/m³] 85/350 [€/m²] 18/32 R = 2,5 [m²K/W]

Cm per 12 ore di sfasamento 35 – 87 lana di roccia 58 – 120 lana di vetro

Impiego TETTO – SOFFITTI - PARETI ESTERNE -TRAMEZZI

PERLITE ESPANSA

ORIGINE MINERALE – STRUTTURA CELLULARE



CARATTERISTICHE TECNICHE

Conduttività termica [W/mK] A 0,045-0,080

Calore specifico [J/kgK] c 1000

Densità [kg/m³] p 80-180

Resistenza diffusione [-] p 2 (sfuso) -

5(pannelli)

Resistenze [kPascal] compr. 150 - 300

Reazione al fuoco (CE 8.2.2000) A1-A2-B1

Costo materiale [€/m³] 100/250 sfuso [€/m²] 5 – 15 pannelli in base a S

Cm per 12 ore di sfasamento 24 - 79

Impiego come isolante granulare Intercapedini pareti – Coperture – Sottotetti – Solai – Coperture – Intonaci termoisolanti - Canne fumarie

VETRO CELLULARE

ORIGINE MINERALE – STRUTTURA CELLULARE



CARATTERISTICHE TECNICHE

Conduttività termica [W/mK]

A 0,040-0,055

Calore specifico [J/kgK]

c 840

Densità [kg/m³]

p 105-165

Resistenza diffusione [-] li ∞

μ ∞

Resistenze [kPa] compr. 200 - 1700

200 - 1700

Reazione al fuoco (CE 8.2.2000) A1

Costo materiale [€/m³] 250/500 [€/m²] 35-60 R = 2,5 [m²K/W]

Cm per 12 ore di sfasamento 39 - 43

Impiego

SOLAI E PARETI CONTROTERRA e in ghiaia al disotto di strutture portanti e platee di fondazione – COPERTURE ADIBITE A GIARDINO, TERRAZZA, PARCHEGGIO -PISCINE



MINERALE ESPANSO (Calce cemento cellulare)

ORIGINE MINERALE – STRUTTURA CELLULARE

CARATTERISTICHE TECNICHE

Conduttività termica [W/mK] A 0,045-0,055

Calore specifico [J/kgK] c 1300

Densità [kg/m³] p 80-300

Resistenza diffusione [-] j 3-10

Resistenze [kPa] compr. Rc ≥ 350

Reazione al fuoco (CE 8.2.2000) A1

350

Costo materiale [€/m³] 200/300 [€/m²] 23-28 R = 2,5 [m²K/W]

Cm per 12 ore di sfasamento 29 – 41

Impiego

CAPPOTTO TERMICO ESTERNO – FACCIATE VENTILATE – ISOLAMENTO INTERNO (da verificare una corretta diffusione del vapore) – SFUSO in INTERCAPEDINI – PER CONGLOMERATI ALLEGGERITI TERMOFONOLISOLANTI

CALCIO SILICATO

ORIGINE MINERALE – STRUTTURA MICRO POROSA



CARATTERISTICHE TECNICHE

Conduktivité termica [W/mK]

A 0,050-0,080

Calore specifico [J/kgK]

c 1000

Densità [kg/m³]

p 115-300

Resistenza diffusione [-]

j 2-6

Resistenze [kPa] compr. Rc 500 - 1500

Reazione al fuoco (CE 8.2.2000) A1

Costo materiale [€/m³] 350-500 [€/m²] 75-113 R = 2,5 [m²K/W]

Cm per 12 ore di sfasamento 36 - 47

Impiego: RISANAMENTO TETTO PARETI ESTERNE isolamento interno

FIBRA DI LEGNO

ORIGINE VEGETALE – STRUTTURA FIBROSA



CARATTERISTICHE TECNICHE

Conduttività termica [W/mK] A 0,040-0,060

Calore specifico [J/kgK] c 1600-2100

Densità [kg/m³] p 130-250

Resistenza diffusione [-] j 5-10

Resistenze [N/mm²] compr. 0,069

Reazione al fuoco (CE 8.2.2000) B2



Costo materiale [€/m³] 200-300 [€/m²] 13-18 R = 2,5 [m²K/W]

Cm per 12 ore di sfasamento 24 - 54

Impiego

INTERCAPEDINI DI STRUTTURE IN LEGNO - COPERTURE – SOTTOPAVIMENTI E SOLAI – CAPPOTTI ESTERNI - VENTILATI - ISOLAMENTO ACUSTICO

LEGNO CEMENTO – LEGNO MAGNESITE

ORIGINE VEGETALE – STRUTTURA FIBROSA



CARATTERISTICHE TECNICHE

Conduttività termica [W/mK]

A 0,090-0,10

Calore specifico [J/kgK]

c 2100

Densità [kg/m³]

p 350-600

Resistenza diffusione [-]

j 5-10

Resistenze [kPa] compr. Rc 150 - 300

Reazione al fuoco (CE 8.2.2000) B2

Costo materiale [€/m³] 150-300 [€/m²] 35-65 R = 2,5 [m²K/W]

Cm per 12 ore di sfasamento 20 - 26

Impiego

TETTO – SOFFITTI - PARETI ESTERNE – TRAMEZZI – CASSERI ISOLANTI A PERDERE – RISANAMENTO DI MURI UMIDI - ISOLAMENTO DI AMBIENTI CONTROTERRA – RIVESTIMENTI FONOISOLANTI E FONOASSORBENTI E RESISTENTI AL FUOCO – BARRIERE FONOASSORBENTI STRADALI

FIBRA CELLULOSA

ORIGINE VEGETALE – STRUTTURA FIBROSA

CARTA DI GIRONALE RICICLATA = MATERIALE ECOLOGICO RICICLABILE



CARATTERISTICHE TECNICHE

Conduttività termica [W/mK] A 0,040-0,045

Calore specifico [J/kgK] c 1900

Densità [kg/m³] ρ 25-90

Resistenza diffusione [-] μ 1-2

Resistenze [N/mm²] compr.

Reazione al fuoco (CE 8.2.2000) B1-B2

Costo materiale [€/m³] 60-150 sfuso [€/m²] 6-25 R = 2,5 [m²K/W]

Cm per 12 ore di sfasamento 34 - 47

ρ 25-90

μ 1-2

Impiego

PANNELLI: INTERCAPEDINI DI STRUTTURE IN LEGNO - COPERTURE –
SOTTOPAVIMENTI E SOLAI – CAPPOTTI ESTERNI - INTERNI- VENTILATI - GRANULI
ISOLAMENTO ACUSTICO spruzzato sulle pareti.

FIBRA DI LINO

ORIGINE VEGETALE – STRUTTURA FIBROSA



CARATTERISTICHE TECNICHE

Conduttività termica [W/mK] λ 0,040

Calore specifico [J/kgK] c 1500

Densità [kg/m³] ρ 40-50

Resistenza diffusione [-] μ 1-2

μ 1-2

Resistenze [N/mm²] compr.

Reazione al fuoco (CE 8.2.2000) B2

Costo materiale [€/m³] 125-200 sfuso [€/m²] 8-25 in pannelli in base allo spessore
Cm per 12 ore di sfasamento 30 - 73

Impiego

INTERCAPEDINI DI STRUTTURE LIGNEE – CAPPOTTI INTERNI O ESTERNI VENTILATI,
CONTROSOFFITTO - SOTTOPAVIMENTI – SOLAI – RIEMPIMENTO DI FESSURE TRA
MURATURA E INFISSI – COME ANTICALPESTIO - IN PAVIMENTI GALLEGGIANTI

FIBRA DI COTONE

ORIGINE VEGETALE – STRUTTURA FIBROSA



CARATTERISTICHE TECNICHE

Conduttività termica [W/mK] λ 0,040

Calore specifico [J/kgK] c 840

Densità [kg/m³] ρ 20

Resistenza diffusione [-] μ 1-2

Resistenze [N/mm²] compr.

Reazione al fuoco (DIN 4102) B1-B2

μ 1-2

Costo materiale [€/m³] 150-450 [€/m²] 15-20 $R = 2,5$ [m²K/W]

Cm per 12 ore di sfasamento 51 - 89

Impiego

INTERCAPEDINI DI STRUTTURE LIGNEE – CAPPOTTI INTERNI O ESTERNI VENTILATI,
CONTROSOFFITTO - SOTTOPAVIMENTI – SOLAI – RIEMPIMENTO DI FESSURE TRA
MURATURA E INFISSI – COME ANTICALPESTIO - IN PAVIMENTI GALLEGGIANTI

SUGHERO

ORIGINE VEGETALE – STRUTTURA CELLULARE



CARATTERISTICHE TECNICHE

Conduttività termica [W/mK] A 0,040- 0,055

Calore specifico [J/kgK] c 1600-1800

c 1600-1800

Densità [kg/m³] p 65 - 160

Resistenza diffusione [-] j 2-10

Resistenze [kPa] compr. Rc 100 - 250

Reazione al fuoco (CE 8.2.2000) B-C

Costo materiale [€/m³] 150-350 [€/m²] 25-35 R = 2,5 [m²K/W]

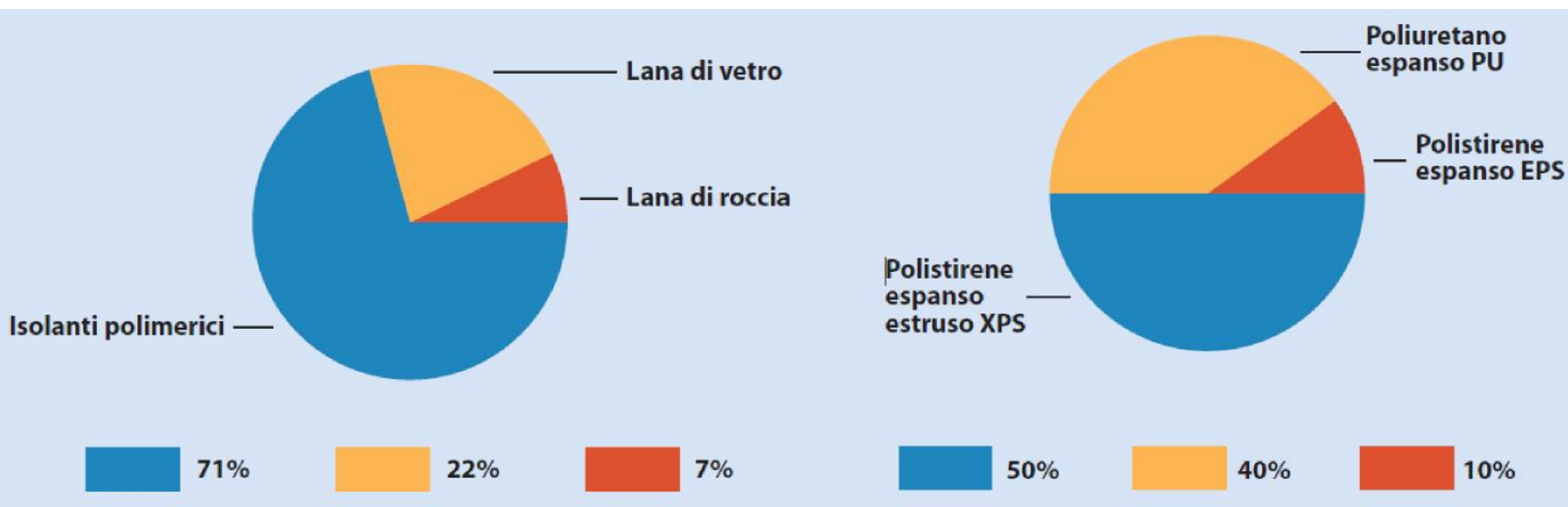
Cm per 12 ore di sfasamento 26 - 30

Impiego

Sfuso: INTERCAPEDINI DI PARETI – COPERTURE – SOLAI E SOTTOTETTI NON PRATICABILI – impastato con leganti usato in SOTTOFONDI ISOLANTI PRATICABILI

PANNELLI: INTERCAPEDINI – CAPPOTTI INTERNI ed ESTERNI – CONTROSOFFITTI – SOTTOTETTI – SOTTOPAVIMENTI E SOLAI

CONSUMI DI MATERIALI ISOLANTI



Fonte: PAOLELLA – COCCI GRIFONI: "Uso del polistirene espanso in edilizia"

Consumi italiani di materiali isolanti per l'edilizia e per tipologia di isolanti polimerici

CONSUMO ENERGETICO PER LA PRODUZIONE DI MATERIALI ISOLANTI

Materiali isolanti	Materiale	Energia grigia	
	Polistirolo espanso (EPS)	105	MJ/kg
	Schiuma di vetro	59	MJ/kg
	Lana di vetro	41	MJ/kg
	Lana di roccia	15,7	MJ/kg
	Fibre di legno	20	MJ/kg
	Lana di pecora	16,5	MJ/kg
	Pannelli di sughero	12,7	MJ/kg
	Fibre di cellulosa	3,6	MJ/kg

Fonte: PAOLELLA – COCCI GRIFONI: “Uso del polistirene espanso in edilizia”

ENERGIA INCORPORATA DI DIVERSI ISOLANTI

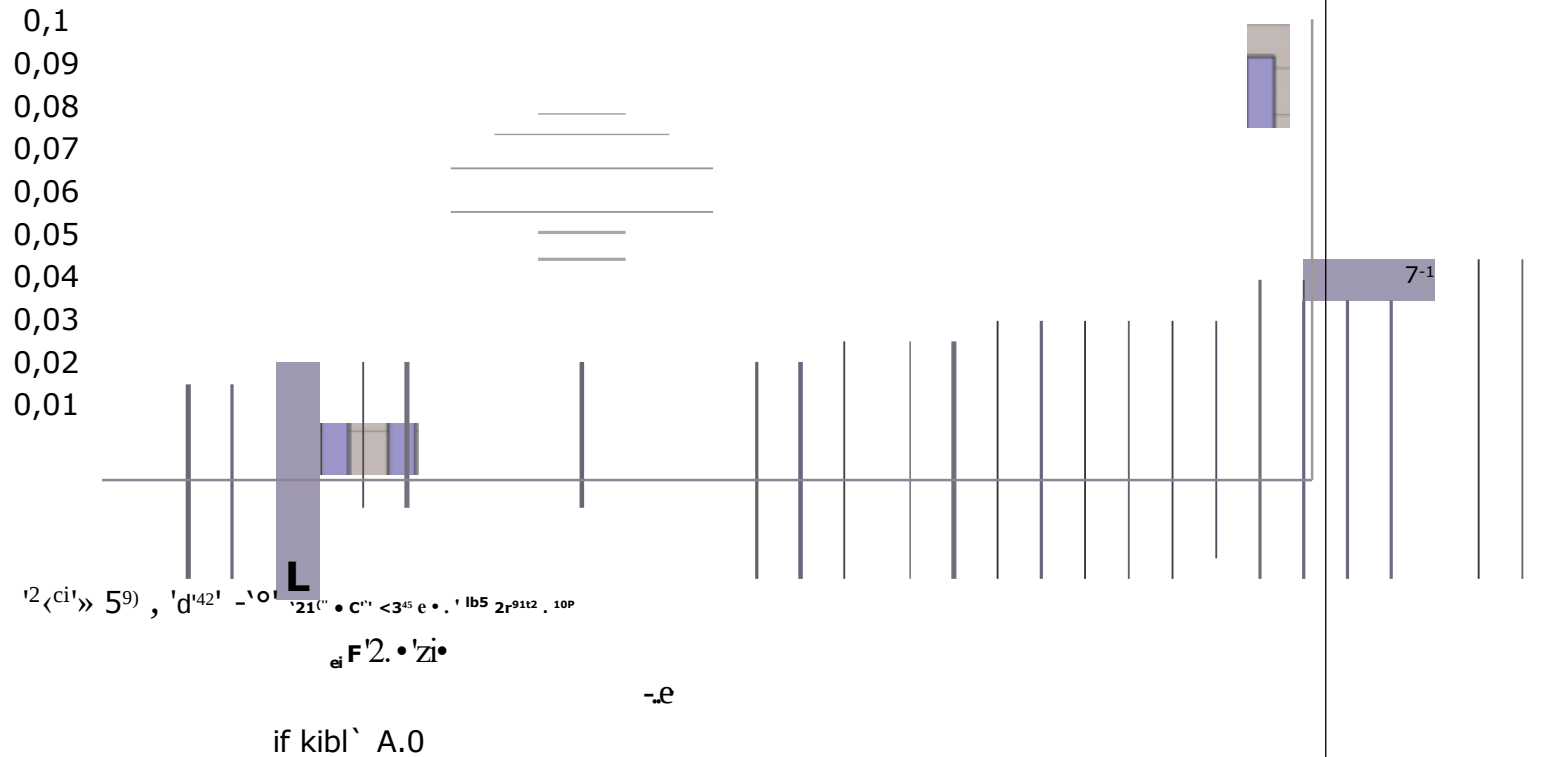
Materiale	Energia incorporata per unità di isolamento (MJ/m ²)
EPS/XPS	70
Lana di vetro	29
Lana di roccia	7
Lana di pecora (riciclata)	20
Cellulosa	19
Poliestere	59

Quantificare l'energia incorporata **significa stimare il consumo di energia diretta, indiretta e proveniente dallo sfruttamento di materie prime** che compete al sistema **produttivo** di ciascun materiale edile: è la quantità di energia consumata dall'acquisizione delle materie prime alla messa in opera di ciascun componente – materiale.

La QUANTIFICAZIONE DELL'ENERGIA INCORPORATA verifica il **PESO AMBIENALE** di un materiale

MATERIALI E CONDUTTIVITA' TERMICA

Termoisolanti - Conduttività termica [W/mK]



MATERIALI E CONDUTTIVITA' TERMICA



λ = LAMBDA DI CALCOLO
UNI EN ISO 10456 :2008

λ_D = LAMBDA DICHIARATO

La norma **UNI EN ISO 10456** per i materiali isolanti fornisce la metodologia per ricavare i valori dichiarati e di progetto, a partire da valori misurati, facendo riferimento anche alle norme specifiche di prodotto.

DIRETTIVA COSTRUZIONI E MARCATURA CE

La Direttiva 89/106 CEE (Construct& Directive Products, CPD) è In strumentr Ladottato dalla Comunità Europea per arantire la libera circolazione delle merci all'interno dell'Unione. La CPD fissa i 6 requisiti essenzia i che e **opere** devono garantire: Resistenza meccanica e stabilità, Sicurezza in caso di incendio, Igiene, salute e ambiente, Sicurezza nell'impiego, Protezione contro il rumore, Risparmio energetico.

I prodotti sono ritenuti idonei quando il ~piego consente all'opera di soddisfare i requisiti essenziali.

Per assicurare l'omogeneità delle valutazioni la Commissione Europea ha affidato al **CEN** il compito di definire, per ciascun prodotto, norme tecniche comuni (**EN**).

Al termine dell'iter legislativo previsto la norma europea viene recepita dagli Stati Membri (nel caso dell'Italia diventa norma **UNI-EN**) e l'apposizione della **marcatatura CE** diviene obbligatoria

L'apposizione della marcatatura CE impegna il fabbricante (e l'Ente o Laboratorio Notificato, se cworoTh gWantirecehi~o lidi~produzione eia valutazione delle •restazioni ven•ono e e ua i secon o i ai eri sa in a a norma'i n ennnen o.

La marcatatura CE consente di confrontare, con cri eri omogenei, **prodotti** che utilizzano la stessa norma EN di riferimento.

a **marcatatura** **non** **e** **un** **marchio** **di** **qualità** **e** **quindi** **non** **presuppone** **il** **raggiungimento** **di** **requisiti** **o** **prestazioni** **minime.**

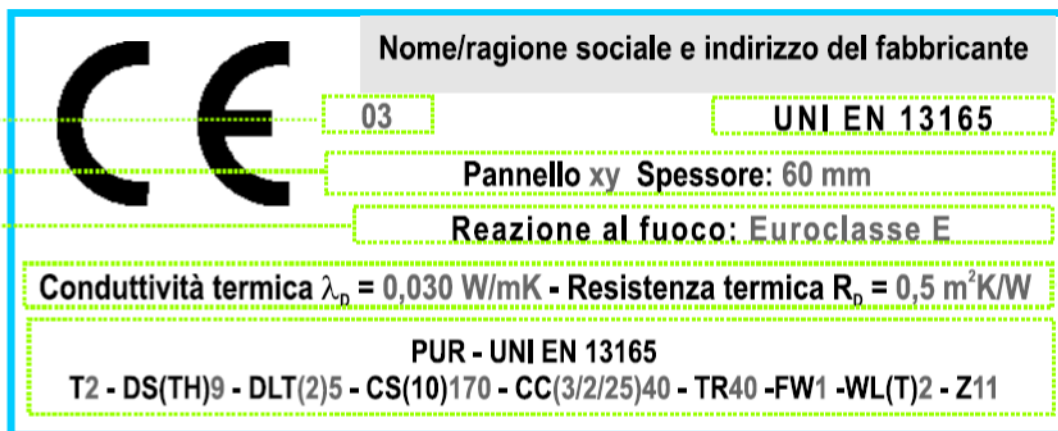
ESEMPIO PER LA LETTURA DELL'ETICHETTA CE

Ultime due cifre dell'anno di apposizione della marcatura CE

Norma europea di riferimento

Identificativo prodotto e spessore

Euroclasse di reazione al fuoco (EN 13501-1). La classificazione può variare, in funzione del tipo di schiuma (PUR o PIR) e della natura dei rivestimenti, dalla classe F (pannelli con rivestimenti cartacei bituminosi che non vengono sottoposti a prova), fino alla classe E o D. Tipologie particolari di pannelli con rivestimenti metallici possono raggiungere la Classe B. La Classe B viene inoltre agevolmente raggiunta quando i pannelli sono provati in condizioni d'uso finali, comprensive dei componenti edilizi (pareti, coperture, pavimenti) in cui sono inseriti.

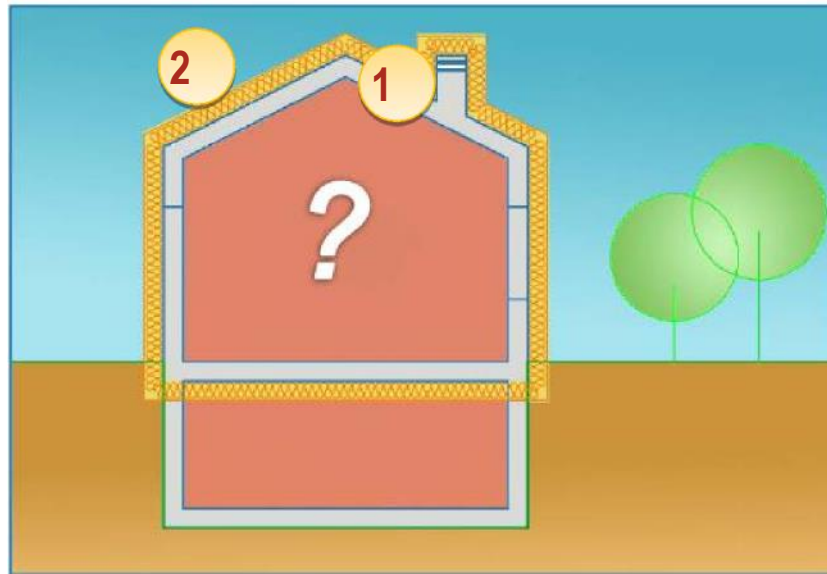


Conduttività termica Dichiarata (λ_p) e Resistenza Termica Dichiarata (R_p) (PrEN 12667 o UNI EN 12939): valore invecchiato ponderato per una durata di esercizio di 25 anni riferibile al 90% della produzione con il 90% di confidenza (90/90)

Codice di designazione. Vedi sotto e schema a pag. 4

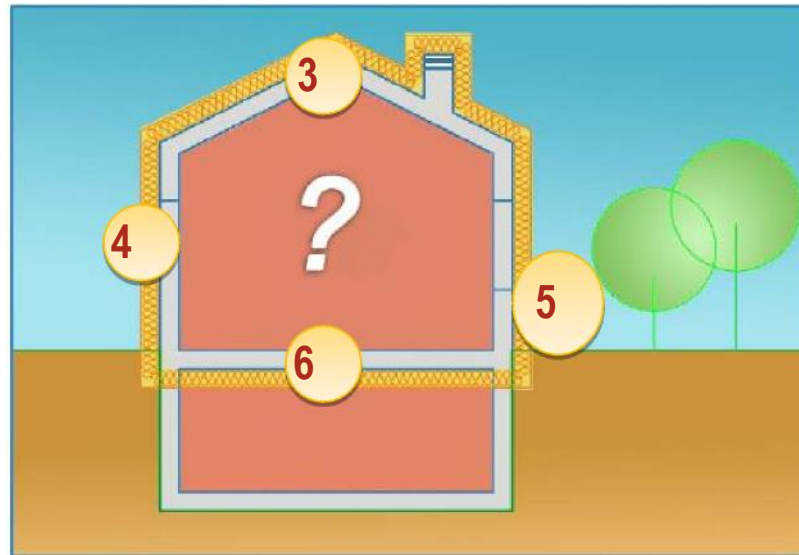
ISOLANTI: DOVE?

La scelta di un termoisolante e della sua consistenza dipendono dal campo di applicazione , dalle qualità fisiche desiderate, dai costi.... e da considerazioni ecologiche



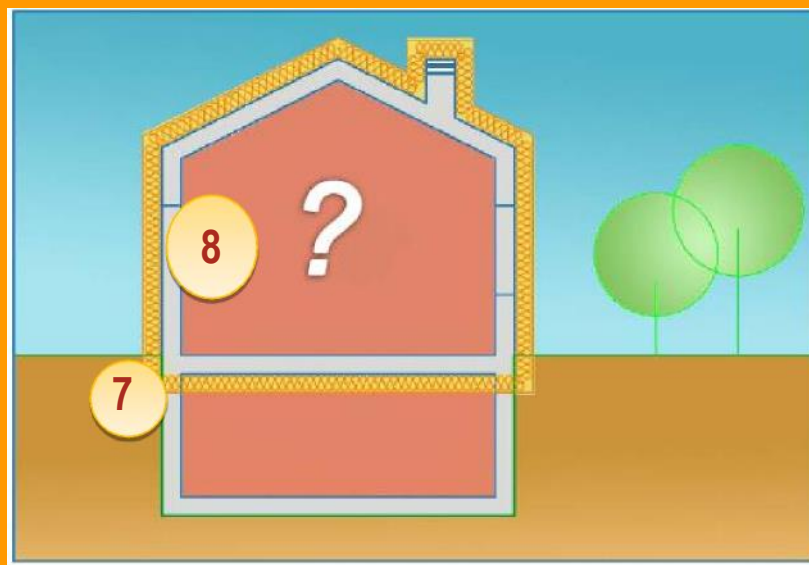
- 1. Ultimo solaio:** perlite espansa, EPS, XPS, lino, lana di vetro e roccia, fibra di legno, sughero, minerale espanso, vetro cellulare, cellulosa.
- 2. Solaio sulle travi:** EPS, XPS, lino, lana di vetro e roccia, fibra di legno, sughero, poliuretano, vetro cellulare.

ISOLANTI: DOVE?



- 3. **Solaio TRA travi:** EPS, XPS, lino, lana di vetro e roccia, fibra di legno, cellulosa
- 1. **Esterno pareti:** EPS, XPS, lana di vetro e roccia compressa, fibra di legno, sughero, minerale espanso, vetro cellulare, poliuretano, legno mineralizzato.
- 2. **Isolamento intercapedine:** EPS, XPS, lana di vetro e roccia, fibra di legno, sughero, minerale espanso, vetro cellulare, cellulosa, perlite espansa, legno mineralizzato.
- 3. **Isolamento acustico anti calpestio:** lana di roccia e di vetro, fibra di legno, polistirolo espanso elastificato, poliuretano flessibilizzato, canapa, cotone

ISOLANTI: DOVE?



7. Isolamento perimetrale: polistirolo espanso (idrofoobbizzato), polistirolo estruso, vetro cellulare

1. Isolamento interno della parete: silicato di calcio, cellulosa (con struttura interna a diffusione aperta!), poliuretano accoppiato con alluminio, vetro cellulare, isolamento sottovuoto (posa stagna al vapore).

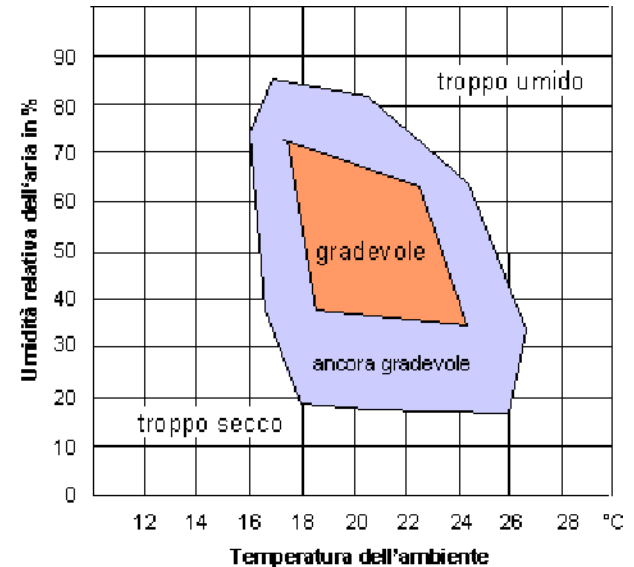
Temperatura di sensazione

$$>>> \frac{[T_{aria} + T_{med Rad}]}{2}$$

- 2°C di riscaldamento



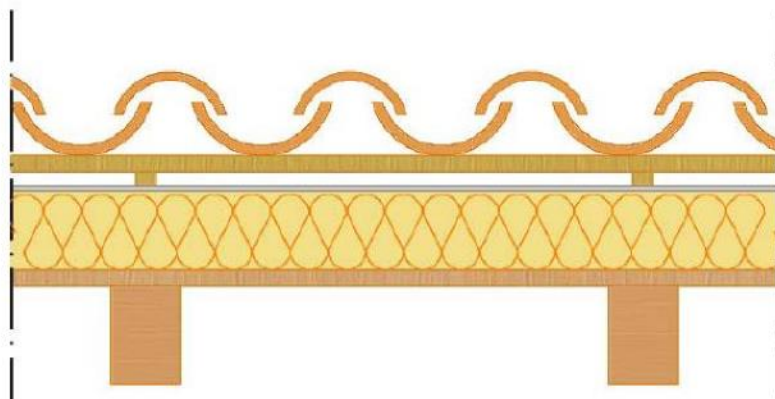
-6% spese di riscaldamento



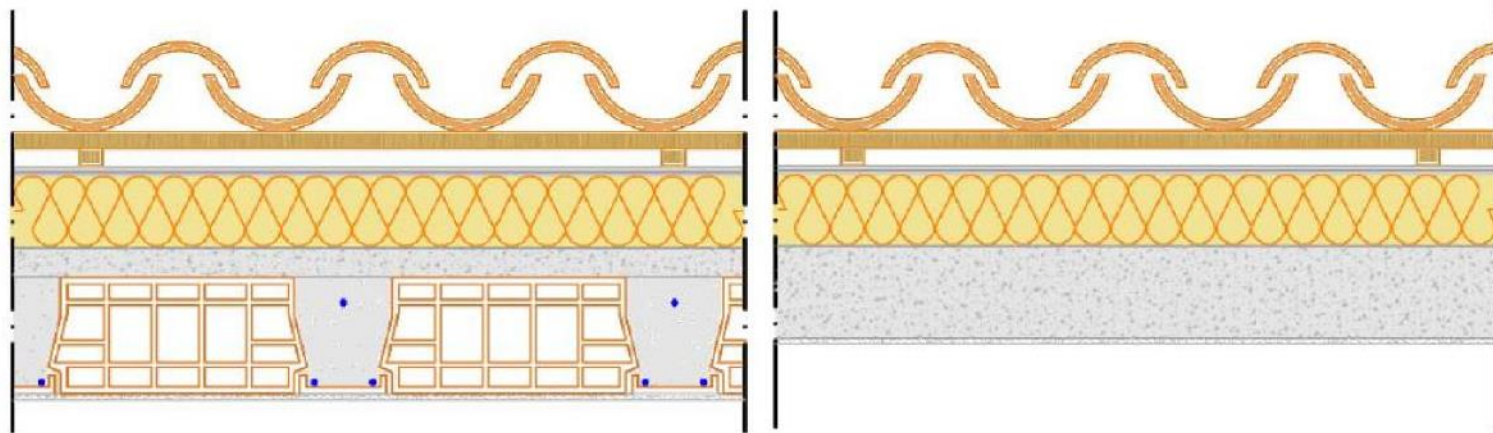
In un edificio poco isolato le temperature superficiali sono 14-16°C; pur avendo una temperatura dell'aria di 20°C non è sufficiente a garantire il comfort, perché la temperatura di sensazione è pari a circa 17°C. Per compensare tale lacuna la temperatura dell'aria dovrebbe essere di 22-24°C.

In un edificio ben isolato con temperatura superficiale di 19°C il comfort viene raggiunto con una temperatura ambiente di 19-20°C, il che consente un ulteriore risparmio di energia (6%)

Quale isolante?



Un coibente che si adatta sia per l'inverno che per l'estate è la FIBRA DI LEGNO



**COIBENTAZIONE
LEGGERA
EPS**

$$U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$(p = 9h \text{ 40'}$$

**COIBENTAZIONE
PESANTE**

FIBRA di LEGNO

$$U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$(p = 17h \text{ 20'}$$

**COIBENTAZIONE
LEGGERA
EPS**

$$U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$(p = 7h \text{ 40'}$$

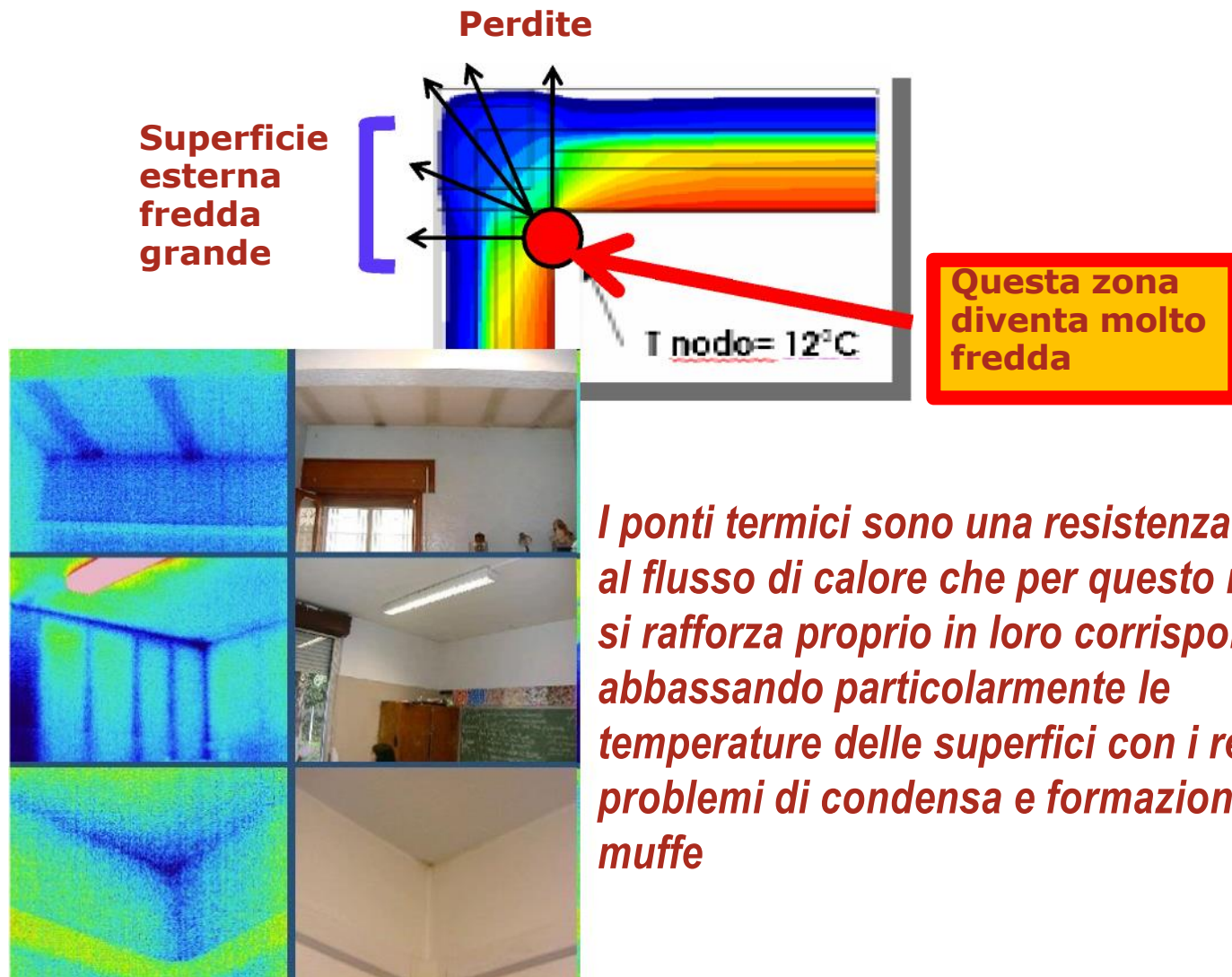
**COIBENTAZIONE
PESANTE**

FIBRA di LEGNO

$$U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$$

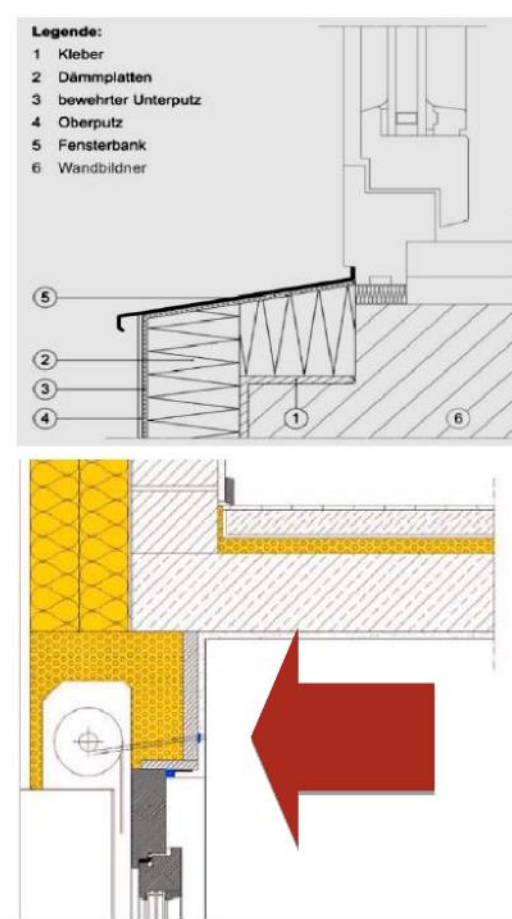
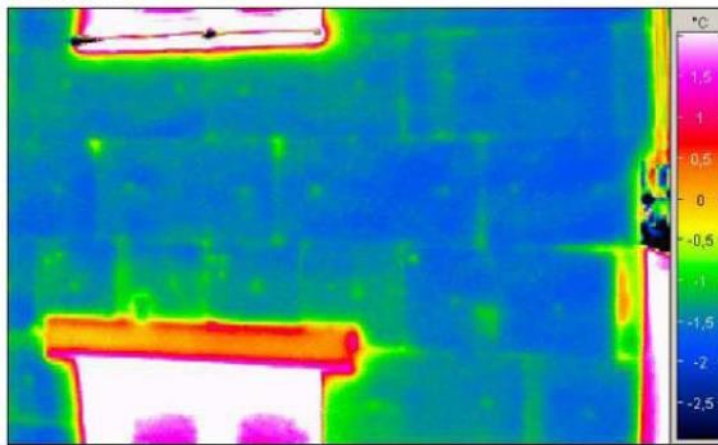
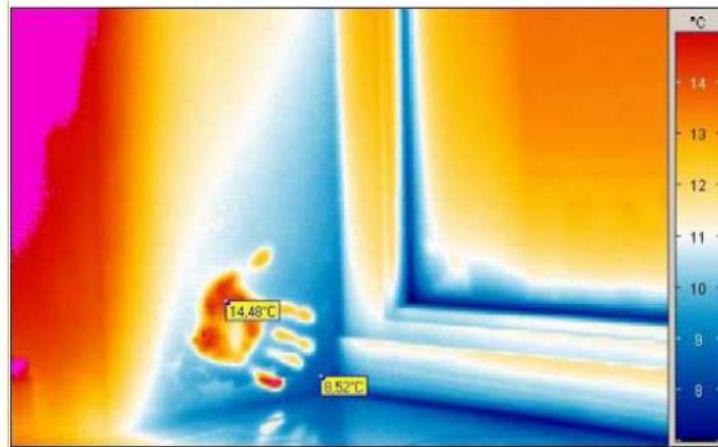
$$(p = 15h \text{ 20'}$$

PONTI TERMICI



I ponti termici sono una resistenza minima al flusso di calore che per questo motivo si rafforza proprio in loro corrispondenza abbassando particolarmente le temperature delle superfici con i relativi problemi di condensa e formazione di muffe

PONTI TERMICI: le finestre



E' necessario prevedere l'applicazione dell'isolamento termico anche dietro ai cassonetti degli avvolgibili oppure installare dei cassonetti già dotati di isolamento completo per evitare la formazione di ponti termici in questa zona critica

SPORTELLLO **ENERGIA**

information - tutoring - sustainability

ENER.LOC.
ENERGIA | ENTI LOCALI | AMBIENTE



Camera di Commercio
Sassari



GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

Arch. Ph.D. Teresa Cervino
Energy consultant PromoPA Fondazione
teresa.cervino@ing.unipi.it