
Calcolo della resistenza termica delle strutture, trasmittanza e trasmittanza media. Prestazioni delle strutture verso ambienti non riscaldati e controterra e influenza dei ponti termici.



-
- Trasmissione termica e trasmissione media
 - Influenza dei ponti termici
 - Calcolo di strutture su terreno e ambienti non riscaldati

Ing. Rossella Esposti

Le regole per la correzione del lambda dichiarato

CORREGGERE IL λ_d

UNI TS 11300-1:2014 “... le caratteristiche dei materiali ed in particolare la **conducibilità termica λ** , devono essere **opportunamente corretti per tener conto delle condizioni in cui si opera in accordo con la norma UNI EN ISO 10456.**”

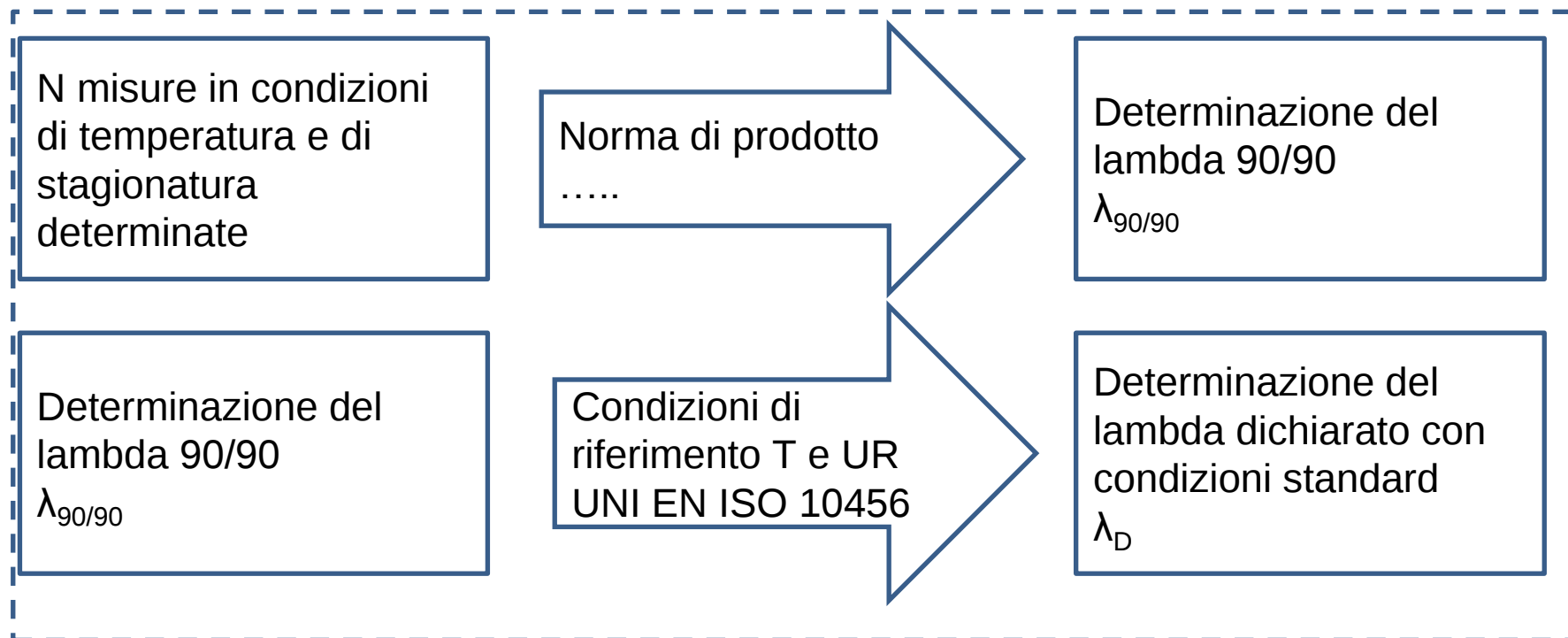
- **Cosa dice la UNI EN ISO 10456?**

Design values can be obtained from declared values, measured values or tabulated values (see Clause 8).

Measured data shall be either

- directly measured values in accordance with the test methods given in Clause 4, or
- obtained indirectly by making use of an established correlation with a related property, such as density.

If the set of conditions for declared, measured or tabulated values can be considered relevant for the actual application, those values can be used directly as design values. Otherwise, conversion of data shall be undertaken according to the procedure given in Clause 7.



LA VALUTAZIONE DELLA CONDUTTIVITÀ DI PROGETTO

$$\lambda_1 = \lambda_2 \cdot F_t \cdot F_m$$

$$F_t = e^{f_t \cdot (T_2 - T_1)} \quad \text{fattore di conversione temperatura}$$

$$F_m = e^{f_u \cdot (u_2 - u_1)} \quad \text{fattore di conversione}$$

$$F_m = e^{f_\psi \cdot (\psi_2 - \psi_1)} \quad \text{umidità}$$

Dove:

T sono le condizioni di temperatura

u è il contenuto di umidità espresso in kg/kg

ψ è il contenuto di umidità espresso in m^3/m^3

IMPORTANTE

Conduttività λ – 10351 Prospetto A1 “ARCHIVIO STORICO”



Conduttività λ_D – 10456 o marcatura CE o 10351 Prospetto 1

Correzioni di parametri termici e maggiorazioni

Conduttività I – 10351 Prospetto A1 “ARCHIVIO STORICO”

UNI 10351 (pubblicata nel 1994) tabella = Prospetto A1 nuova UNI 10351

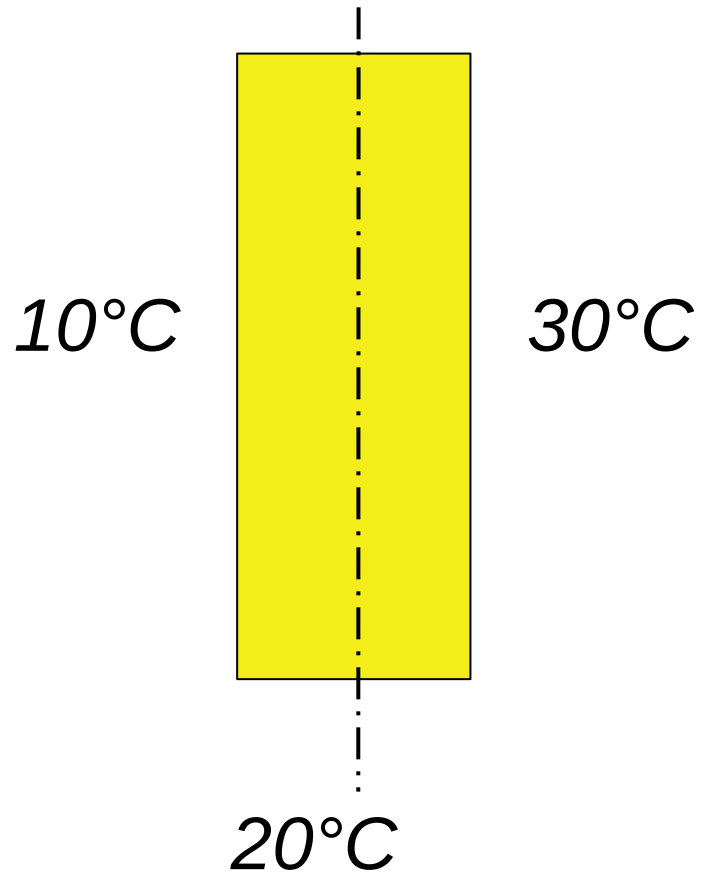
DESCRIZIONE	Massa volumica	δa (10^{-12})	δu (10^{-12})	λm secco	m	λ_{utile}
	Kg/m ³	Kg/msPa	Kg/msPa	W/mK	%	W/mK
Poliuretani ²²⁾						
Poliuretani in lastre ricavate da blocchi	25	1 a 2	1 a 2	0,031	10%	0,034
	32	1 a 2	1 a 2	0,023	40%	0,032
	40	1 a 2	1 a 2	0,022	45%	0,032
	50	1 a 2	1 a 2	0,022	45%	0,032

- *Contenuto percentuale di umidità*
- *Invecchiamento*
- *Costipamento materiali sfusi*
- *Manipolazione e installazione*
- *Tolleranza sullo spessore*

m (%)

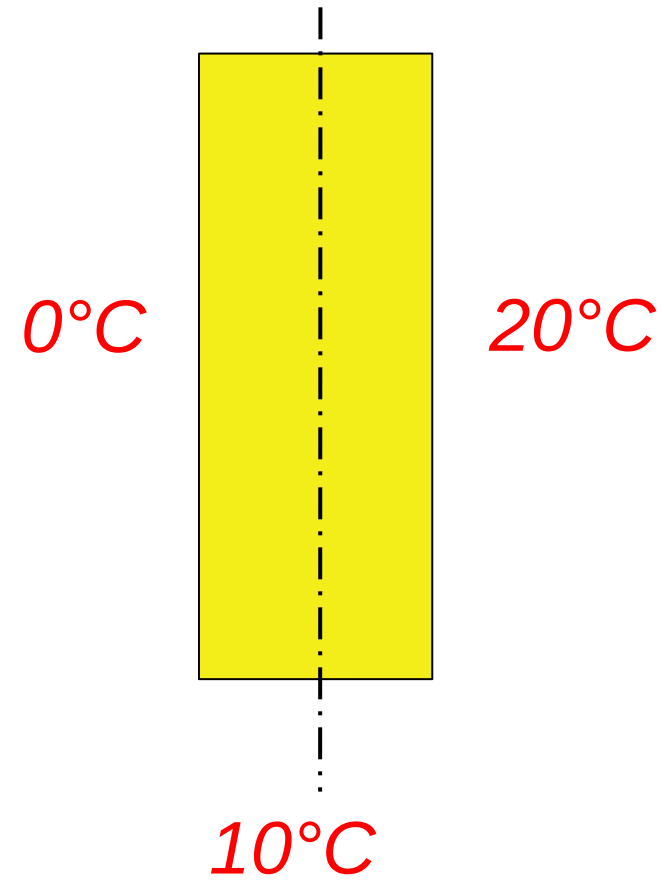
NON SI APPLICA AI λ_D

Misura UNI 10351 (1994)



Valore λ da norma

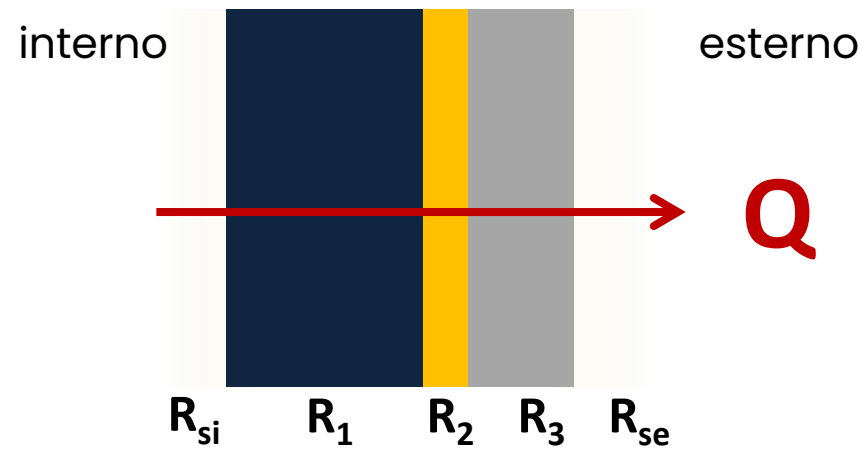
Marcatura CE per λ_D



Valore λ dichiarato

Il calore attraverso una parete

LA TRASMISSIONE DEL CALORE



$$Q = U \cdot A \cdot (\Delta T)$$

Trasmittanza

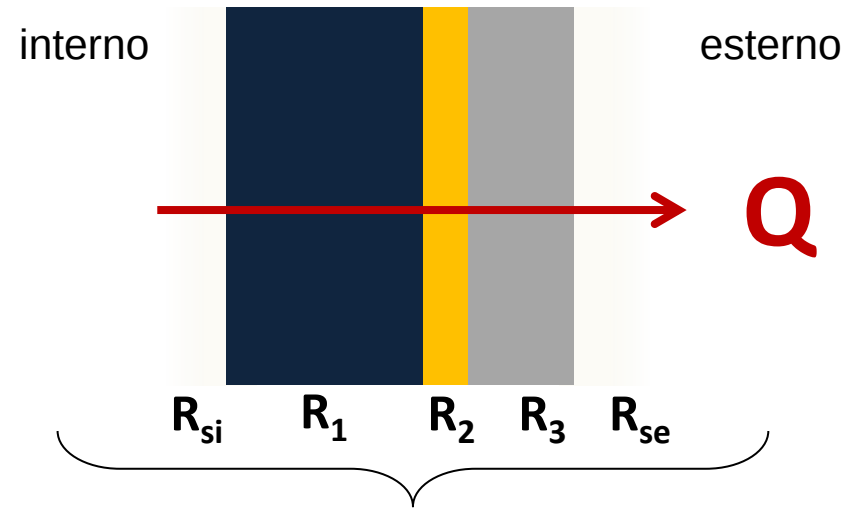
Area

Salto termico

LA TRASMISSIONE DEL CALORE

$$U = \frac{1}{R_{\text{tot}}}$$

Norma di riferimento UNI 6946



$$R_{\text{tot}} = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_{se}$$

Quante tipologie di strati
possono capitare?

- Resistenze superficiali
- Resistenze di strati omogenei
- Resistenze di strati non omogenei
- Resistenze di intercapedini d'aria

LA TRASMISSIONE DEL CALORE

Definizione secondo UNI EN ISO 6946

strato termicamente omogeneo:

strato di spessore costante avente proprietà termiche che possono essere considerate come uniformi.

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

Diagram illustrating the formula for thermal resistance (R) of a homogeneous layer:

- R : Resistenza termica dello strato omogeneo
- d : Spessore dello strato lungo la direzione del flusso termico
- λ : Conduttività termica
 - Valori secondo norma (UNI EN ISO 10456 e UNI 10351)
 - Valori dichiarati λ_D

RISPETTO DELLA LEGISLAZIONE

Trasmittanza termica media U

Ove fosse prevista la verifica, si ricorda che i valori di trasmittanza termica limite si considerano comprensivi dei ponti termici all'interno delle strutture oggetto di intervento.

La trasmittanza di progetto della struttura si calcola quindi come:

$$U_{progetto} = \frac{\sum_i (A_i \cdot U_i) + \sum_j (\psi_j \cdot l_j \cdot F_p)}{\sum_i A_i}$$

dove:

A estensione dell'area oggetto di intervento [m^2]

U è la trasmittanza termica della struttura oggetto di intervento [W/m^2K]

ψ_j è la trasmittanza lineica del ponte termico considerato [W/mK]

l_j è l'estensione lineare del ponte termico j-esimo [m]

F_p è un fattore di ponderazione pari a 1 o a 0.5 a seconda della competenza del ponte termico

Questi parametri e la verifica della trasmittanza, vanno riportati in allegato alla relazione tecnica attraverso schede e tabelle.

TABELLA 1 (Appendice B) Trasmittanza termica U massima delle strutture opache verticali , verso l'esterno soggette a riqualificazione		
Zona climatica	U _{limite} [W/m ² K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	0,45	0,40
C	0,40	0,36
D	0,36	0,32
E	0,30	0,28
F	0,28	0,26

TABELLA 3 (Appendice B) Trasmittanza termica U massima delle strutture opache orizzontali di pavimento , verso l'esterno soggette a riqualificazione		
Zona climatica	U _{limite} [W/m ² K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	0,48	0,42
C	0,42	0,38
D	0,36	0,32
E	0,31	0,29
F	0,30	0,28

TABELLA 2 (Appendice B) Trasmittanza termica U massima delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura , verso l'esterno soggette a riqualificazione		
Zona climatica	U _{limite} [W/m ² K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	0,34	0,32
C	0,34	0,32
D	0,28	0,26
E	0,26	0,24
F	0,24	0,22

TABELLA 4 (Appendice B) Trasmittanza termica U massima delle chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti (*), comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatiz. soggette a riqualificazione		
Zona climatica	U _{limite} [W/m ² K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	3,20	3,00
C	2,40	2,00
D	2,10	1,80
E	1,90	1,40
F	1,70	1,00

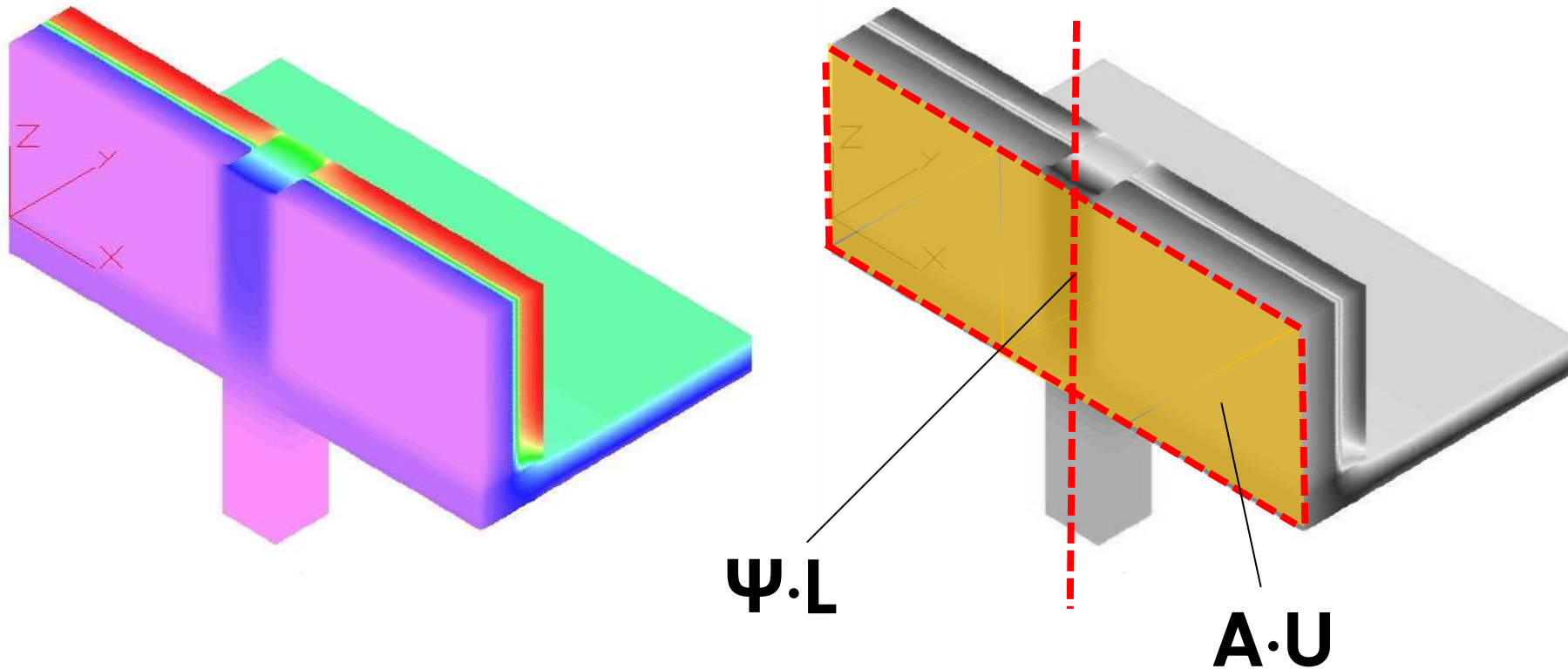
Incremento del 30% del limite

Solo in caso di **interventi di riqualificazione energetica** che prevedano l'isolamento termico della superficie **opaca interna** dell'involucro edilizio o l'isolamento termico in intercapedine, i valori delle trasmittanze di cui alle tabelle da 1 a 4 dell'Appendice B, sono incrementati del **30%**.

(DM 26/6/2015, Allegato 1, punto 1.4.3)

TRASMITTANZA E PONTI TERMICI: IL SIGNIFICATO DELLA TRASMITTANZA MEDIA

Come considero i ponti termici?



COME VALUTO IL PONTE TERMICO?

Coefficiente dispersivo pilastro

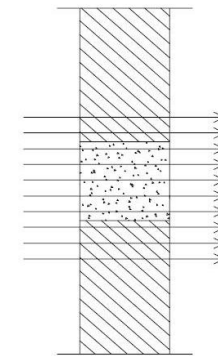
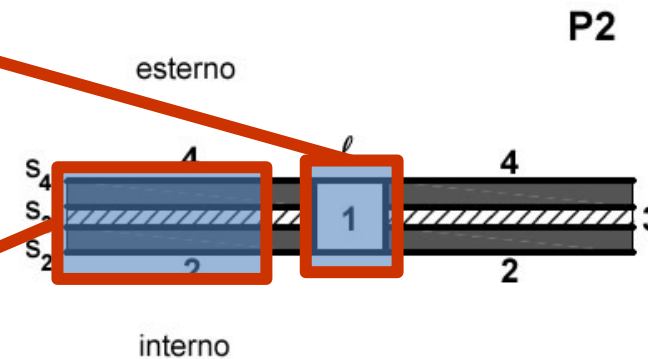
$$U \times A = 3.12 \times 0.3 = 0.93$$

Coefficiente dispersivo parete

$$U \times A = 0.34 \times 2 = 0.68$$

Coefficiente dispersivo $H_t = 0.93 + 0.68 = 1.61$
W/K

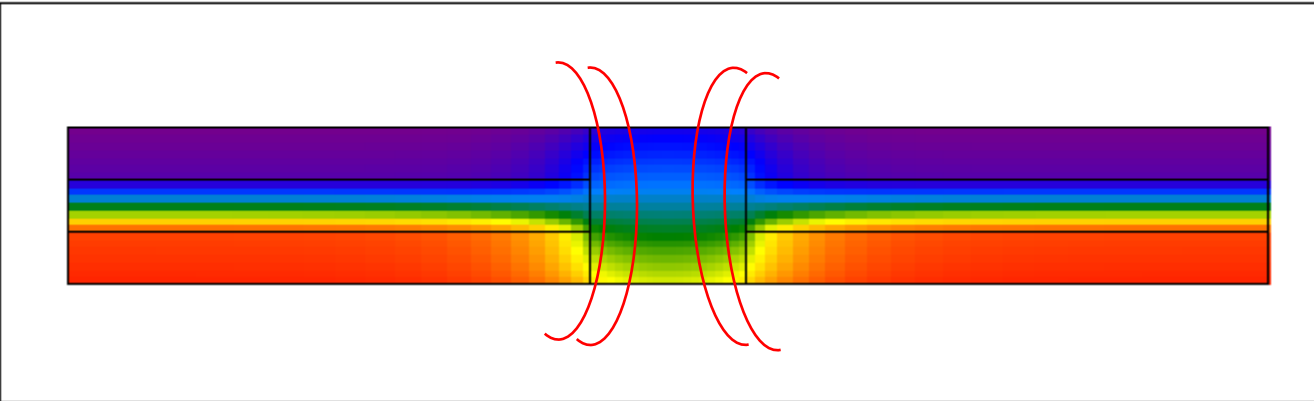
$$\text{Flusso termico} = 1.61 \times 18.3 = 29.46 \text{ W}$$



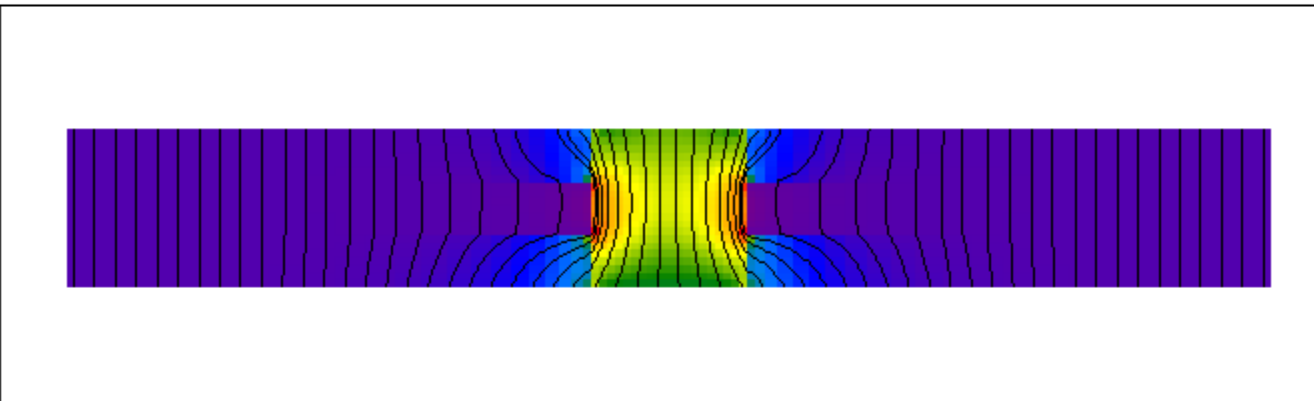
Flusso monodimensionale

E AGLI ELEMENTI FINITI?

Temperatura



Flusso



Temperatura	Flusso
20,0	105,4
19,2	101,0
18,5	96,6
17,7	92,2
17,0	87,8
16,2	83,4
15,4	79,0
14,7	74,6
13,9	70,2
13,1	65,9
12,4	61,5
11,6	57,1
10,9	52,7
10,1	48,3
9,3	43,9
8,6	39,5
7,8	35,1
7,0	30,7
6,3	26,3
5,5	22,0
4,8	17,6
4,0	13,2
3,2	8,8
2,5	4,4
1,7	0,0

Modifica dati

Visualizza
relazione

Flusso interno 34,1710 W

PSI interno 1,0796 W/m K

Umidità relativa interna

65 %

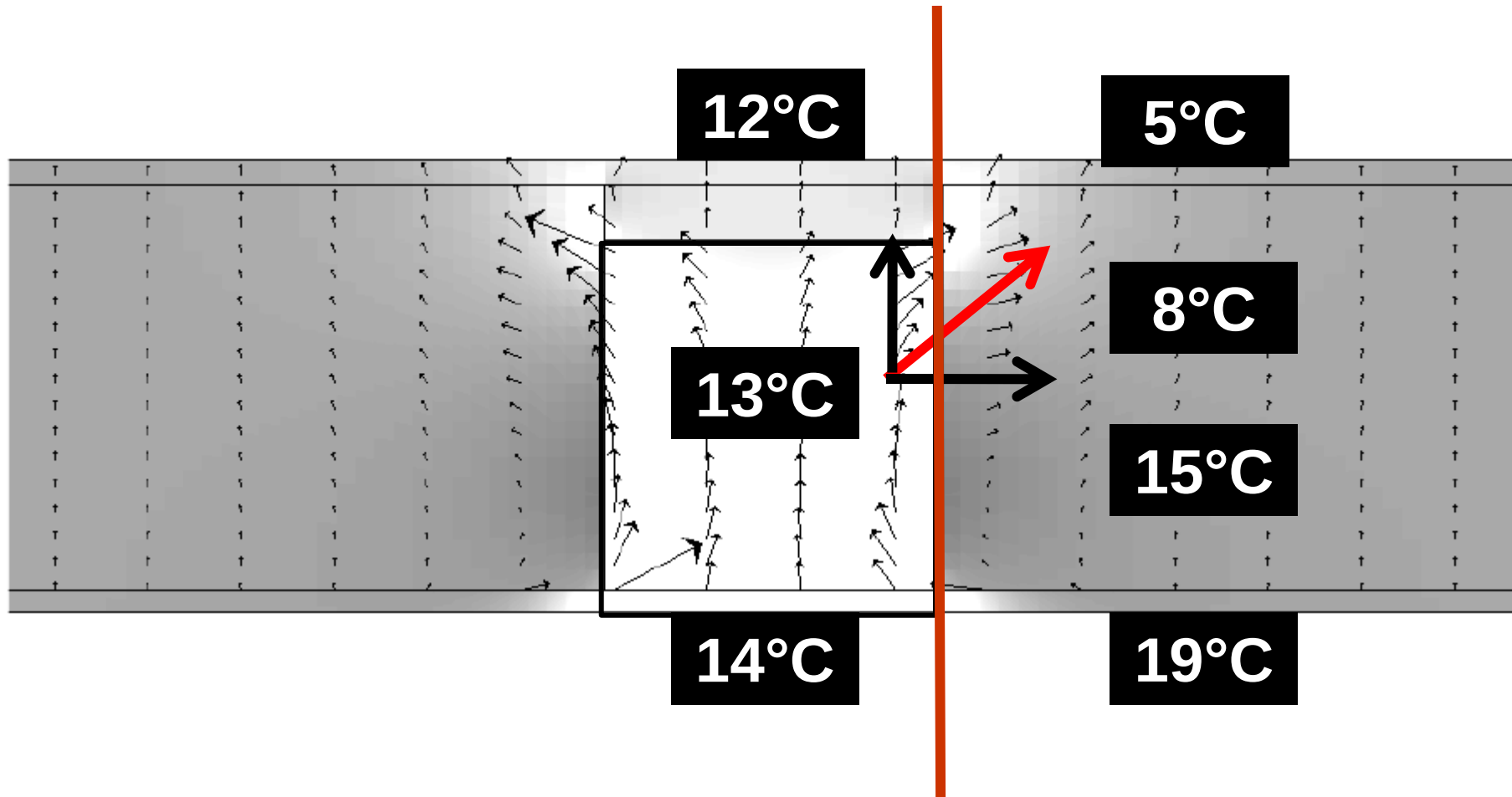
Temperatura superficiale minima per evitare valori critici di umidità superficiale 16,32 °C

Flusso esterno 34,1710 W

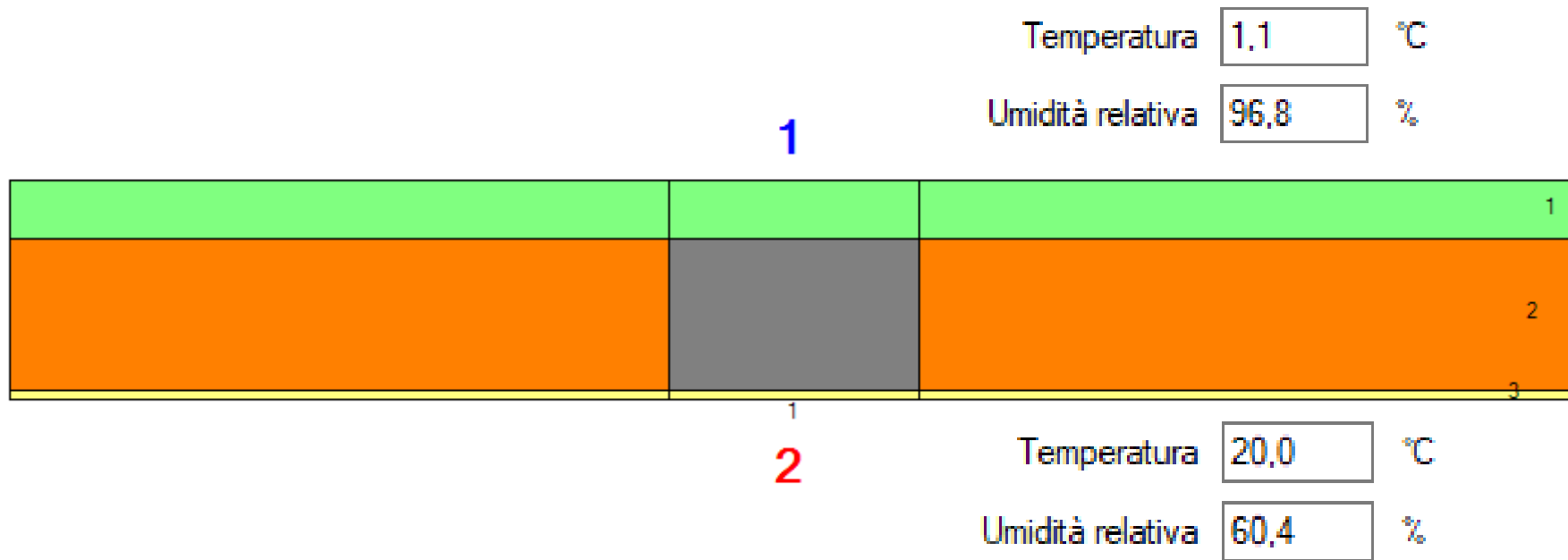
PSI esterno 1,0796 W/m K

Temperatura superficiale interna minima 13,50 °C

FUNZIONAMENTO DEL PONTE TERMICO



SIGNIFICATO FISICO DI ψ



A

L'analisi agli elementi finiti risponde a questa domanda:

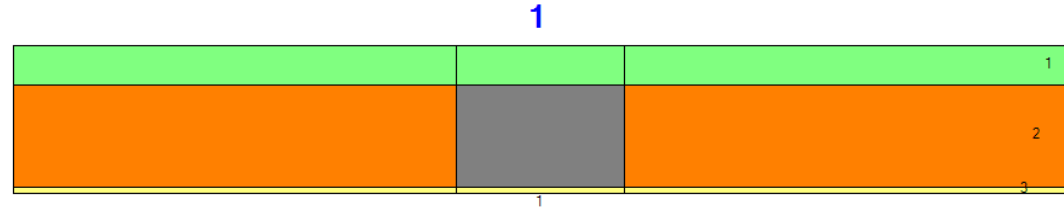
Quanto vale il flusso attraverso il nodo?

Flusso = 14,762 [W/m]

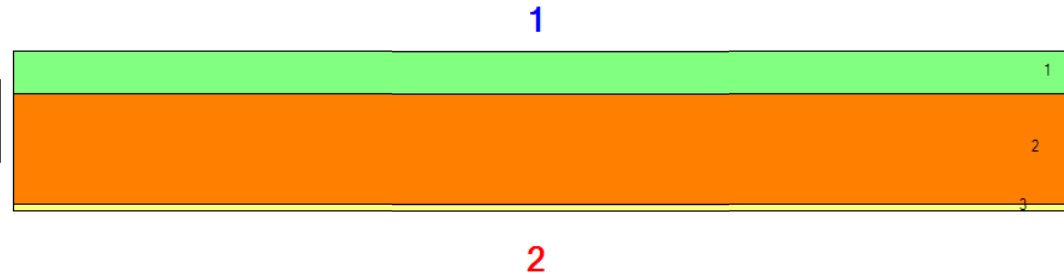
$L2D = \text{Flusso} / \Delta T = 14,762 / (20.0 - 1.1) = 0,781 \text{ [W/mK]}$

C Quanto pesa energeticamente il pilastro?
Per rispondere confrontiamo il caso **A** e il
caso **B**

$$L2D = 0,781 \text{ [W/mK]}$$



$$\text{Disp.} = 0,760 \text{ [W/mK]}$$



$$\Psi = L2D - \text{Disp.} = 0,021 \text{ [W/mK]} \quad \Psi_e = \Psi_i$$

Verifica di Um unica per tipologia

La verifica della trasmittanza va condotta **per tutte le strutture della stessa tipologia** indipendentemente dall'orientamento, dallo spessore e dalla stratigrafia delle diverse porzioni.

Le tipologie di strutture sono quelle corrispondenti alle tabelle dell'Appendice B, cioè:

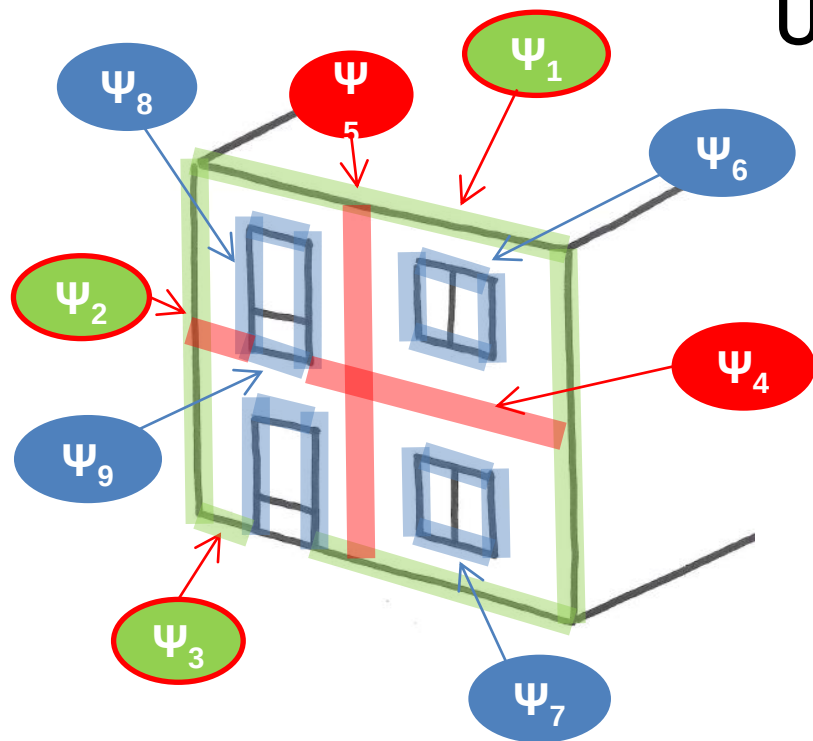
- Strutture opache verticali;
- Strutture opache orizzontali o inclinate di copertura;
- Strutture opache orizzontali di pavimento.

(FAQ 3.16 di dicembre 2018)

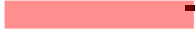
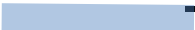


VALUTAZIONE PONTI TERMICI PER U MEDIA

$$U_{\text{progetto}} = \frac{\sum_i (A_i \cdot U_i) + \sum_j (\Psi_j \cdot l_j)}{\sum_i A_i} \leq U_{\text{limite}}$$

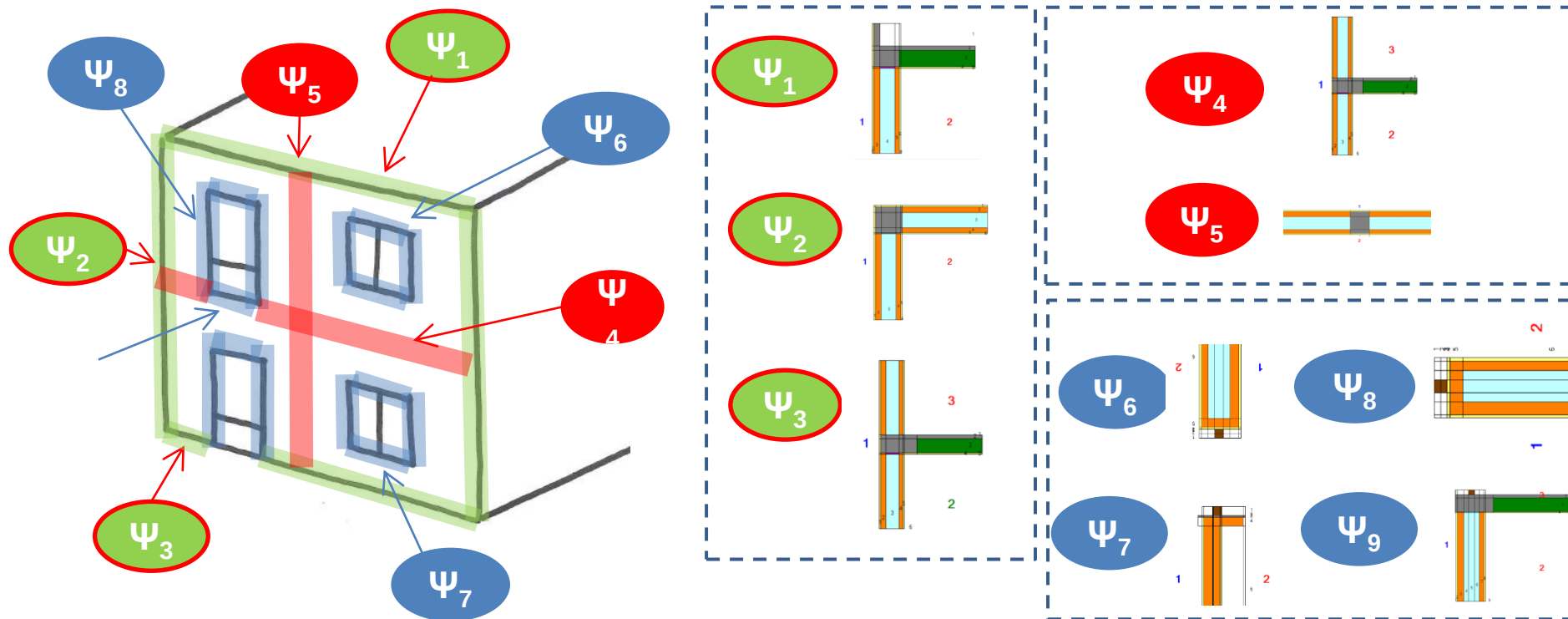


Dove Ψ è da valutare al:

-  - 100% se all'interno dell'area
-  - 50% se al perimetro dell'area
-  - 100% (o 50%?)



VALUTAZIONE PONTI TERMICI PER U MEDIA

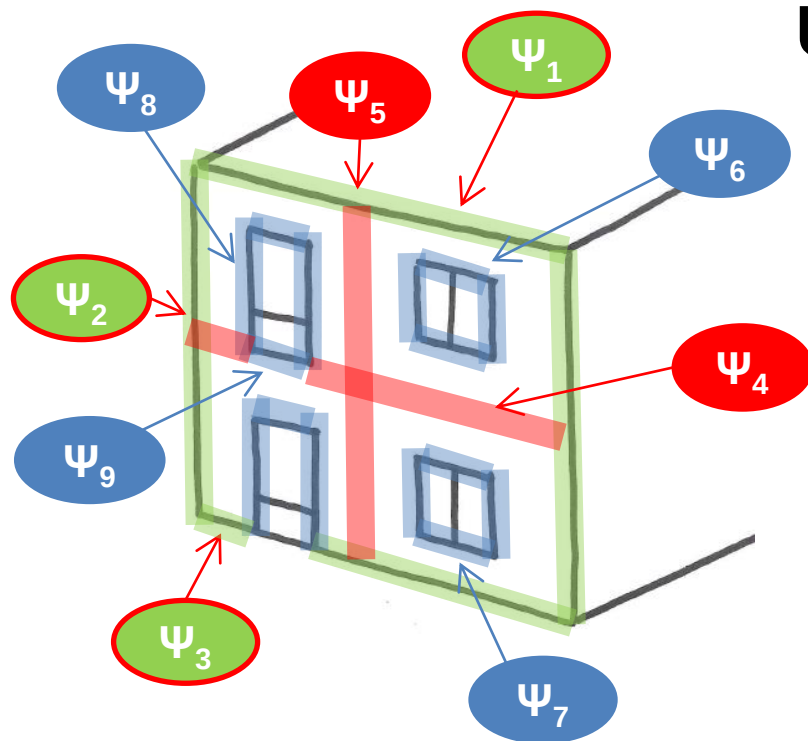


In ogni ponte è ben definibile:

- Parete/solaio
- Serramento/parete

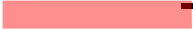


VALUTAZIONE PONTI TERMICI PER U MEDIA



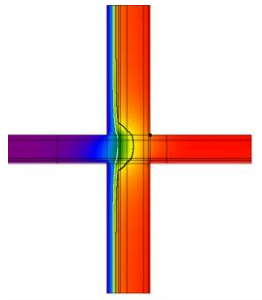
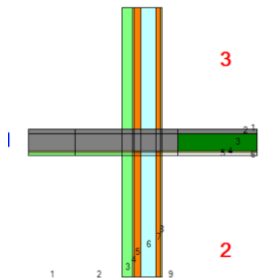
$$U_{\text{progetto}} = \frac{\sum_i (A_i \cdot U_i) + \sum_j (\Psi_j \cdot l_j)}{\sum_i A_i} \leq U_{\text{limite}}$$

Dove Ψ è da valutare al:

-  - 100% se all'interno dell'area
-  - 50% se al perimetro dell'area
-  - 0% se tra serramento e parete

IL «PESO» DEI BALCONI

Isolamento a cappotto 14 cm e 4 cm sotto balcone



Flussi [W]

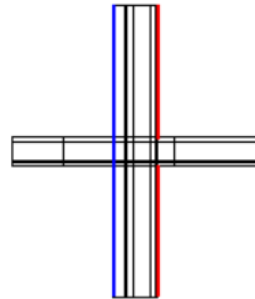
	attraverso parete 1	attraverso parete 2	totale
► Interno	12,800	11,329	24,129
Esterno	5,570	18,559	24,129

Coefficiente di accoppiamento L2d 1,508 W/m K

Trasmittanze lineari Ψ [W/m K]

	psi totale	attraverso parete 1	attraverso parete 2
► Interno	0,913	0,485	0,429
Esterno	0,849	0,196	0,653

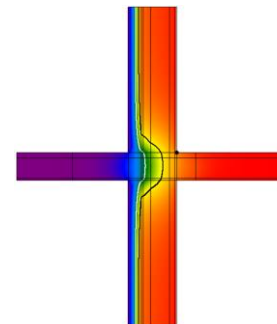
Visualizza iterazioni



Condensa e muffa

	Temperatura superficiale minima [°C]
► Per evitare condensa	11,4
Per evitare formazione di muffe	14,8
Di progetto	17,7

Isolamento a cappotto 14 cm senza isolamento sotto il balcone



Flussi [W]

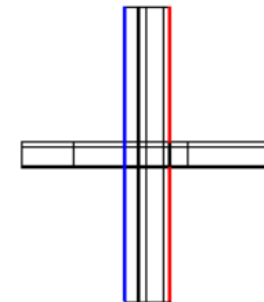
	attraverso parete 1	attraverso parete 2	totale
► Interno	12,772	12,206	24,978
Esterno	11,853	13,125	24,978

Coefficiente di accoppiamento L2d 1,561 W/m K

Trasmittanze lineari Ψ [W/m K]

	psi totale	attraverso parete 1	attraverso parete 2
► Interno	0,967	0,494	0,472
Esterno	0,909	0,432	0,478

Visualizza iterazioni



Condensa e muffa

	Temperatura superficiale minima [°C]
► Per evitare condensa	11,4
Per evitare formazione di muffe	14,8
Di progetto	17,2

TRASMITTANZA TERMICA MEDIA

«Quanto isolante» ci vuole per rispettare il limite di legge?

Dipende dalla geometria dell'edificio... Cioè da **quanti ponti termici ha!**

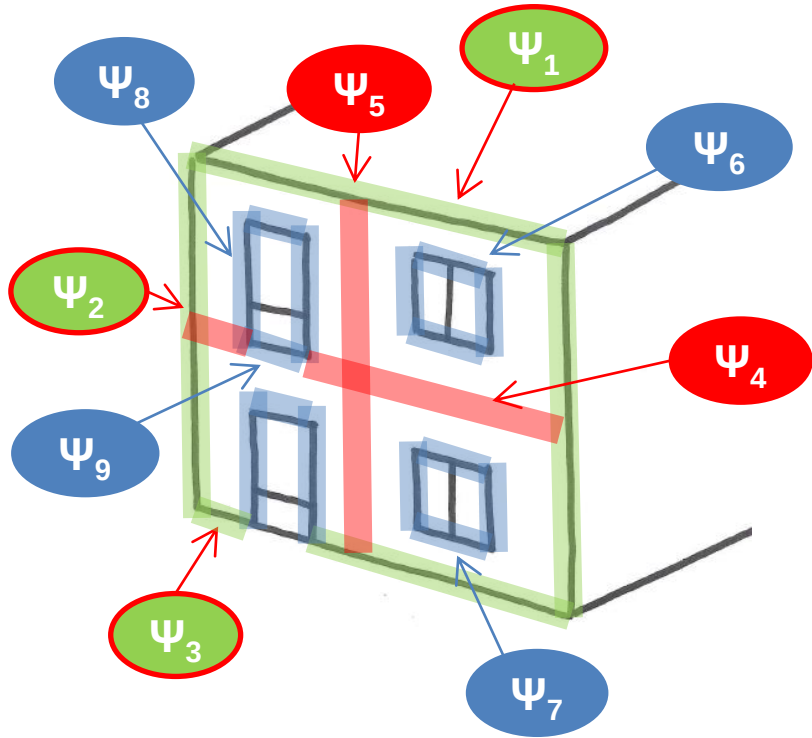


Valori di trasmittanza massimi consentiti per l'accesso alle detrazioni [W/m²K]

Z.C.	Strutture opache verticali		Strutture opache orizzontali o inclinate				Finestre comprensive di infissi **	
			coperture		Pavimenti *			
	DM 26/01/10	Allegato E Decr.6/8/20	DM 26/01/10	Allegato E Decr.6/8/20	DM 26/01/10	Allegato E Decr.6/8/20	DM 26/01/10	Allegato E Decr.6/8/20
A	0,54	0,38	0,32	0,27	0,60	0,40	3,7	2,60
B	0,41	0,38	0,32	0,27	0,46	0,40	2,4	2,60
C	0,34	0,30	0,32	0,27	0,40	0,30	2,1	1,75
D	0,29	0,26	0,26	0,22	0,34	0,28	2,0	1,67
E	0,27	0,23	0,24	0,20	0,30	0,25	1,8	1,30
F	0,26	0,22	0,23	0,19	0,28	0,23	1,6	1,00

1. **Verifiche di legge:** gli interventi di cui al comma 1a e 2 dell'art. 119 della Legge 77/2020, ovvero gli interventi di isolamento dell'involucro oltre il 25% e gli interventi dell'Ecobonus "trainati" al 110%, a seconda dell'ambito di applicazione in cui ricadono, devono sempre rispettare i limiti prescritti dal DM 26 giugno 2015 (o equivalenti leggi regionali). Le verifiche prescritte da questo decreto tengono sempre conto dei ponti termici.
2. **Calcolo della trasmittanza con UNI EN ISO 6946:** i limiti di trasmittanza indicati nei **requisiti minimi per le detrazioni** (*vd. tabella*) sono da calcolare in accordo con la norma UNI EN ISO 6946, ovvero senza considerare il peso energetico dei ponti termici.
3. **Trasmittanza ante e post intervento:** per l'accesso alle detrazioni la **trasmittanza ante intervento deve essere peggiore (ovvero superiore) al valore per l'accesso alle detrazioni** riportato nella seguente tabella, mentre la trasmittanza post intervento deve essere migliore (ovvero minore o uguale) dello stesso valore.

$$U_{\text{progetto}} = \frac{\sum_i (A_i \cdot U_i) + \cancel{\sum_j (\Psi_j \cdot l_j)}}{\sum_i A_i} \leq U_{\text{limite}}$$



Dove Ψ è da valutare al:

- 0%
- 0%
- 0%

Strutture verso ambienti non riscaldati

Nel caso di strutture delimitanti lo spazio climatizzato verso ambienti non climatizzati, i valori limite di trasmittanza devono essere rispettati dalla trasmittanza della struttura diviso per il fattore di correzione dello scambio termico tra ambiente climatizzato e non climatizzato, come indicato nella norma UNI TS 11300-1 in forma tabellare.

(DM 26/6/2015, Appendice B)

<i>Ambiente confinante</i>	<i>$b_{tr,x}$</i>
<i>Ambiente:</i>	
- <i>con una parete esterna</i>	<i>0.4</i>
- <i>senza serramenti e con almeno due pareti esterne</i>	<i>0.5</i>
- <i>con serramenti esterni e con almeno due pareti esterne (per esempio autorimesse)</i>	<i>0.6</i>
- <i>con serramenti esterni (per esempio vani scala esterni)</i>	<i>0.8</i>
<i>Piano interrato o seminterrato</i>	
- <i>senza finestre o serramenti esterni</i>	<i>0.5</i>
- <i>con finestre o serramenti esterni</i>	<i>0.8</i>
<i>Sottotetto</i>	
- <i>tasso di ventilazione del sottotetto elevato (per esempio tetti ricoperti con tegole o altri materiali di copertura discontinua) senza rivestimento con feltro o assito</i>	<i>1</i>
- <i>altro tetto non isolato</i>	<i>0.9</i>
- <i>tetto isolato</i>	<i>0.7</i>
<i>Aree interne di circolazione (senza muri esterni e con tasso di ricambi d'aria minore di 0.5 1/h)</i>	<i>0.0</i>
<i>Aree interne di circolazione liberamente ventilate (rapporto tra l'area delle aperture e volume dell'ambiente maggiore di 0.005 m²/m³)</i>	<i>1.0</i>

Strutture controterra

Nel caso di strutture rivolte verso il terreno, i valori limite di trasmittanza devono essere rispettati dalla trasmittanza equivalente della struttura tenendo conto dell'effetto del terreno calcolata secondo **UNI EN ISO 13370**

(DM 26/6/2015, Appendice B)

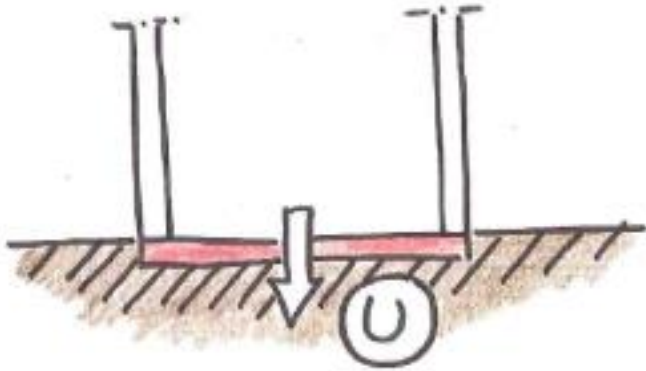
Video Pillola

<https://www.youtube.com/watch?v=JqQCWh52u4E>

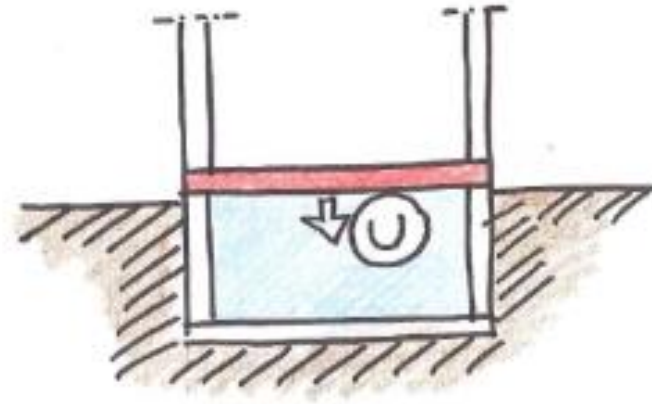


Come eseguo i calcoli? casistiche

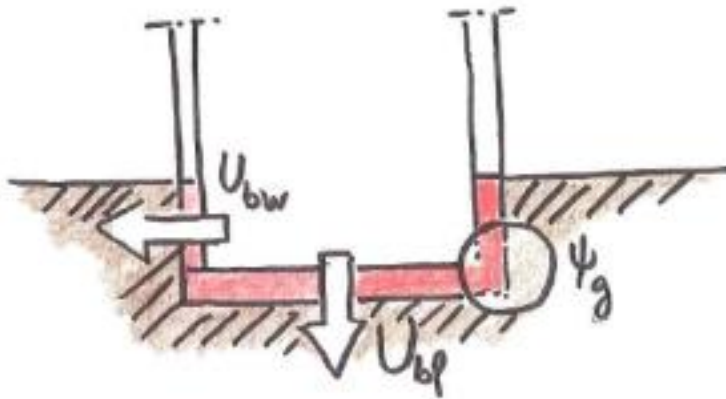
Caso 1



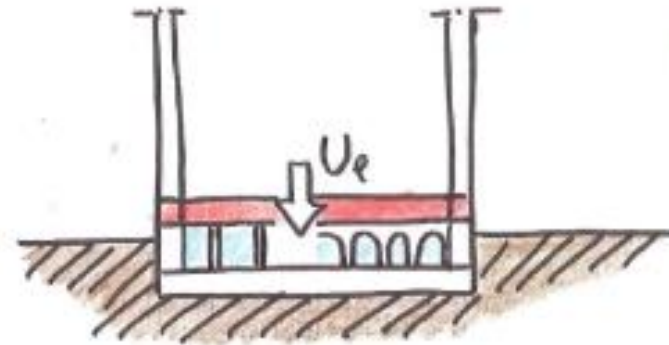
Caso 3



Caso 2



Caso 4





Grazie per l'attenzione