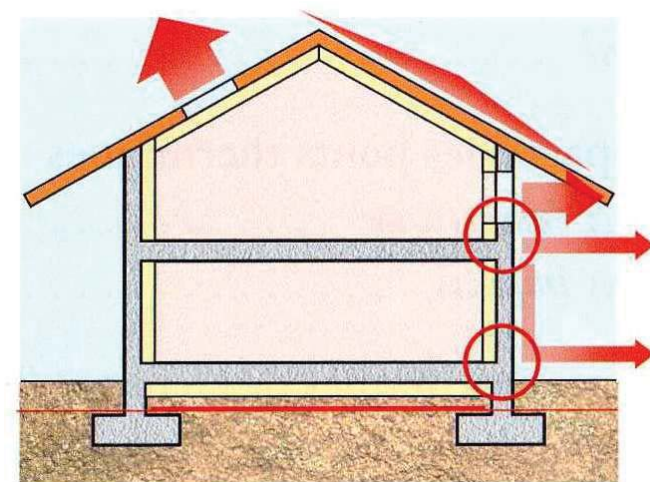
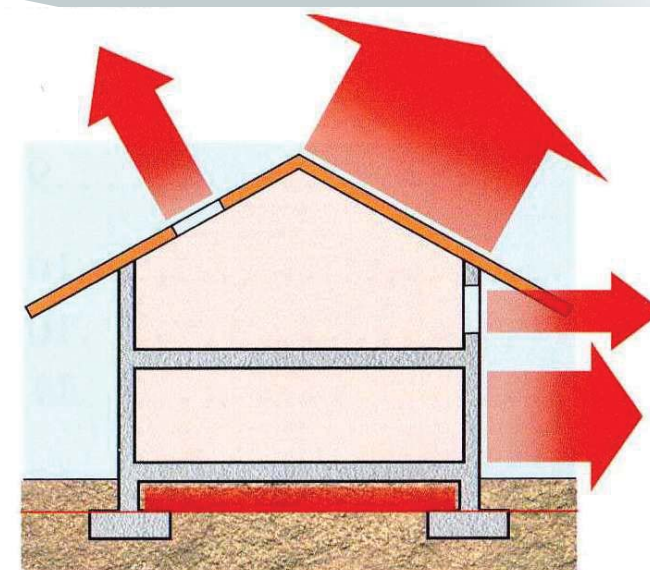


# PONTI TERMICI

# PONTI TERMICI: definizione

Il ponte termico è una discontinuità nella trasmittanza termica di una parete che comporta un aumento locale degli scambi termici.



# I PONTI TERMICI

I ponti termici sono punti di una costruzione che presentano flussi termici più rapidi rispetto alle parti circostanti e che provocano scambi di calore più accentuati.

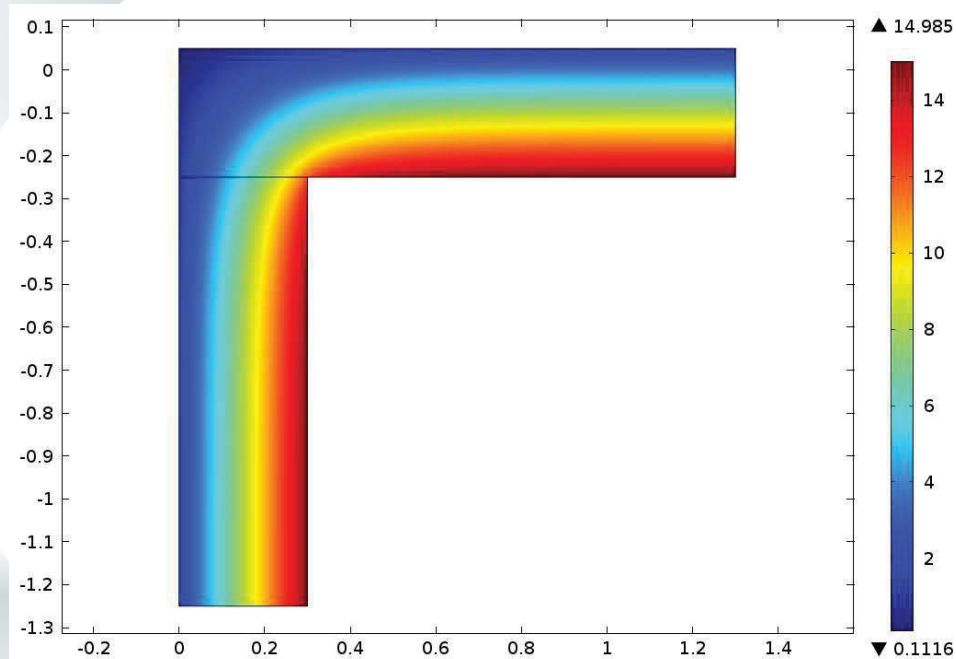
- ✓ nella **stagione invernale** lascia fuggire il calore dall'interno all'esterno dell'abitazione.
- ✓ d'**estate** veicola il calore dall'esterno all'interno.

Questi meccanismi generano un incremento delle perdite di calore e possono provocare la **diminuzione di temperatura** della superficie interna dell'edificio tale da causare rischi di **condensa superficiale**, quindi anche di **muffe**.

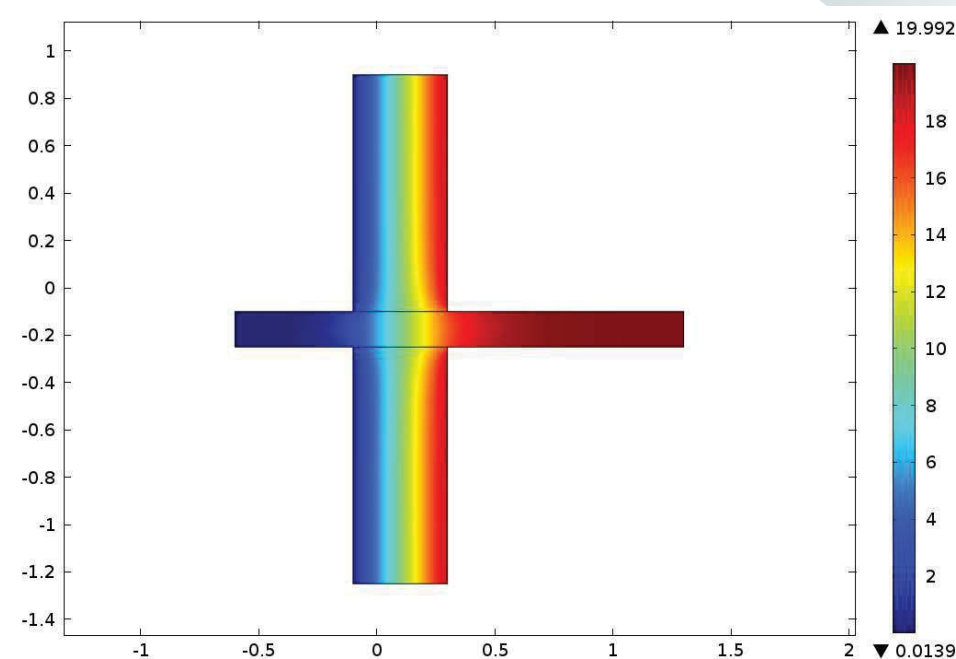


# PONTI TERMICI: definizione

La causa del ponte termico può essere dovuta o ad una discontinuità geometrica (elemento costruttivo che differisce dalla forma piana) o ad una discontinuità del materiale (elemento costruttivo con elevata conducibilità termica).



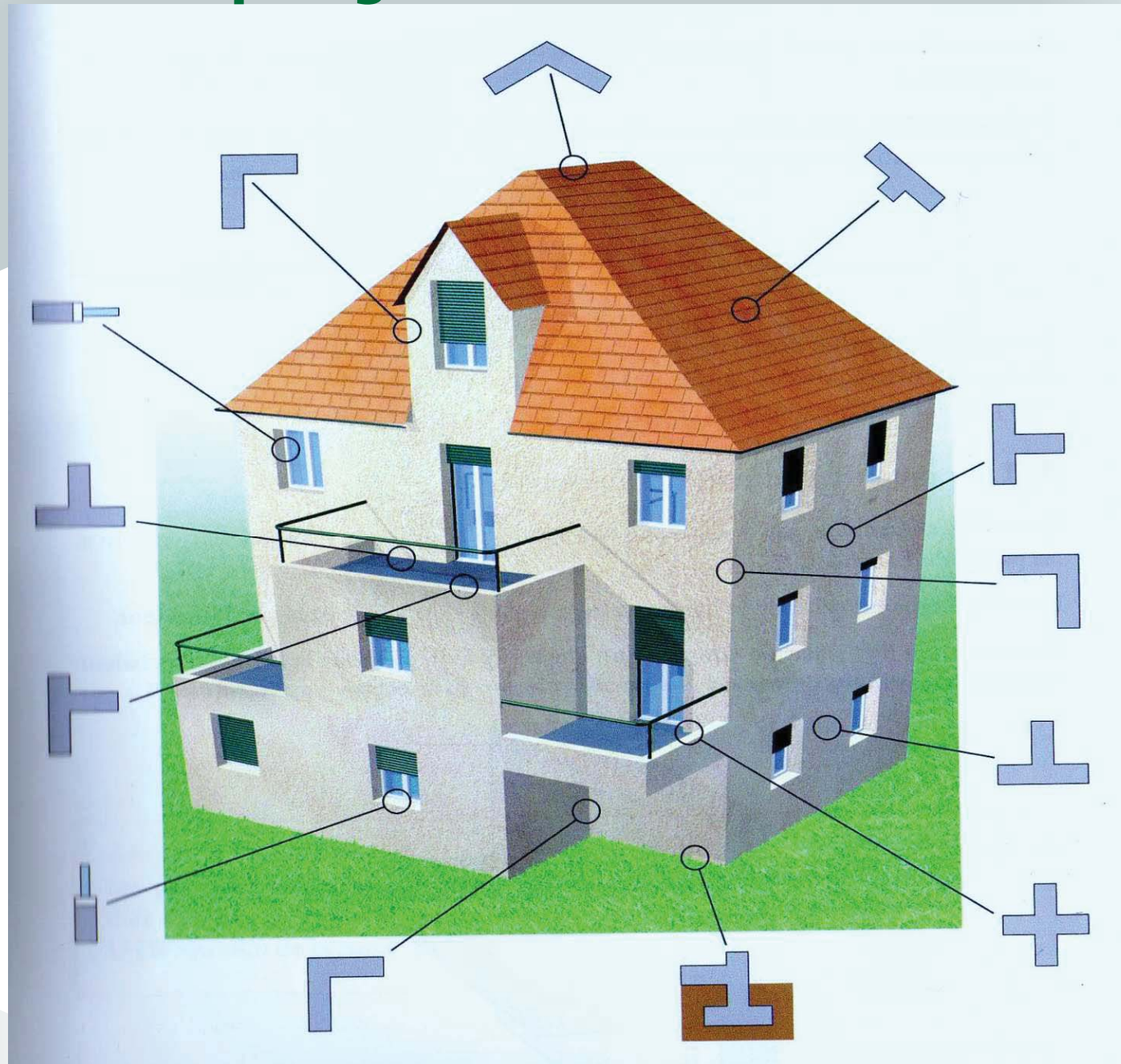
discontinuità geometrica



discontinuità del materiale  
e della geometria



# PONTI TERMICI: tipologie



# I PONTI TERMICI

---

I ponti termici si dividono principalmente nelle seguenti categorie:

**Ponti termici geometrici:**

**Ponti termici costruttivi:**

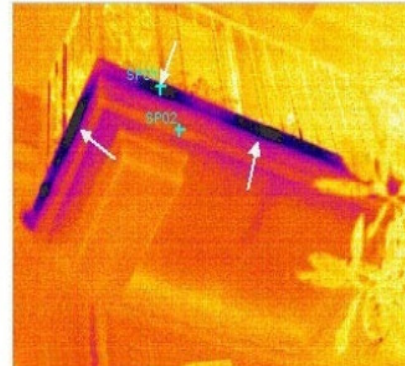
---

# I PONTI TERMICI

---

**Ponti termici costruttivi:** si manifestano nei punti in cui materiali ad alta conducibilità termica interrompono materiali ad alte prestazioni.

- balconi sporgenti in calcestruzzo privi di isolamento;
- architravi coibentati poco o per niente;
- di pilastri in cemento armato che interrompono l'isolamento perimetrale



# I PONTI TERMICI

---

**Ponti termici costruttivi:** si manifestano nei punti in cui materiali ad alta conducibilità termica interrompono materiali ad alte prestazioni.

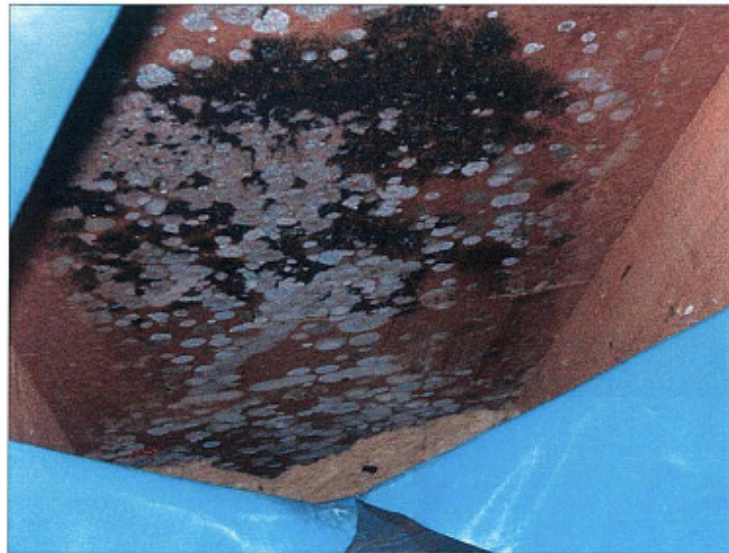




# I PONTI TERMICI

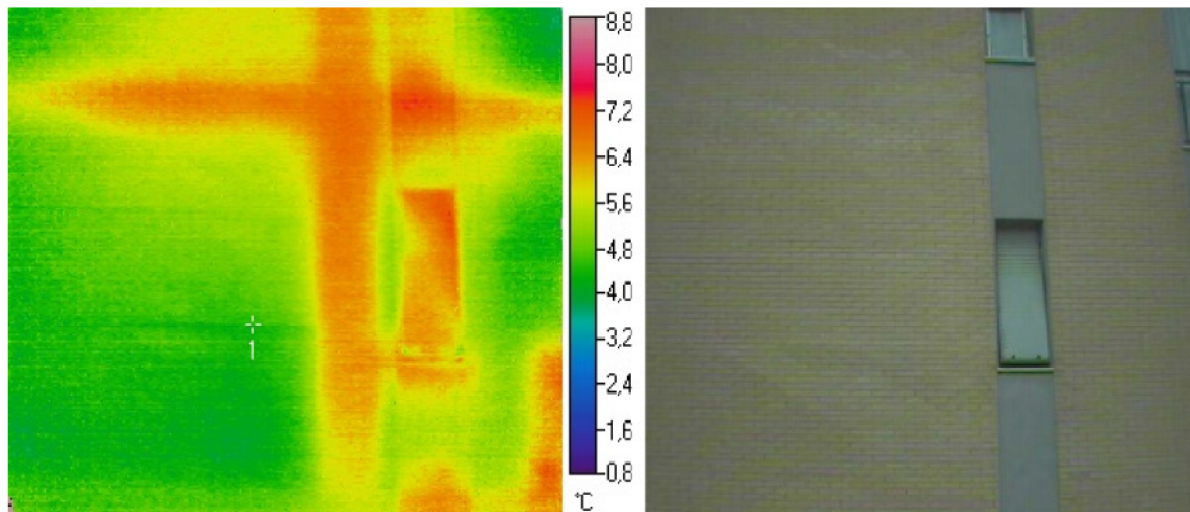
---

**Ponti termici costruttivi:** si manifestano nei punti in cui materiali ad alta conducibilità termica interrompono materiali ad alte prestazioni.



# I PONTI TERMICI

I ponti termici possono essere evitati coibentando in maniera adeguata le parti aggettanti di un edificio quali balconi in calcestruzzo, architravi, pilastri in cemento armato e simili.



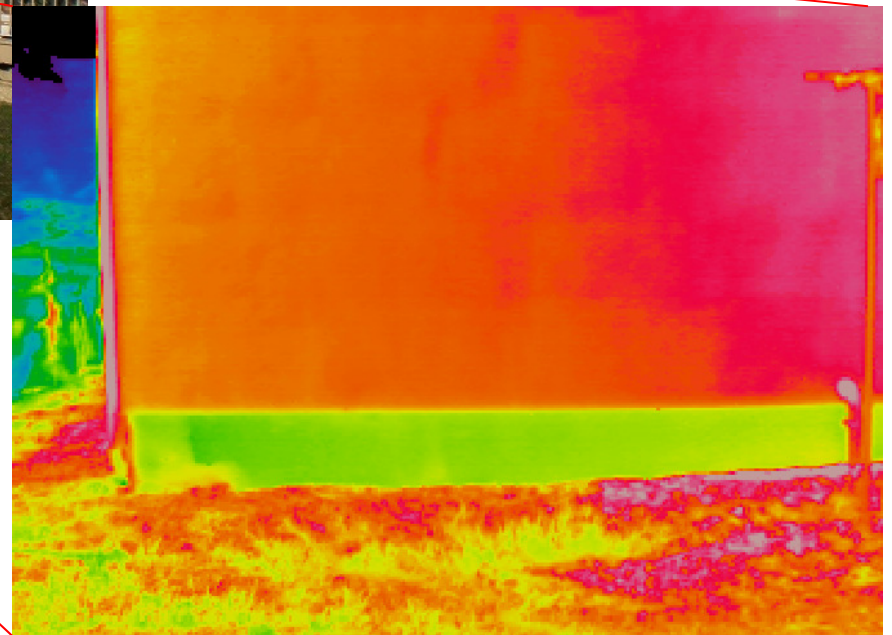
Verificare che la temperatura superficiale interna in ogni parte dell'involucro dell'edificio sia al di sopra di quella di rugiada, è probabile che, in corrispondenza ai ponti termici, la temperatura sia inferiore ai valori critici.

# I PONTI TERMICI



Interruzione improvvisa dell'isolamento crea un ponte termico

Cosa accade all'interno?



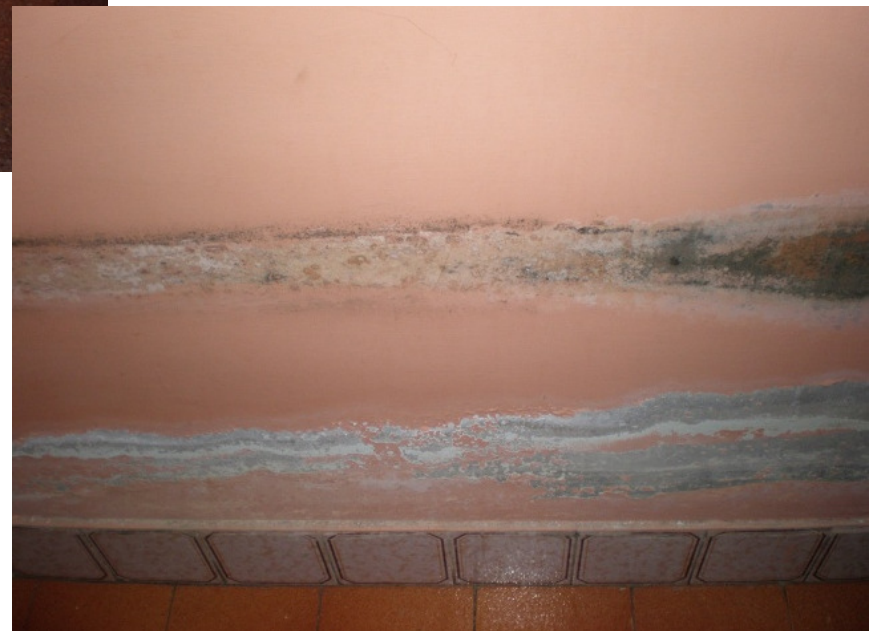


# I PONTI TERMICI



Muffe e disagi degli occupanti

Ecco l'interno



# I PONTI TERMICI

---

**Ponti termici geometrici:** sono quelli presenti in corrispondenza di variazioni di direzione delle parti costruttive, ad es. angoli, ecc., quindi legati ad una discontinuità geometrica





# PONTI TERMICI: conseguenze

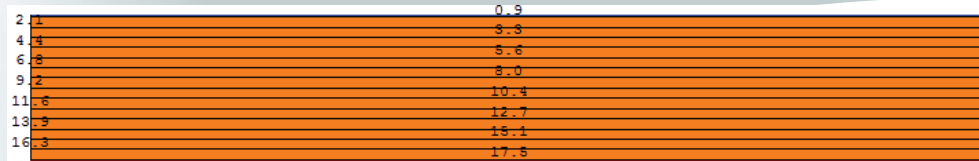


# PONTI TERMICI: conseguenze



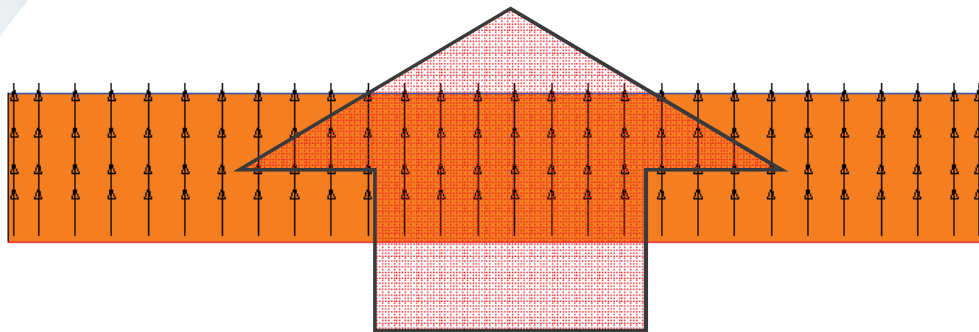
# PONTI TERMICI: esempi

0.7 °C



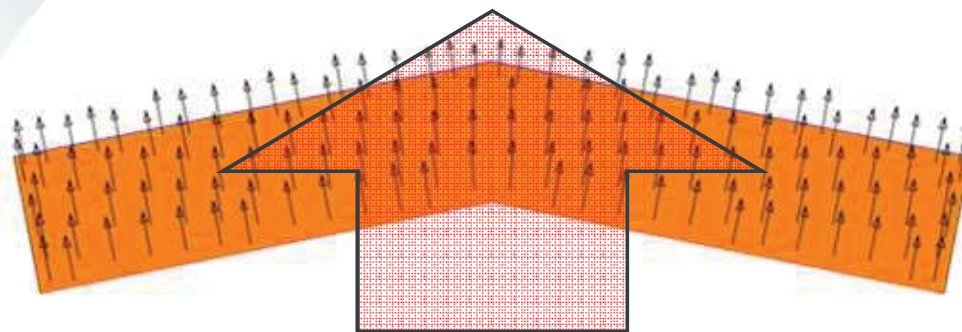
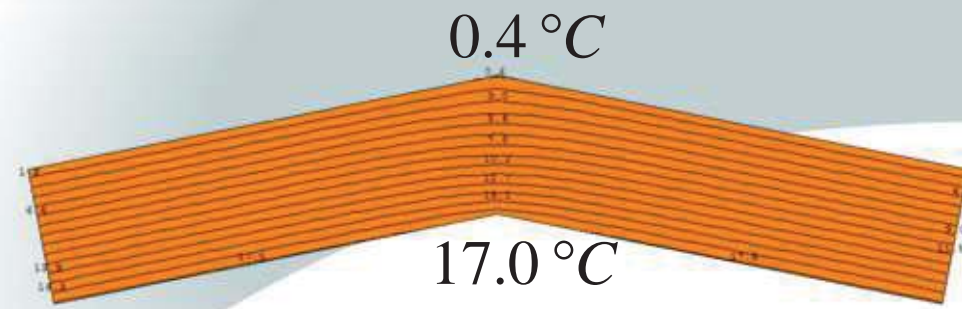
$$U = 0.90 \quad W/m^2 K$$

17.7 °C



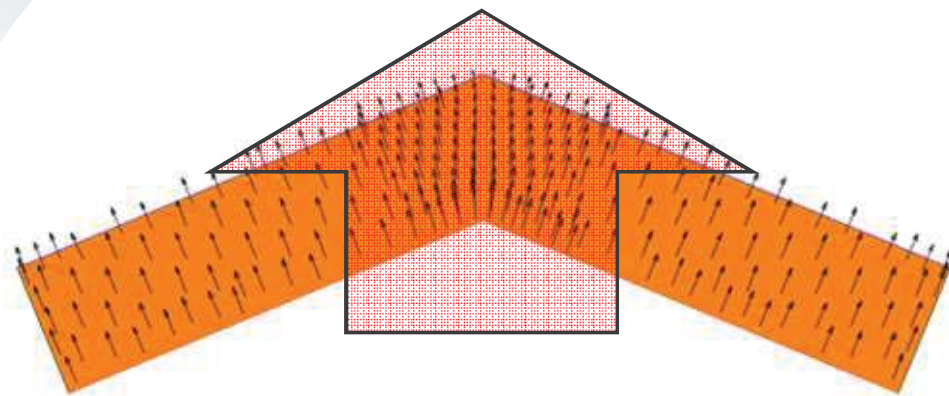
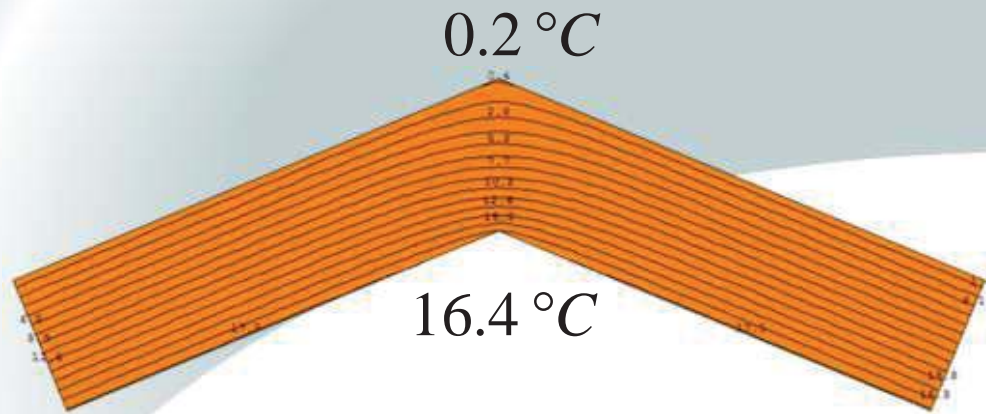
$$Q = 36.2 \quad W$$

# PONTI TERMICI: esempi



$$Q = 36.9 \text{ W}$$

# PONTI TERMICI: esempi

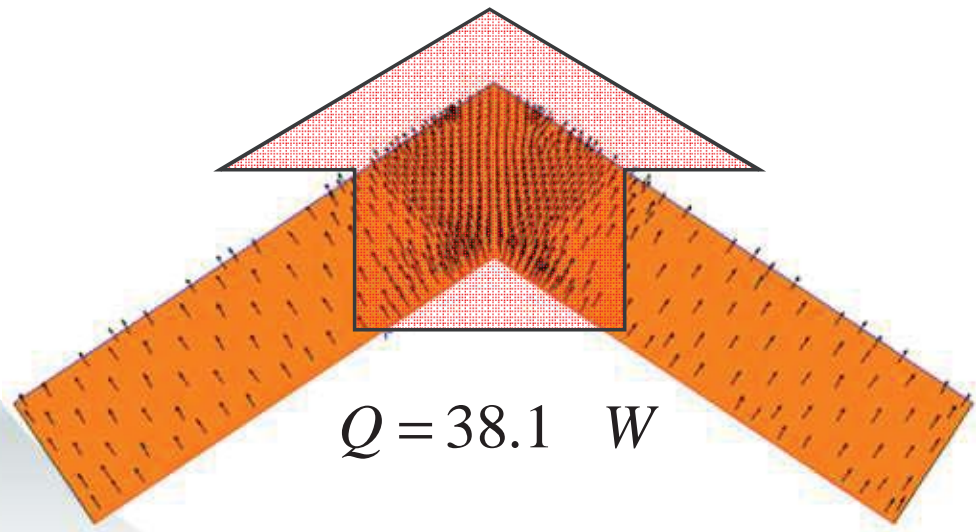
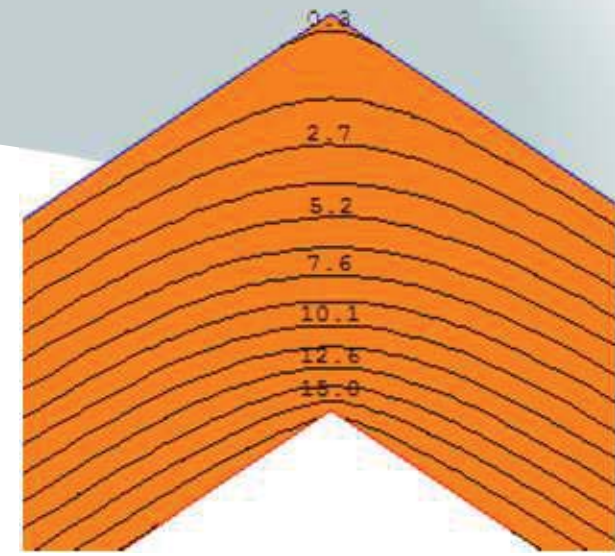
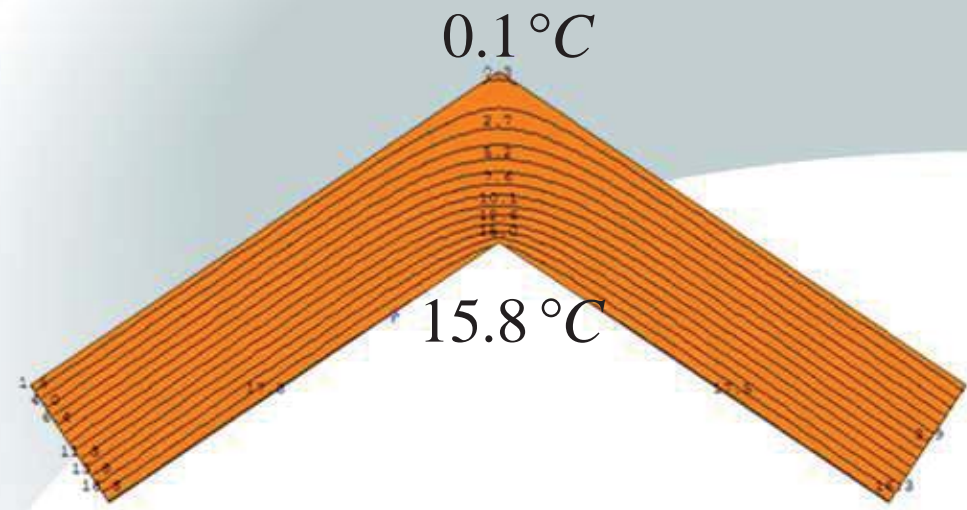


$$Q = 37.6 \text{ W}$$

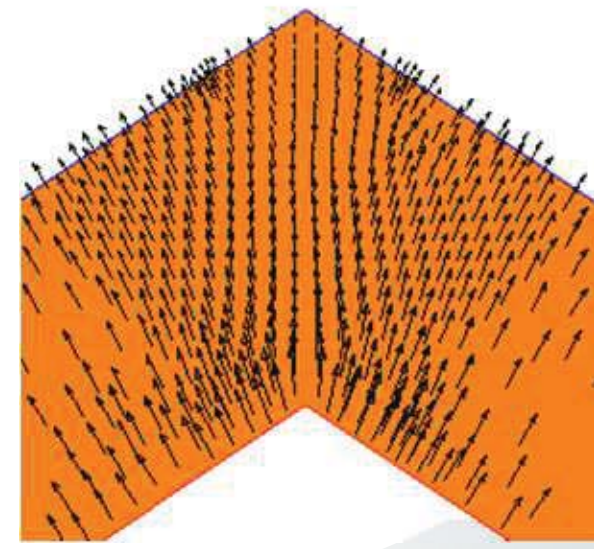
+4 %



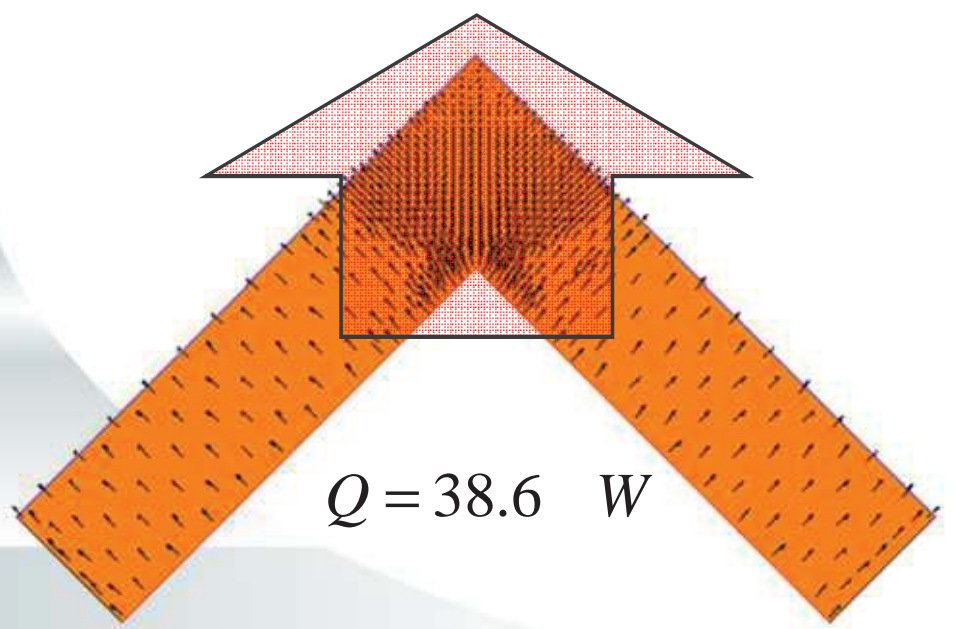
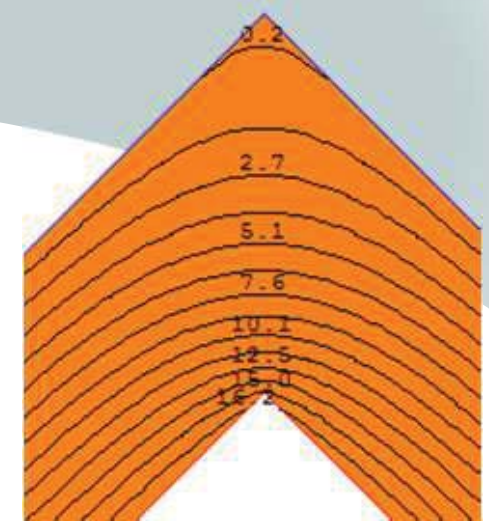
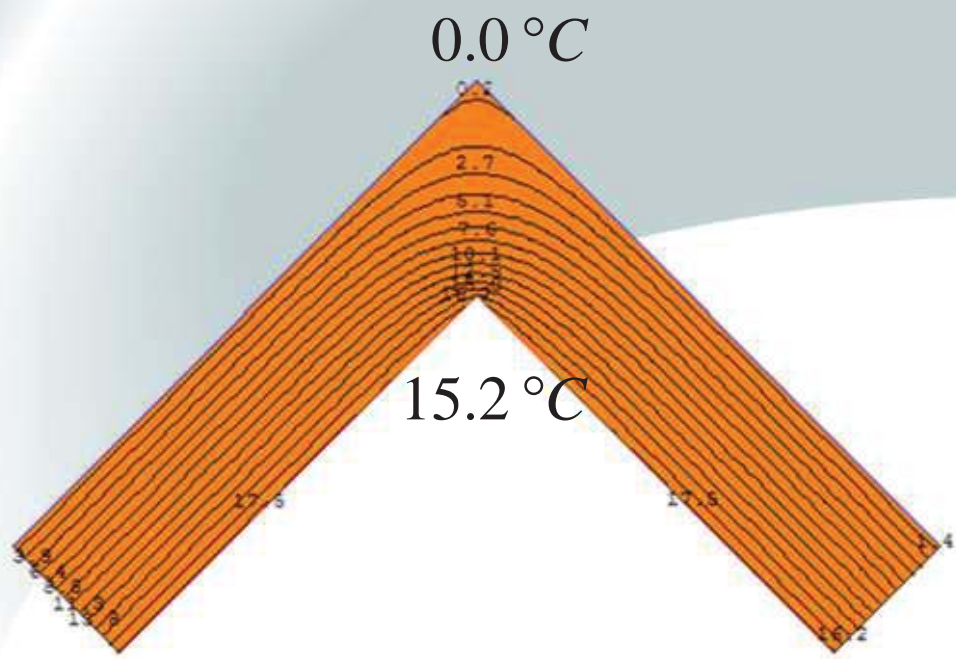
# PONTI TERMICI: esempi



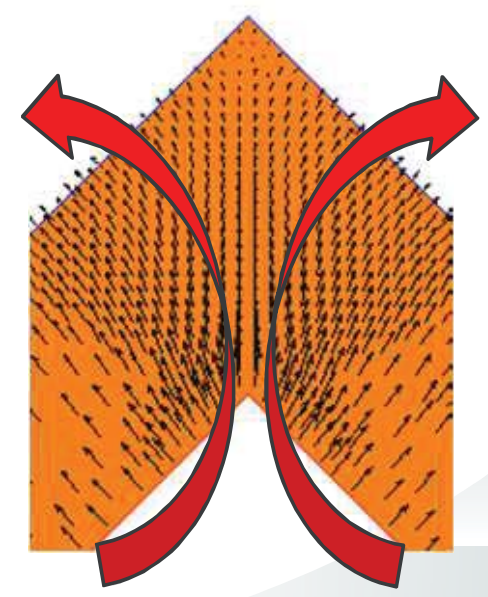
+5 %



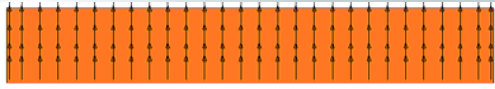
# PONTI TERMICI: definizione



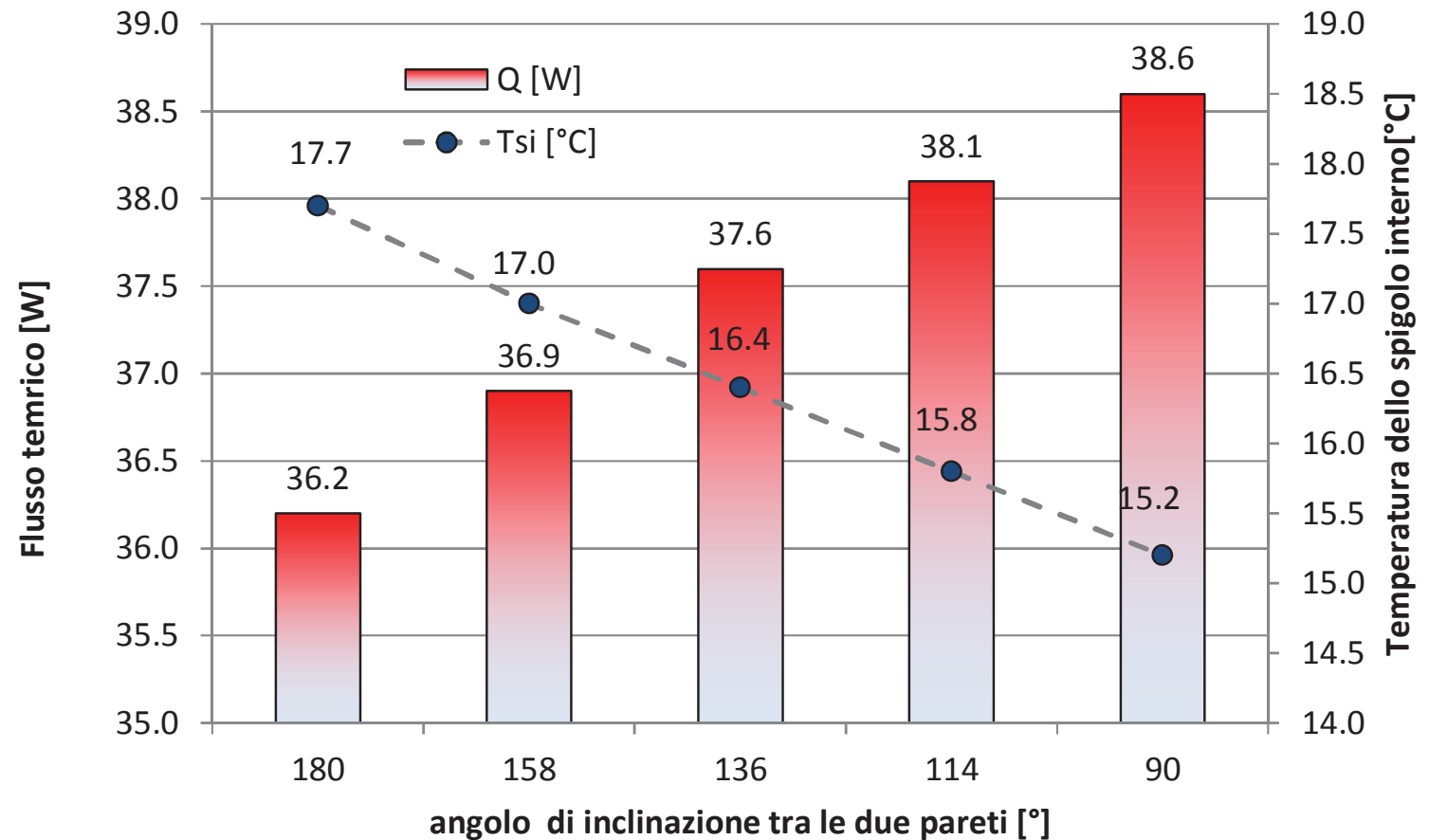
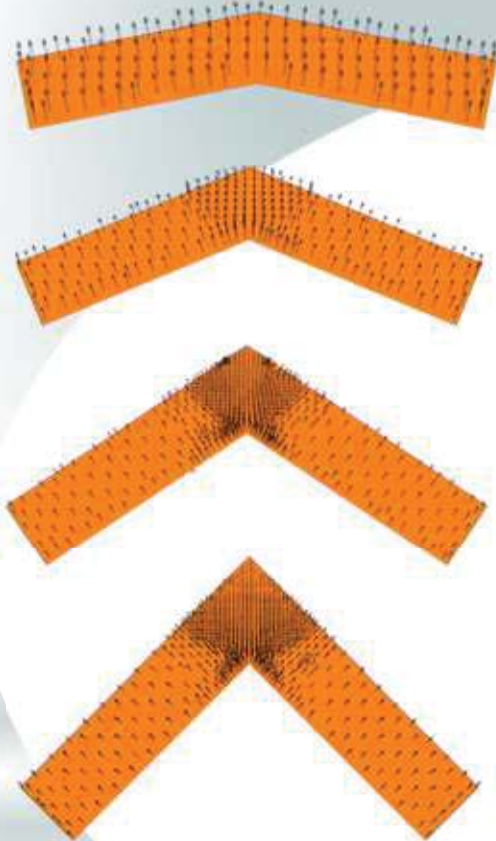
+7 %



# PONTI TERMICI: esempi



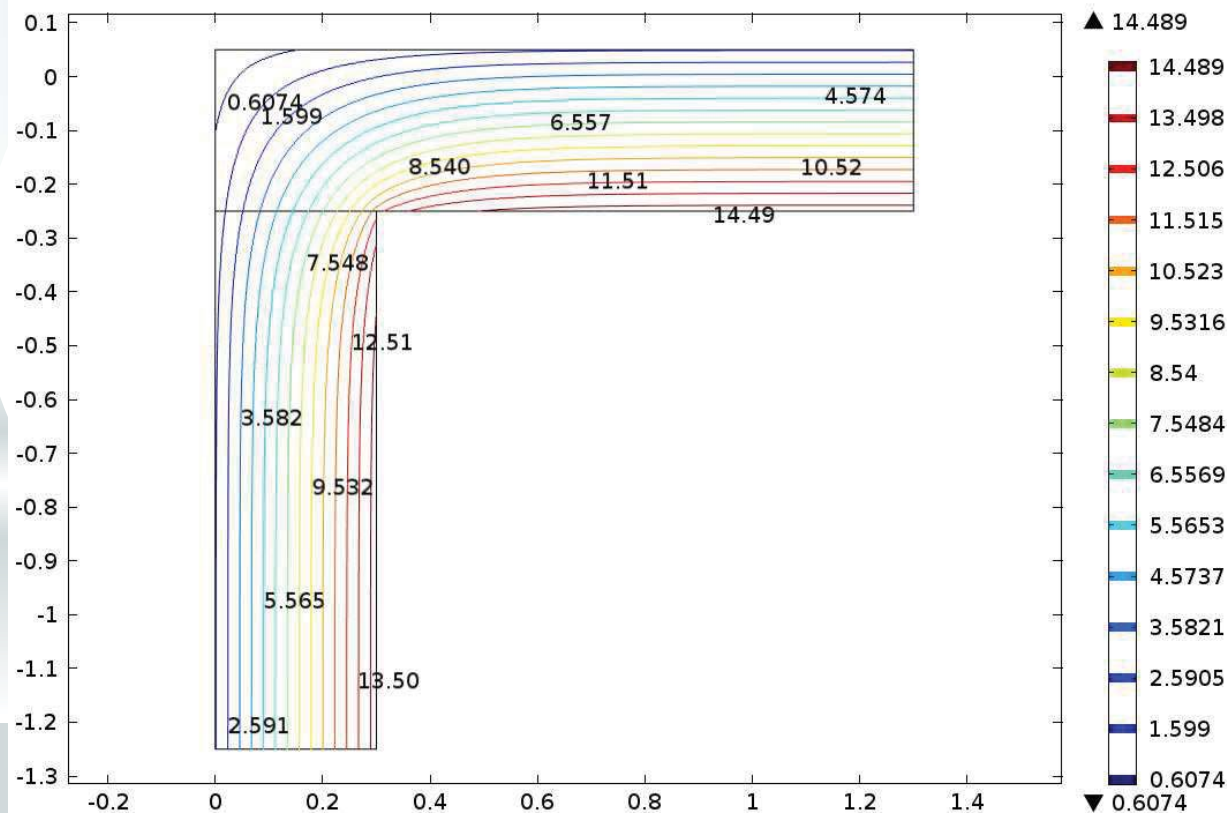
+7 % - 2.5 °C





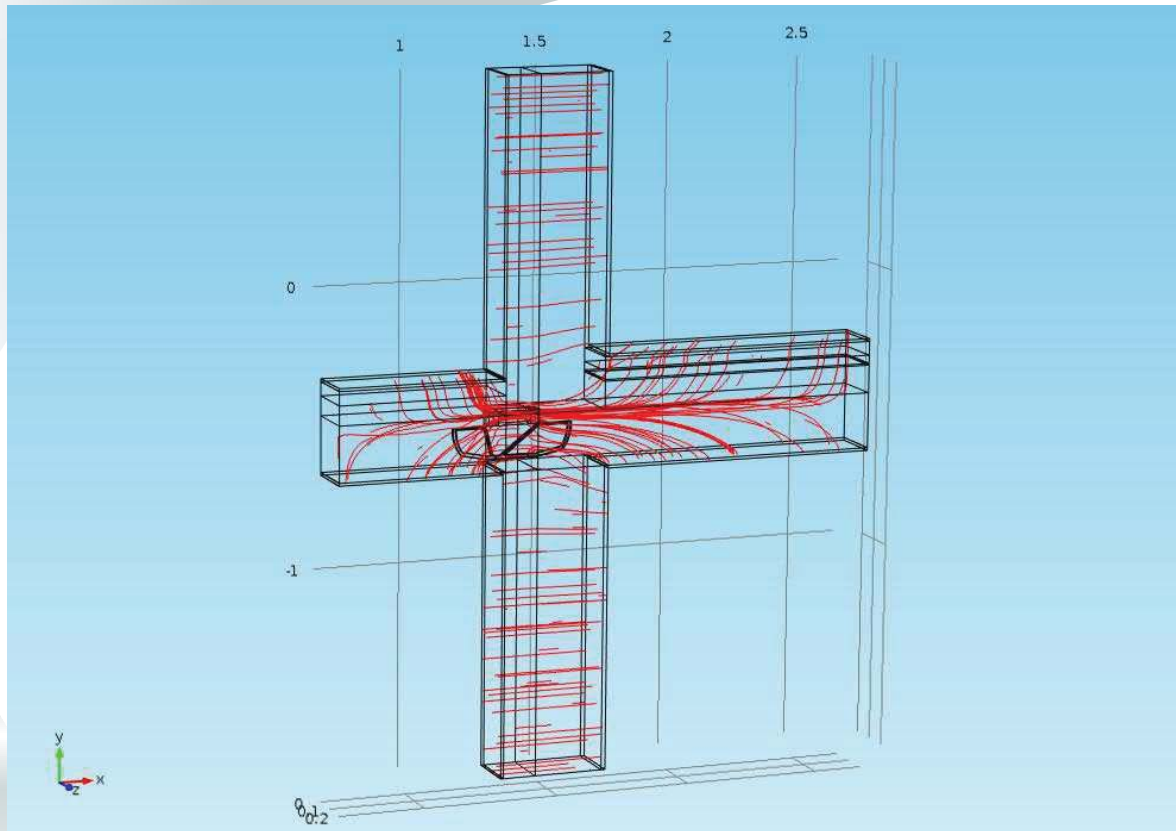
# PONTI TERMICI: conseguenze

I principali effetti dei ponti termici sono rappresentati da un calo delle temperature superficiali in prossimità del ponte termico e da una riduzione dell'isolamento termico della chiusura edilizia. In molti casi, entrambi gli effetti portano alla formazione di muffe e fenomeni di condensazione superficiale sull'involucro edilizio.



# PONTI TERMICI: trasmittanze lineiche e puntuali

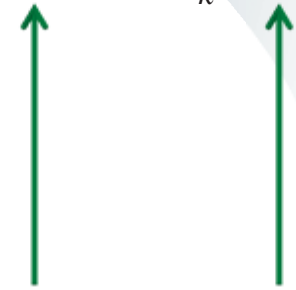
Gli effetti dei ponti termici possono essere rappresentate, in maniera qualitativa dalle linee di flusso termico ed in maniera quantitativa dalle trasmittanze termiche  $\psi$  (W/mK) e  $X$  (W/K).



**Nota Prof. Cecconi:**

$H_d$  è la somma di  $H_{tr}$  e  $H_{pt}$  presenti sulle slides.

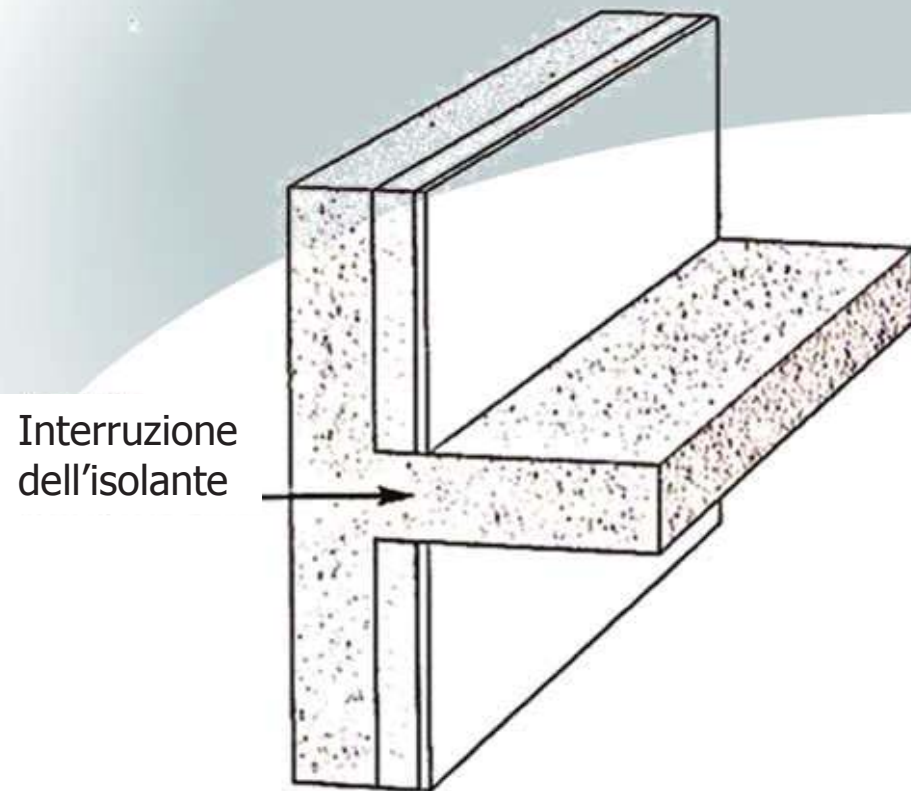
$$H_D = \sum_i U_i \cdot A_i + \sum_j \psi_j \cdot l_i + \sum_k \chi_k$$



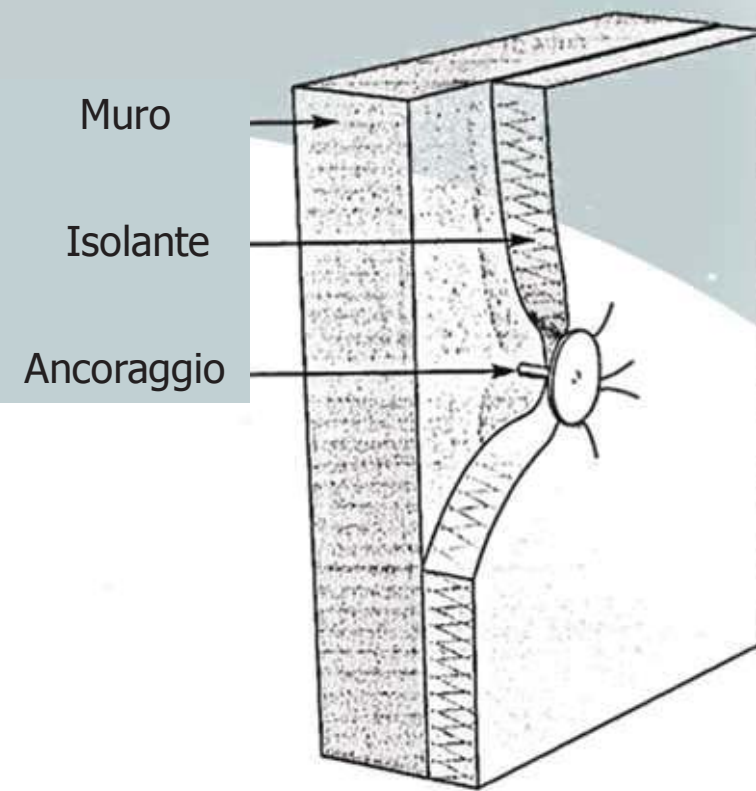
La trasmittanza termica lineica  $\psi$  (W/mK) rappresenta la perdita aggiuntiva di calore per metro lineare. La trasmittanza termica puntuale  $X$  (W/K) rappresenta la perdita aggiuntiva di calore puntuale.



# PONTI TERMICI: trasmittanze lineiche e puntuali

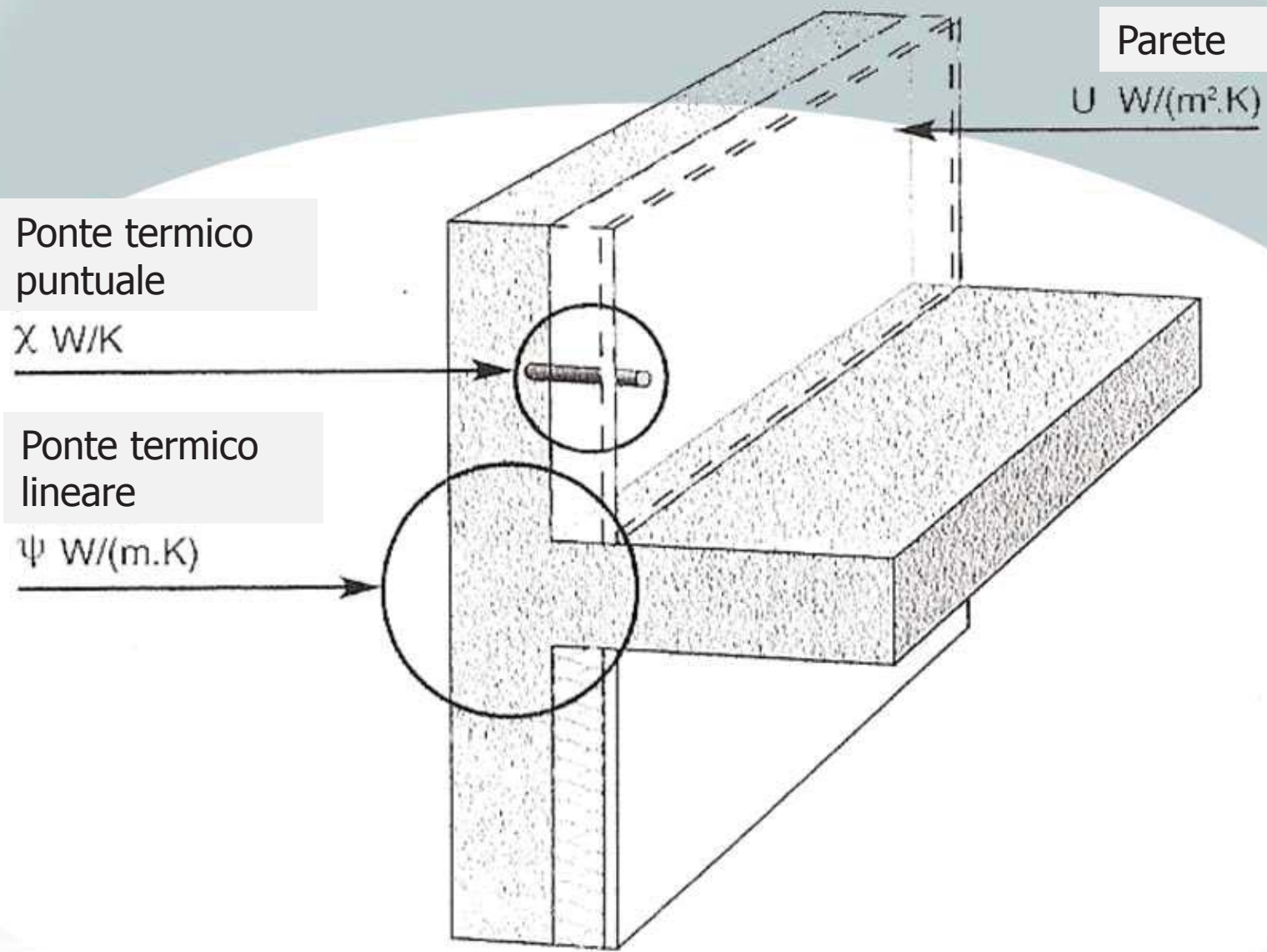


Ponte termico lineare di giunzione di una facciata



Ponte termico puntuale integrato

# PONTI TERMICI: trasmittanze lineiche e puntuali



# PONTI TERMICI: principale normativa di riferimento

- **UNI EN ISO 6946 /2008** : "Componenti ed elementi per l'edilizia. Resistenza termica e trasmittanza termica. Metodo di calcolo."
- **UNI EN ISO 14683 /2008** : "Ponti termici in edilizia. Coefficiente di trasmissione termica lineica. Metodi semplificati e valori di riferimento."
- **UNI EN ISO 10211 /2011** : "Ponti termici in edilizia. Flussi termici e temperature superficiali. Calcoli dettagliati."

# CONDUTTIVITÀ TERMICA: valori tabulati

(seguito del prospetto)

Materiale	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\delta_a \cdot 10^{12}$ (kg/msPa)	$\delta_u \cdot 10^{12}$ (kg/msPa)	$\lambda_m$ (W/mK)	$m$ %	$\lambda$ (W/mK)
<b>Materie plastiche cellulari</b>						
Le conduttività di riferimento sono valide per materiali prodotti da non meno di 100 d (giorni). Per temperature medie comprese tra 270 e 320 K la conduttività delle materie plastiche cellulari aumenta da 0,4 a 0,5% / K al crescere della temperatura media del materiale. Sul valore di $m$ le tolleranze di spessore riferite a lastre di 10 cm di spessore, incidono dall'1 al 3%; l'effetto dell'installazione per incollaggio accostamento, incastro o battentatura, ecc. incide dall'1 al 3%, <u>per montaggi che impiegano staffe o altri sistemi che introducono ponti termici, maggiorare i dati di calcolo almeno del 5%</u> . Per montaggi contro il terreno maggiorare i dati di calcolo dal 10 al 25%. Per i materiali leggeri le resistenze termiche specifiche non sono rigorosamente additive. Ricalcolare la resistenza termica specifica totale di ciascun manufatto o di ciascun isolamento composto da più strati sovrapposti di resistenza termica specifica nota. Qualora sia fornita, per un determinato materiale, una correlazione tra la conduttività a 100 d dalla produzione e la conduttività ad un diverso numero di giorni dalla produzione, si possono ricalcolare i valori di $m$ .						
— cloruro di polietilene <sup>2</sup>						039
— espansi						041
— espansi						050
— espansi						060
— polistirene (il terreno <sup>4</sup> ); circa dime:						048
— espansi						058
— espansi						045
— espansi						041
— masse ferimen						040
— espansi						040
						059
						047
	25	} 1,8 a 4,5	1,8 a 4,5	0,039	10	0,042
	30			0,038	10	0,042

5%

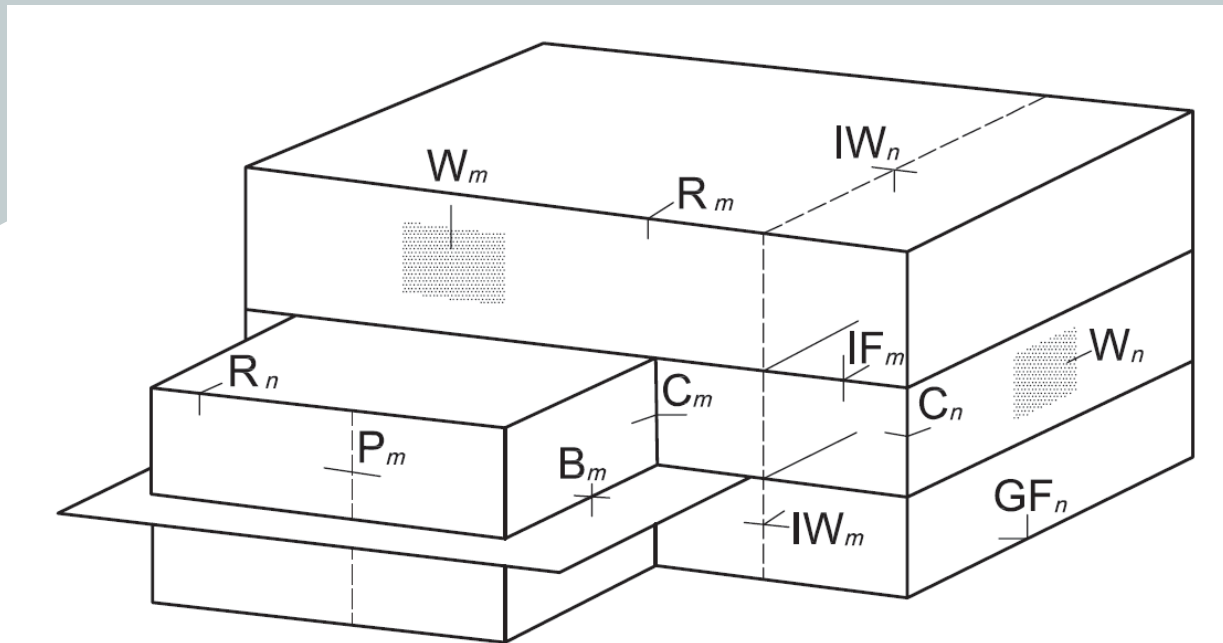
(segue prospetto)

# **ATLANTE DEI PONTI TERMICI**



# PONTI TERMICI: metodo di calcolo con atlante

Il metodo si basa sui valori tabulati riportati sulla norma UNI EN ISO 14683:2008.



La norma i valori delle trasmittanze termiche lineiche,  $\psi$  (W/mK) di alcuni ponti termici per diverse tipologie costruttive.

When selecting a particular method, its accuracy should reflect the accuracy required in calculating the overall heat transfer, taking into account the lengths of the linear thermal bridges. Possible methods for determining  $\Psi$  include numerical calculations (typical accuracy  $\pm 5\%$ ), thermal bridge catalogues (typical accuracy  $\pm 20\%$ ), manual calculations (typical accuracy  $\pm 20\%$ ), and default values (typical accuracy 0% to 50%). The methods are discussed further in 5.2 to 5.5.

# PONTI TERMICI: atlante






Le numerose tipologie di ponti termici vengono valutate con riferimento a 4 posizioni dello strato isolante:

- lato esterno;
- intermedio;
- lato interno;
- distribuito in maniera uniforme

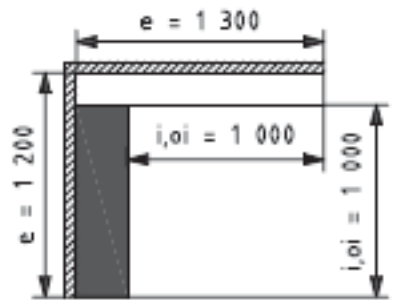
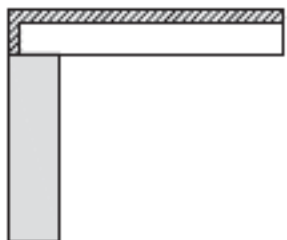
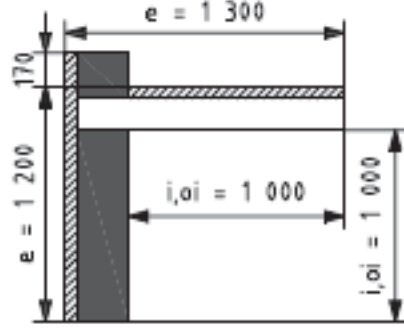
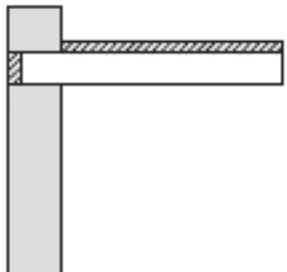
Per ogni ponte termico viene data una trasmittanza termica lineica  $\Psi$  se i calcoli vengono effettuati con le:

- dimensioni esterne;
- dimensioni lorde interne;
- dimensioni interne.

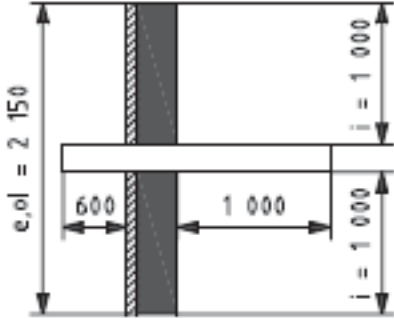
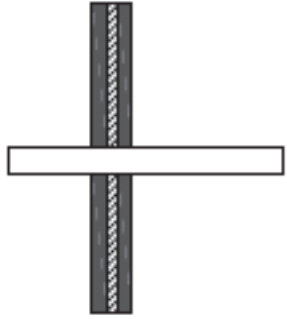
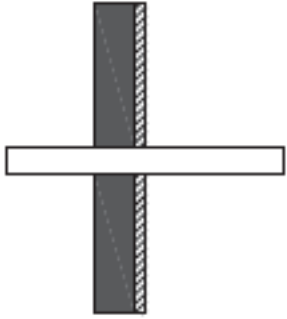
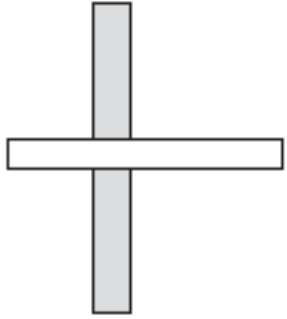
# PONTI TERMICI: coperture e balconi UNI EN ISO 14683:2008

 Wall	 Lightweight wall (including lightweight masonry and timber frame walls)	 Insulating layer	 Slab/pillar	 Window frame
--	--	--	---	--

**Roofs (continued)**

			
<p><b>R9</b></p> <p><math>\psi_e = -0,05</math>  <math>\psi_{cl} = 0,15</math>  <math>\psi_i = 0,15</math></p>	<p><b>R10</b></p> <p><math>\psi_e = 0,00</math>  <math>\psi_{cl} = 0,20</math>  <math>\psi_i = 0,20</math></p>	<p><b>R11</b></p> <p><math>\psi_e = 0,05</math>  <math>\psi_{cl} = 0,25</math>  <math>\psi_i = 0,25</math></p>	<p><b>R12</b></p> <p><math>\psi_e = 0,15</math>  <math>\psi_{cl} = 0,40</math>  <math>\psi_i = 0,40</math></p>






**Balconies**

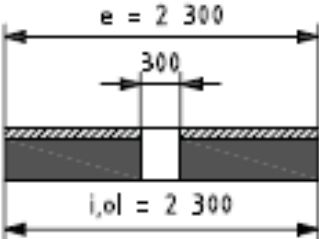



			
<p><b>B1</b></p> <p><math>\psi_e = 0,95</math>  <math>\psi_{cl} = 0,95</math>  <math>\psi_i = 1,05</math></p>	<p><b>B2</b></p> <p><math>\psi_e = 0,95</math>  <math>\psi_{cl} = 0,95</math>  <math>\psi_i = 1,05</math></p>	<p><b>B3</b></p> <p><math>\psi_e = 0,90</math>  <math>\psi_{cl} = 0,90</math>  <math>\psi_i = 1,00</math></p>	<p><b>B4</b></p> <p><math>\psi_e = 0,70</math>  <math>\psi_{cl} = 0,70</math>  <math>\psi_i = 0,80</math></p>

# PONTI TERMICI: esempio del pilastro

Table A.2 (continued)

Dimensions in mm; linear thermal transmittance in W/(m·K)

	Wall		Lightweight wall (including lightweight masonry and timber frame walls)		Insulating layer		Slab/pillar		Window frame
--	------	---	--	---	------------------	---	-------------	---	--------------

Pillars			
			
<b>P1</b> $\psi_o = 1,30$ $\psi_{ol} = 1,30$ $\psi_i = 1,30$ + 6%	<b>P2</b> $\psi_o = 1,20$ $\psi_{ol} = 1,20$ $\psi_i = 1,20$ + 1%	<b>P3</b> $\psi_o = 1,15$ $\psi_{ol} = 1,15$ $\psi_i = 1,15$ + 16%	<b>P4</b> $\psi_o = 0,90$ $\psi_{ol} = 0,90$ $\psi_i = 0,90$ - 9%

$$\psi_i = 1.22 \quad (\text{W/mK})$$

$$\psi_i = 1.19 \quad (\text{W/mK})$$



$$\psi_i = 0.99 \quad (\text{W/mK})$$

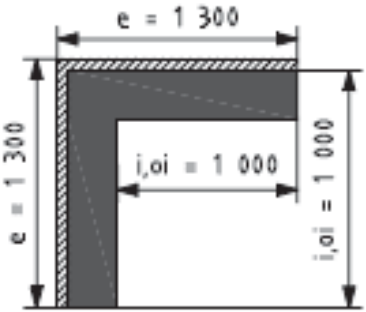
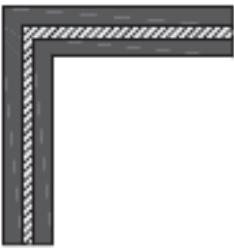
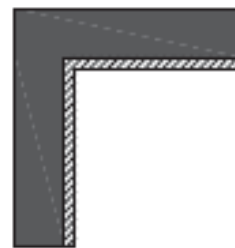
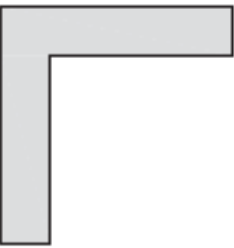
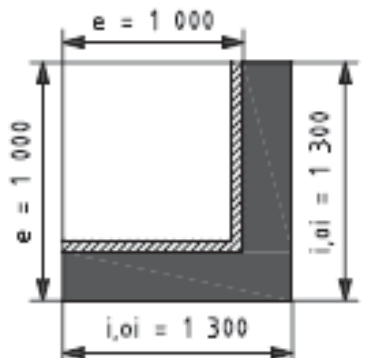
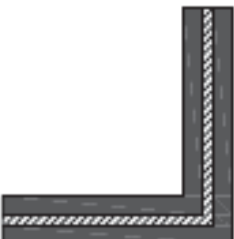

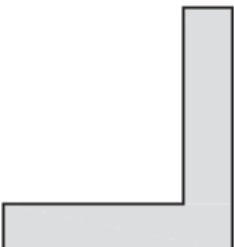
$$\psi_i = 0.99 \quad (\text{W/mK})$$

(THERM Finite element simulator)

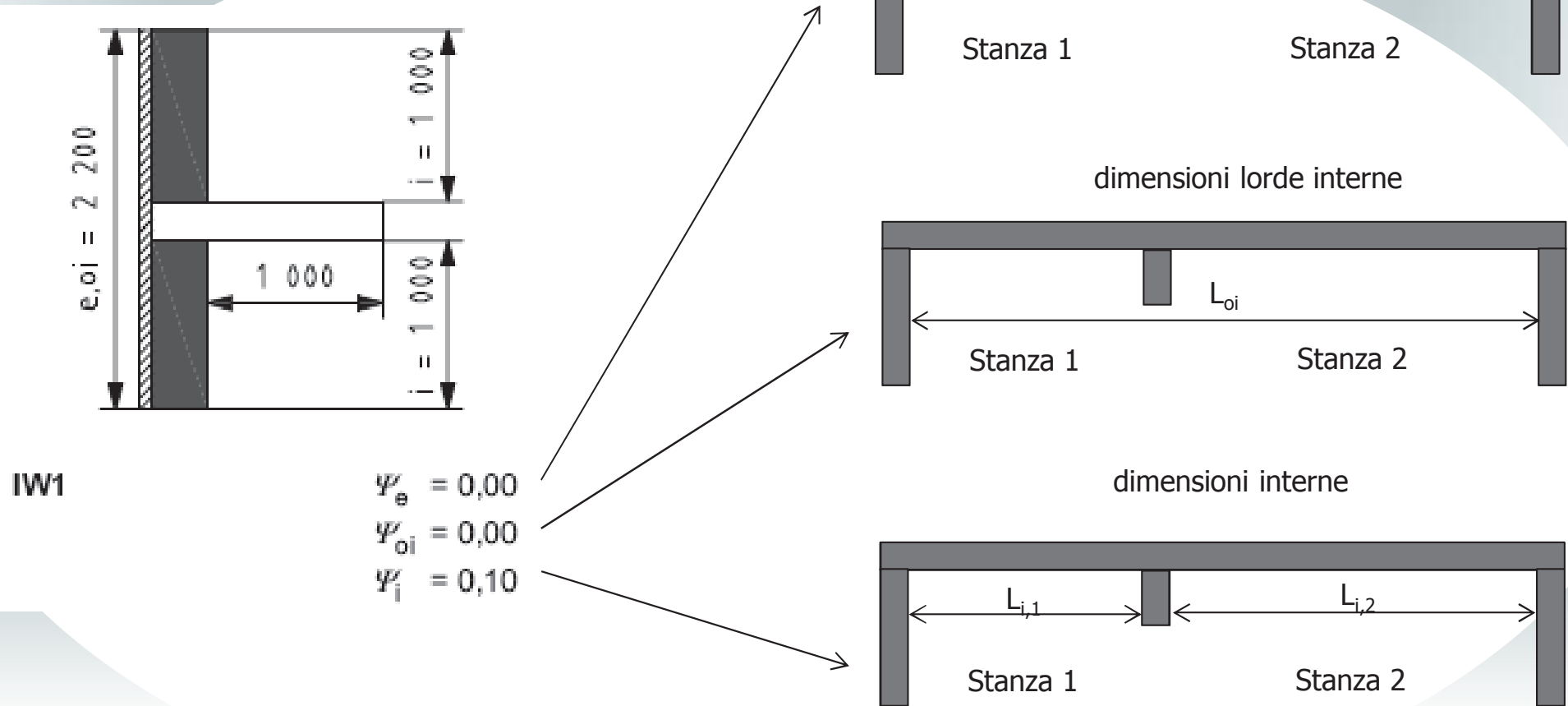


# PONTI TERMICI: angoli UNI EN ISO 14683:2008

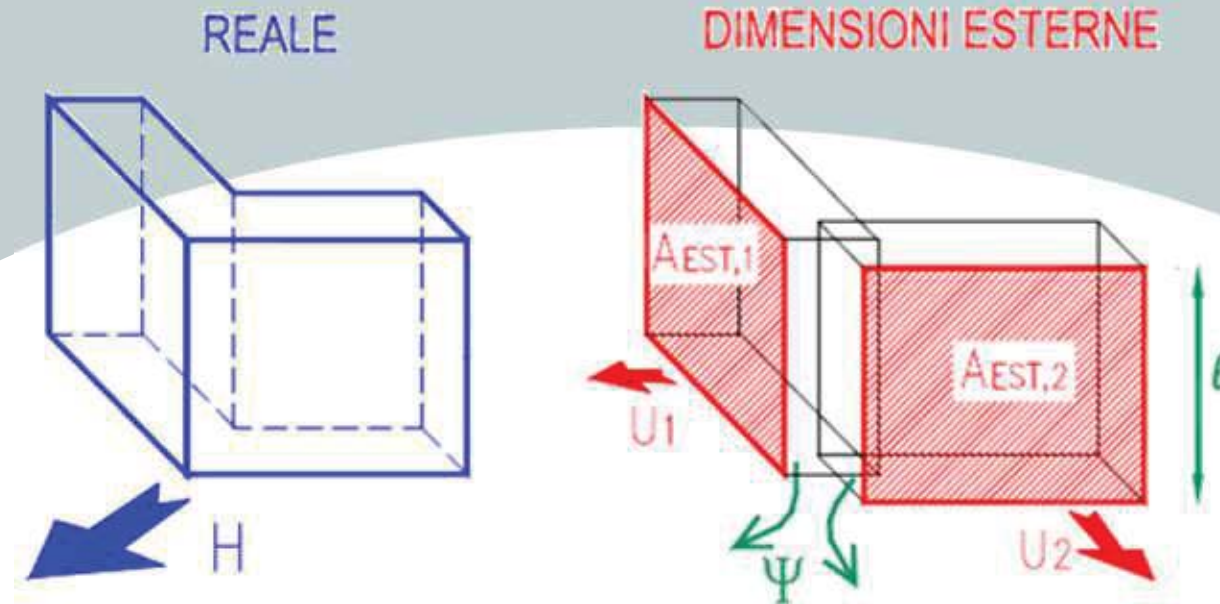
 Wall	 Lightweight wall (including lightweight masonry and timber frame walls)	 Insulating layer	 Slab/pillar	 Window frame
--	--	--	---	--

Corners							
 <p><math>e = 1300</math> <math>i_{,oi} = 1000</math></p>				<p><b>C1</b></p> $\psi_e = -0,05$ $\psi_{oi} = 0,15$ $\psi_i = 0,15$	<p><b>C2</b></p> $\psi_e = -0,10$ $\psi_{oi} = 0,10$ $\psi_i = 0,10$	<p><b>C3</b></p> $\psi_e = -0,20$ $\psi_{oi} = 0,05$ $\psi_i = 0,05$	<p><b>C4</b></p> $\psi_e = -0,15$ $\psi_{oi} = 0,10$ $\psi_i = 0,10$
 <p><math>e = 1000</math> <math>i_{,oi} = 1300</math></p>				<p><b>C5</b></p> $\psi_e = 0,05$ $\psi_{oi} = -0,15$ $\psi_i = -0,15$	<p><b>C6</b></p> $\psi_e = 0,15$ $\psi_{oi} = -0,10$ $\psi_i = -0,10$	<p><b>C7</b></p> $\psi_e = 0,15$ $\psi_{oi} = -0,05$ $\psi_i = -0,05$	<p><b>C8</b></p> $\psi_e = 0,10$ $\psi_{oi} = -0,10$ $\psi_i = -0,10$

# PONTI TERMICI: scelta di $\Psi$



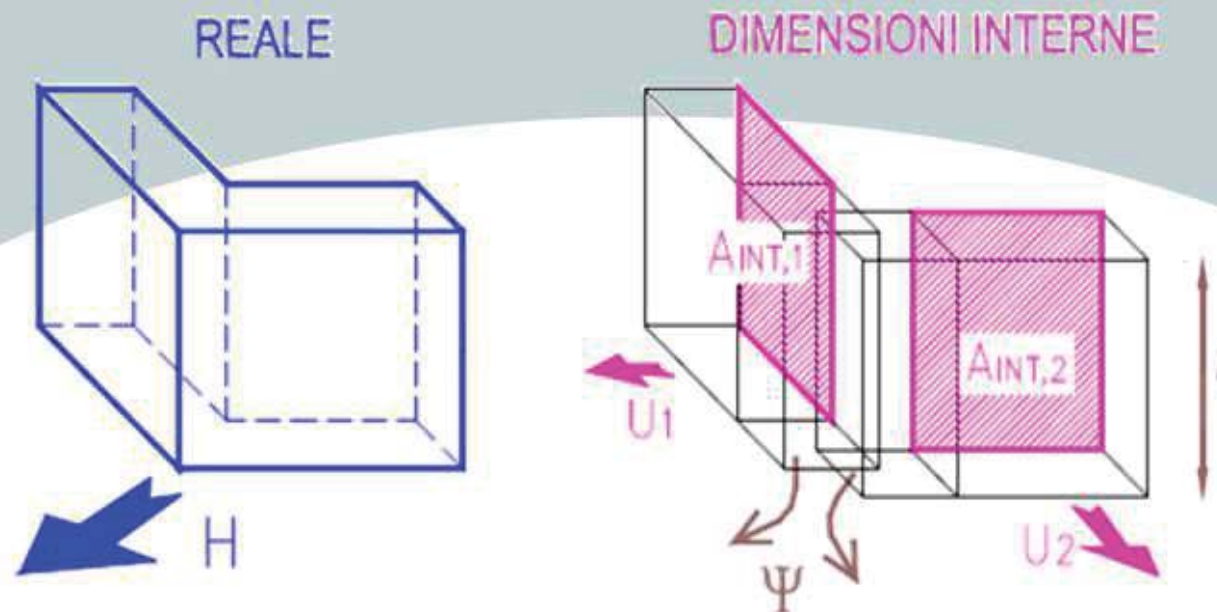
# PONTI TERMICI: dimensioni esterne



$$H = A_{1,est} \cdot U_1 + A_{2,est} \cdot U_2 + \psi_{est} \cdot l \quad (W / K)$$

Con le dimensioni esterne, la zona d'angolo viene conteggiata due volte e quindi  $\Psi$  potrebbe essere negativo.

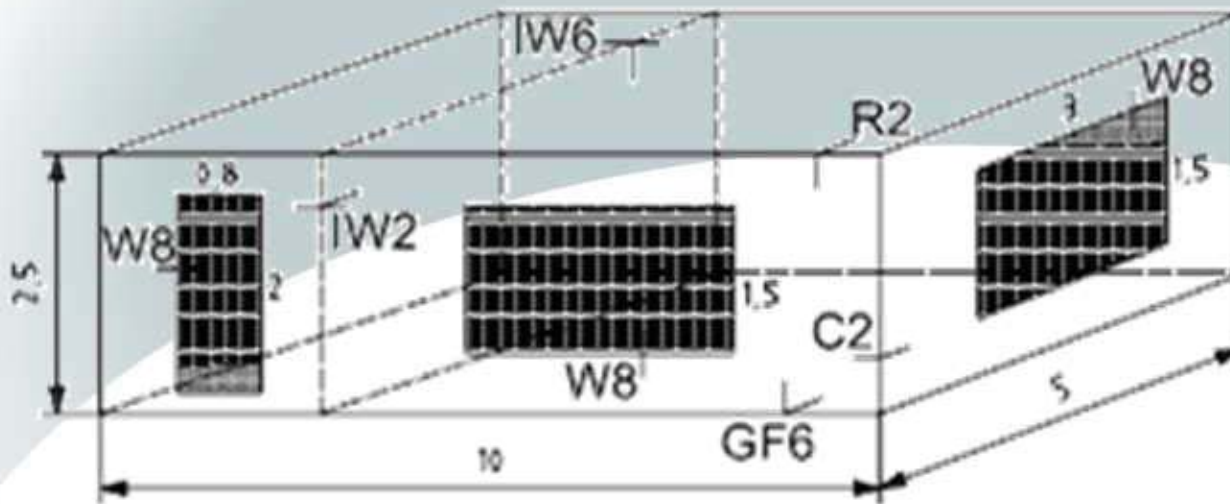
# PONTI TERMICI: dimensioni interne



$$H = A_{1,int} \cdot U_1 + A_{2,int} \cdot U_2 + \psi_{int} \cdot l \quad (W / K)$$

Con le dimensioni interne, la zona d'angolo viene conteggiata solo con  $\psi$ . In questo caso  $\psi$  è sempre positivo.

# PONTI TERMICI: esempio di calcolo



	U [W/m <sup>2</sup> K]
Pareti	0.40
Tetto	0.30
Pavimento	0.35
Finestra	3.50
Porta	3.00

Coefficiente di scambio termico per trasmissione,  $H_D$ , attraverso l'involucro edilizio verso l'esterno:

$$H_D = \sum U_i A_i + \sum \Psi_k l_k + \sum X_j$$

**Nota Prof. Cecconi:**

$H_d$  è la somma di  $H_{tr}$  e  $H_{pt}$  presenti sulle slides.

dove:

$U_i$  = trasmittanza unitaria dell' $i$ -esimo componente

$A_i$  = area caratterizzata da trasmittanza  $U_i$

$\Psi_k$  = trasmittanza termica lineica del  $k$ -esimo ponte termico lineare

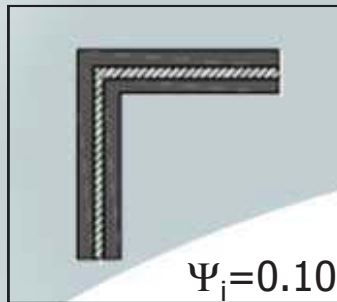
$l_k$  = lunghezza lungo la quale si applica  $\Psi_k$

$X_j$  = trasmittanza termica puntuale del  $j$ -esimo ponte termico puntuale



# PONTI TERMICI: esempio di calcolo

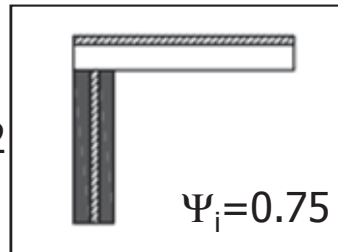
angoli: C2



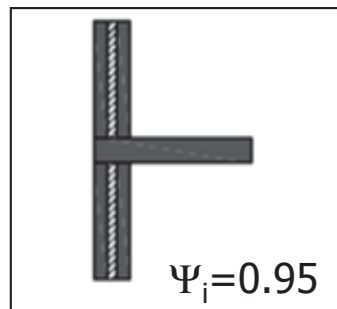
$$l_i = 2.5 \times 4 = 10 \text{ m}$$

Si assegna ad ogni ponte termico un ponte termico dell'atlante.

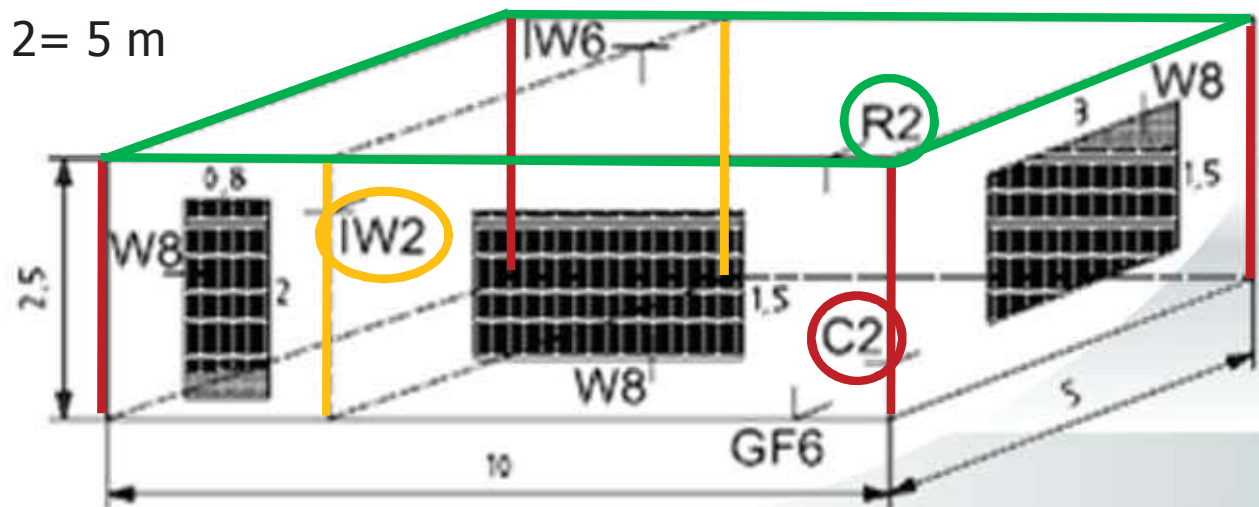
copertura: R2



$$l_i = 5 \times 2 + 10 \times 2 = 30 \text{ m}$$

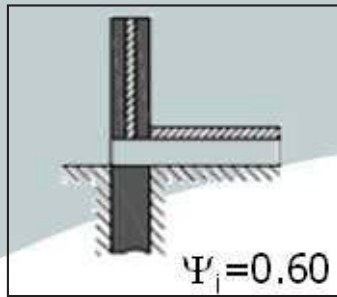
parete  
interna: IW2

$$l_i = 2.5 \times 2 = 5 \text{ m}$$



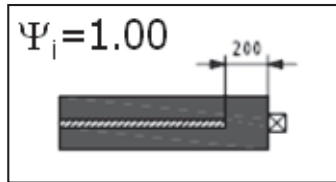
# PONTI TERMICI: esempio di calcolo

pavimento verso terreno: GF6



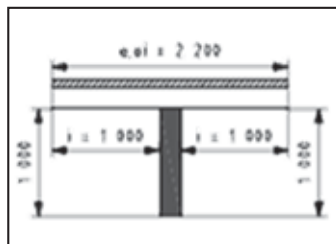
$$l_i = 5 \times 2 + 10 \times 2 = 30 \text{ m}$$

serramenti: W8

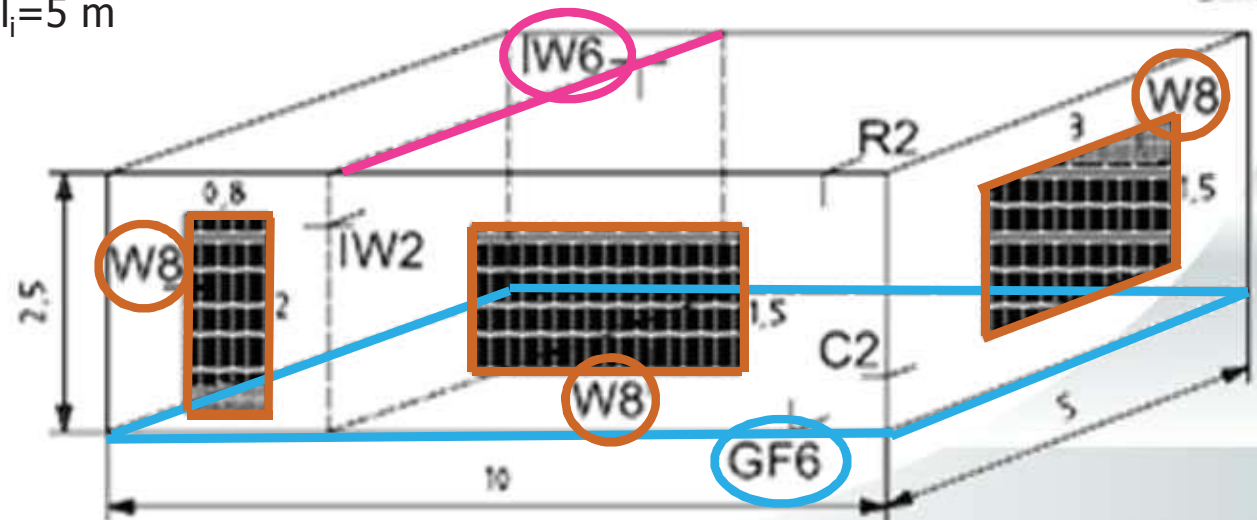


$$l_i = (3 \times 2 + 2 \times 1.5) \times 2 + (2 \times 0.8 + 2 \times 2) = 23.6 \text{ m}$$

parete interna: IW6



$$l_i = 5 \text{ m}$$



# PONTI TERMICI: esempio di calcolo

	$U_i$ [W/m <sup>2</sup> K]	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$U_i A_i$ [W/K]
<b>Pareti</b>	0.4	64.4	25.76
<b>Tetto</b>	0.3	50.0	15.00
<b>Pavimento</b>	0.35	50.0	17.50
<b>Finestra</b>	3.5	9.0	31.50
<b>Porta</b>	3.0	1.6	4.80

Coefficiente di scambio termico per trasmissione,  $H_{DT}$  attraverso l'involucro edilizio:

$$\sum U_i A_i = 94.56 \quad [\text{W/K}]$$

	$\Psi_k$ [W/mK]	$l_k$ [m]	$\Psi_k l_k$ [W/K]
<b>R2</b>	0.75	30.0	22.50
<b>C2</b>	0.10	10.0	1.00
<b>IW2</b>	0.95	5.0	4.75
<b>IW6</b>	0.00	5.0	0.00
<b>W8</b>	1.00	23.6	23.60
<b>GF6</b>	0.60	30.0	18.00

$$\sum \Psi_k l_k = 69.85 \quad [\text{W/K}]$$

$$H_D = \sum U_i A_i + \sum \Psi_k l_k + \sum_0 \frac{1}{X_j} = 94.56 + 69.85 = 164.41 \quad [\text{W/K}]$$

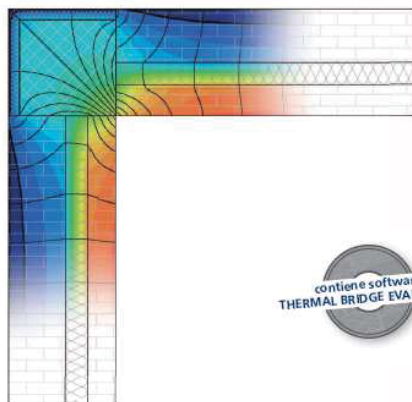
In questo caso le dispersioni attraverso i ponti termici rappresentano il 42% del totale

# PONTI TERMICI: atlanti alternativi, commerciale

Alfonso Capozzoli, Vincenzo Corrado, Alice Gorrino, Paola Soma

## Atlante nazionale dei ponti termici

conforme alle norme  
UNI EN ISO 14683 e UNI EN ISO 10211



EDIZIONI  
**EDILCLIMA**

Thermal Bridge Evaluator

Conducibilità termica muro 2  
 $\lambda_{m2}$   W/mK

Dimensione caratteristica del pavimento  
B'  m

Spessore solaio  
Ssol  cm

Spessore muro  
Smur  cm

Trasmittanza termica solaio  
U<sub>sol</sub>  W/m<sup>2</sup>K

Conducibilità termica muro 1  
 $\lambda_{m1}$   W/mK

GF8 - Giunto parete con isolamento ripartito - solaio contro terra con isolamento all'estradosso

Indietro

Avanti

### 3.2 Il codice di calcolo utilizzato per la valutazione della trasmittanza termica lineare

Le simulazioni per il calcolo dei flussi termici e per la determinazione dei valori di trasmittanza termica lineare sono state effettuate attraverso il codice di calcolo TRISCO, che opera secondo una metodologia di calcolo alle differenze finite attraverso una procedura iterativa e si attiene a quanto prescritto dalla norma UNI EN ISO 10211.

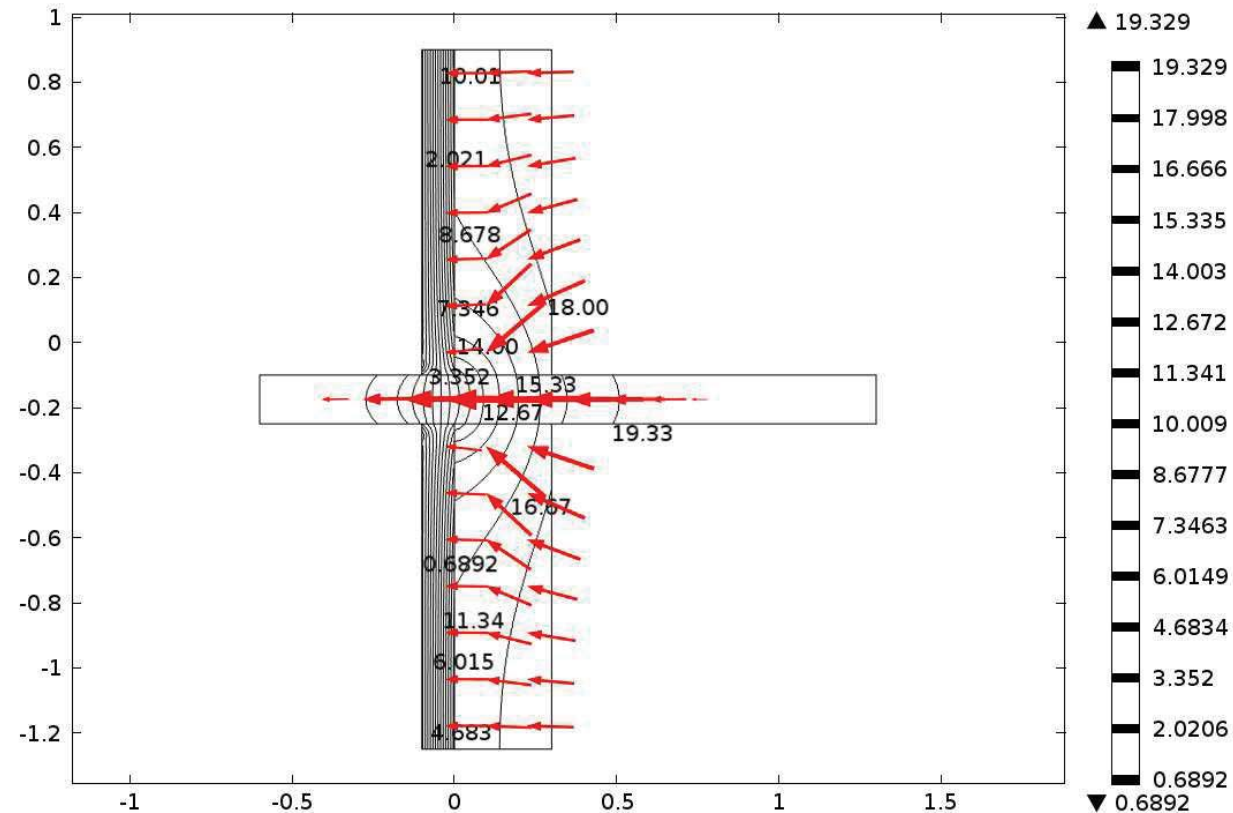
# CALCOLO ANALITICO



# PONTI TERMICI: metodo di calcolo analitico

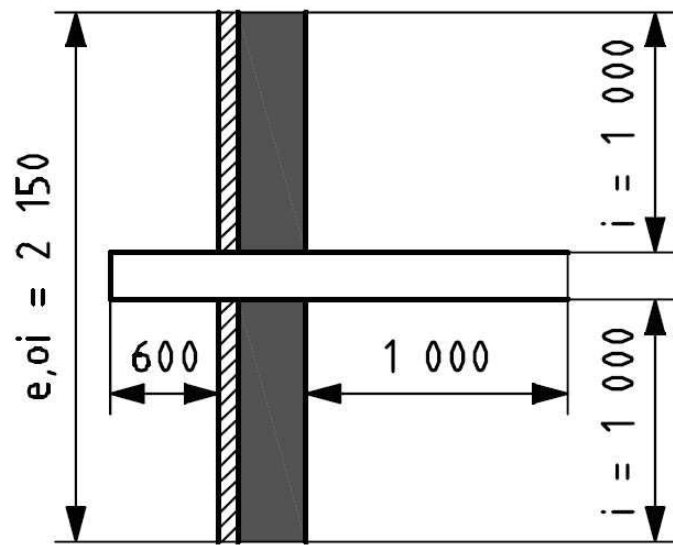
Il calcolo teorico di questi parametri può essere eseguito solo attraverso l'ausilio di un'analisi agli elementi finiti. Il metodo e le condizioni al contorno, nonché le regole per la geometria del ponte termico, sono riportate nella norma UNI EN ISO 10211.

Il calcolo agli elementi finiti fornisce sia i parametri quantitativi sia la distribuzione delle linee di flusso termico e la distribuzione della temperatura dell'elemento analizzato.



Attraverso le linee di flusso è possibile individuare le vie con maggiore perdita di calore e di conseguenza i punti più deboli sotto il profilo termico di una chiusura, ossia i ponti termici.

# PONTI TERMICI: balcone B1



B1

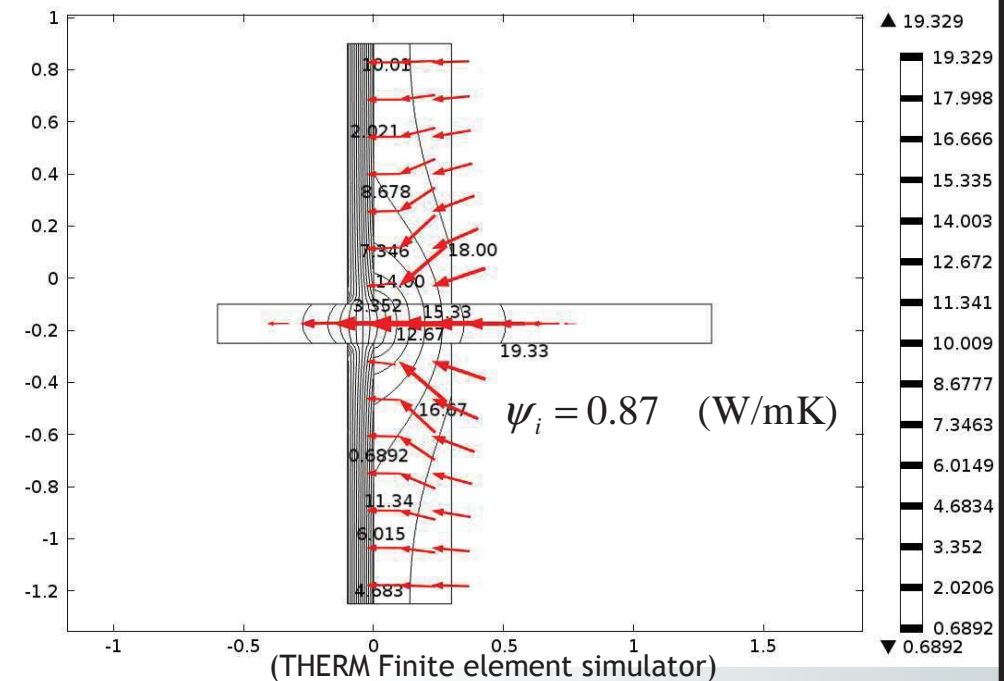
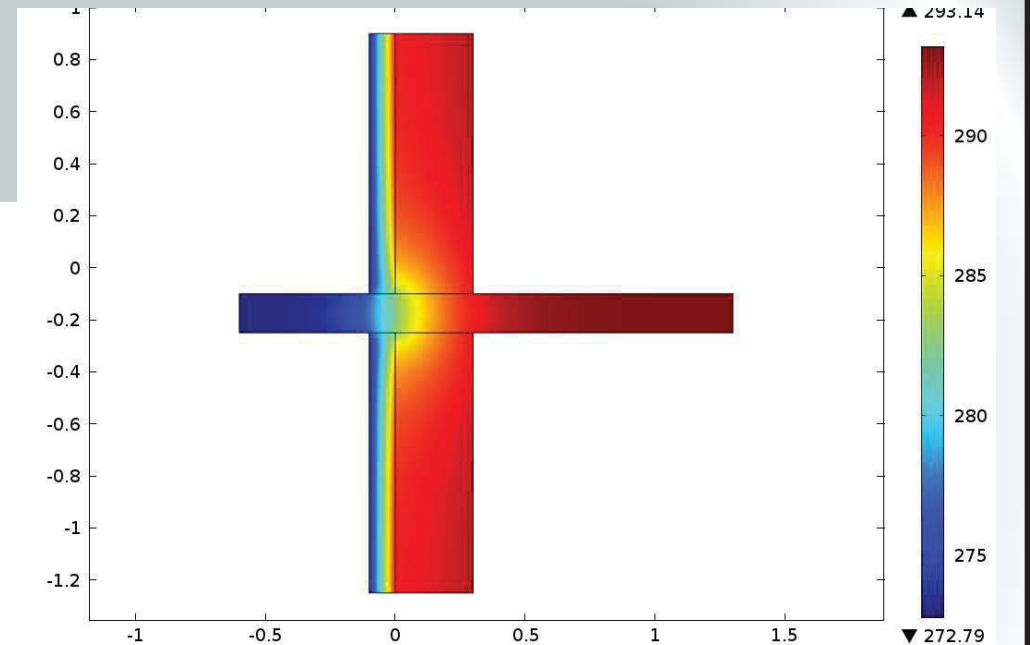
$$\Psi_e = 0,95$$

$$\Psi_{oi} = 0,95$$

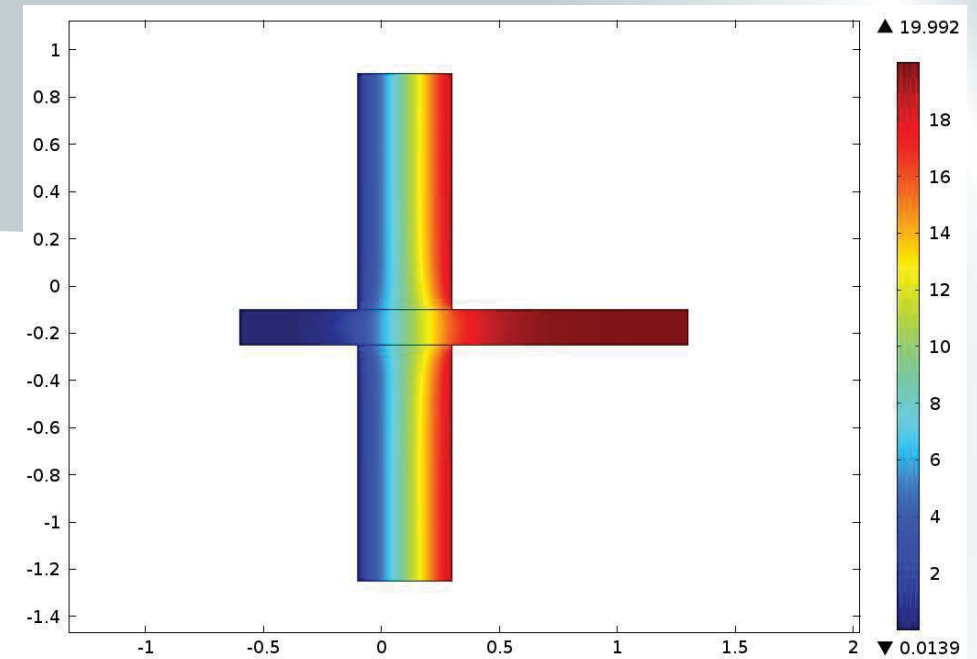
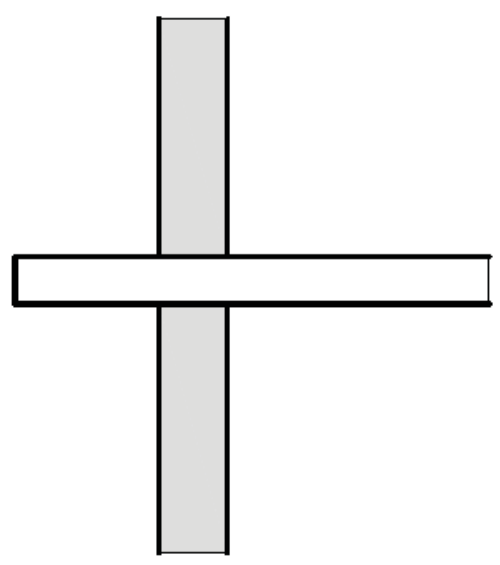
$$\Psi_i = 1,05$$

UNI EN ISO 14683:2008

+21%



# PONTI TERMICI: balcone B1



B4

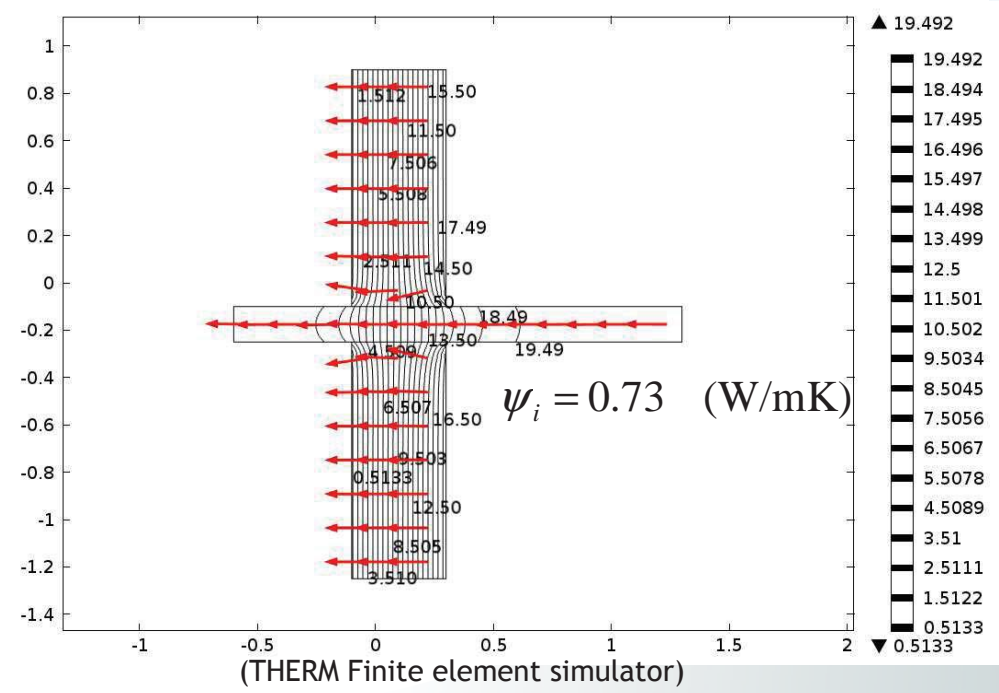
$$\Psi_e = 0,70$$

$$\Psi_{oi} = 0,70$$

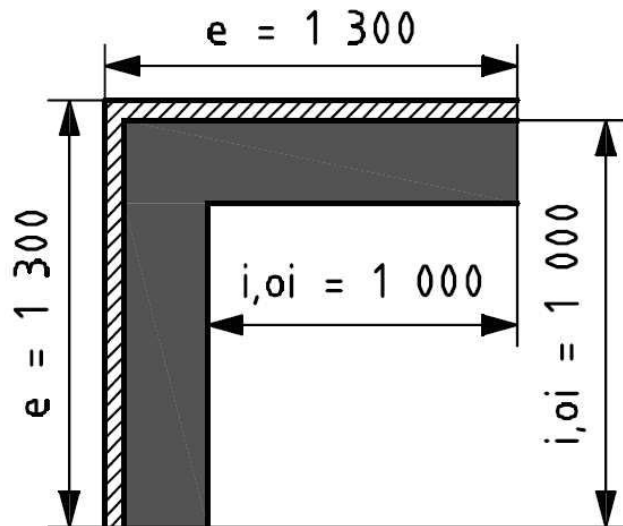
UNI EN ISO 14683:2008

$$\Psi_i = 0,80$$

## +10%



# PONTI TERMICI: angolo C1



C1

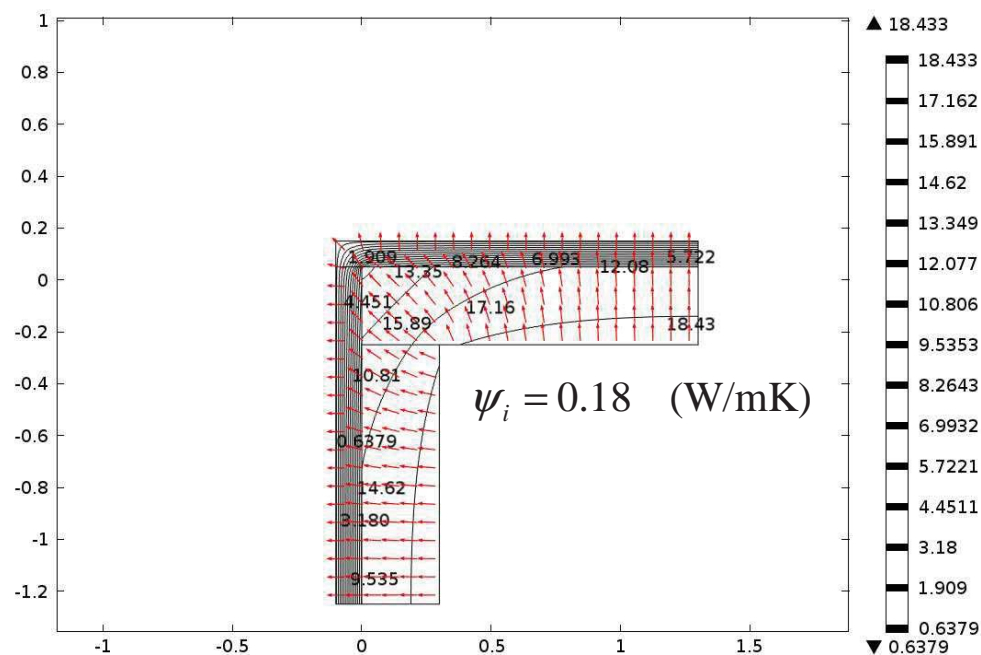
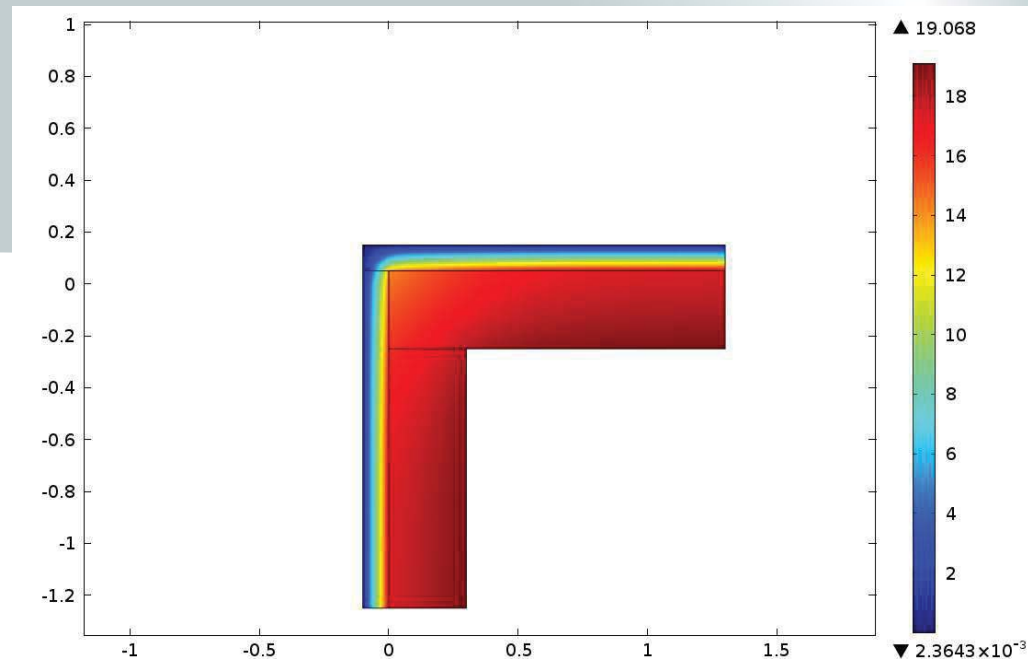
$$\Psi_e = -0,05$$

$$\Psi_{oi} = 0,15$$

$$\Psi_i = 0,15$$

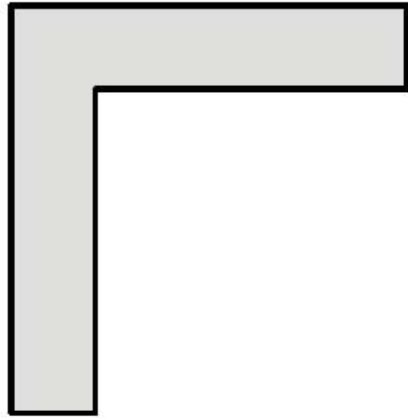
UNI EN ISO 14683:2008

-16%



(THERM Finite element simulator)

# PONTI TERMICI: angolo C1



C4

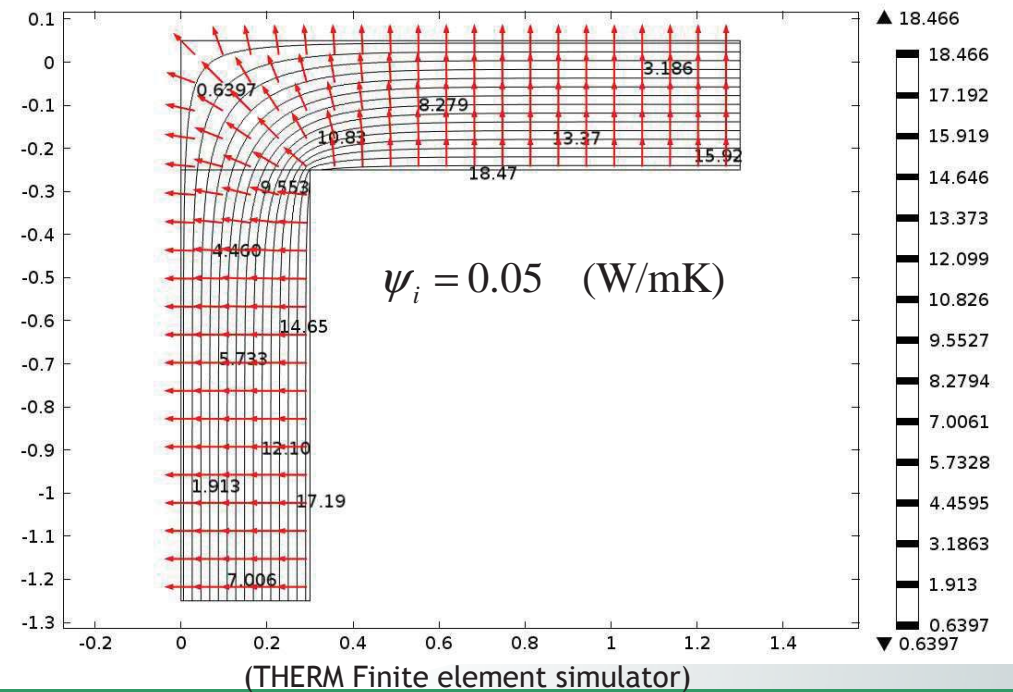
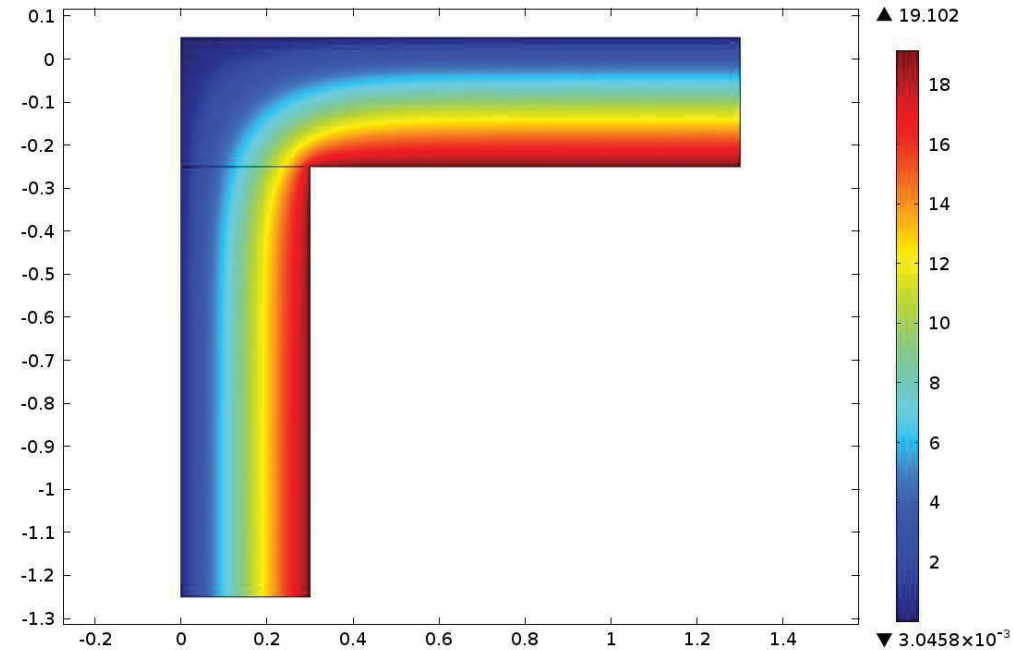
UNI EN ISO 14683:2008

$$\psi_e = -0,15$$

$$\psi_{oi} = 0,10$$

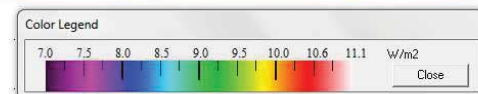
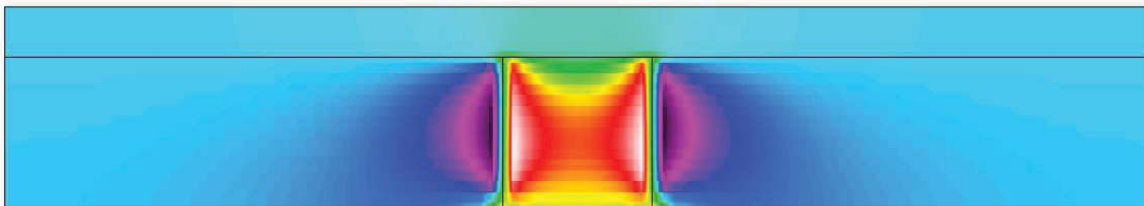
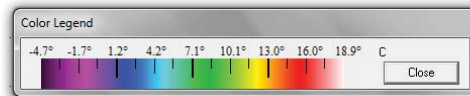
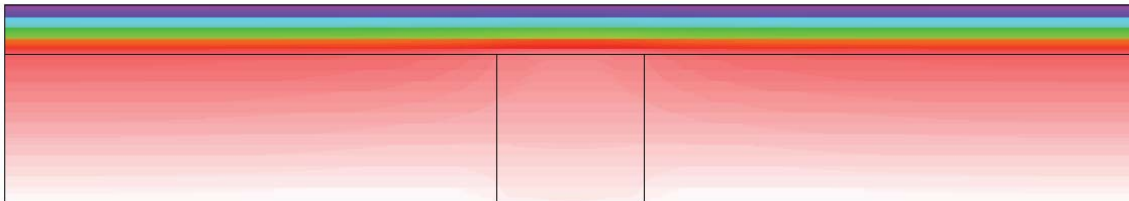
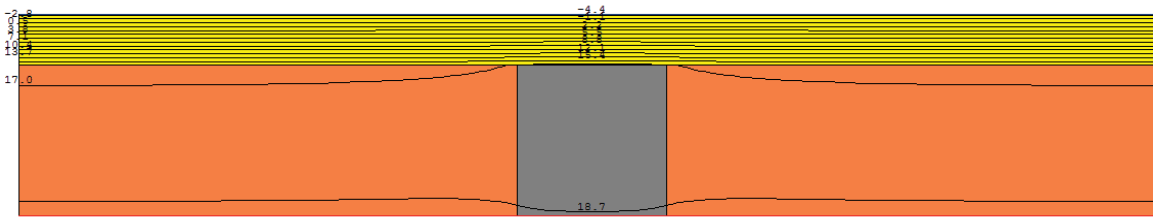
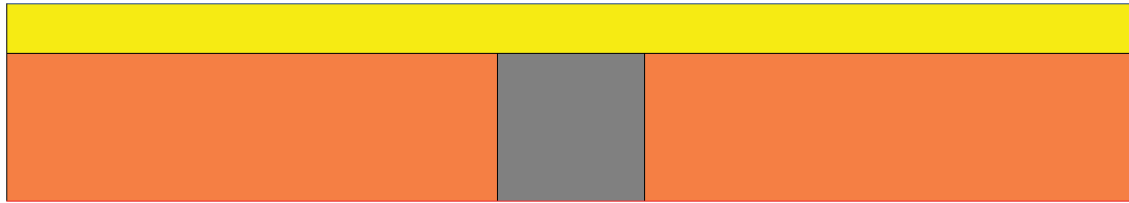
$$\psi_i = 0,10$$

+100%





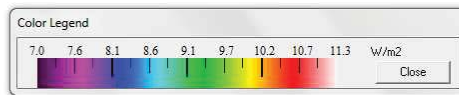
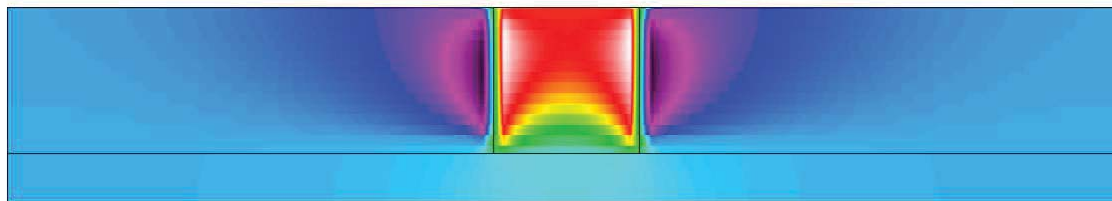
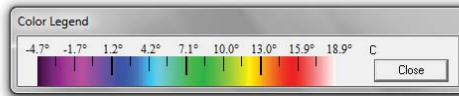
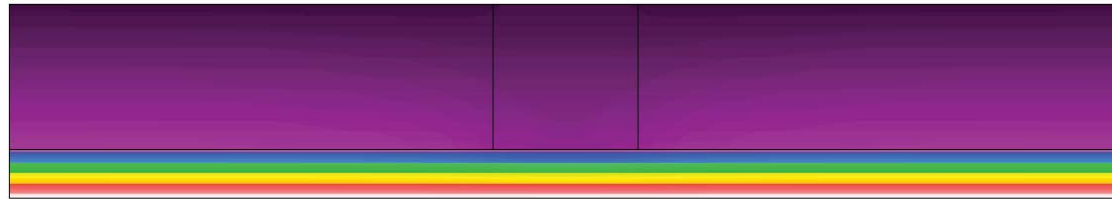
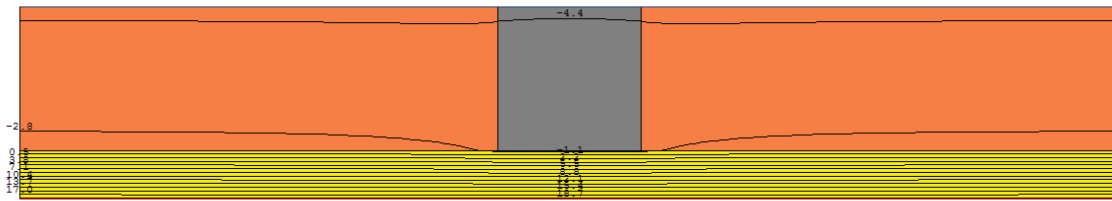
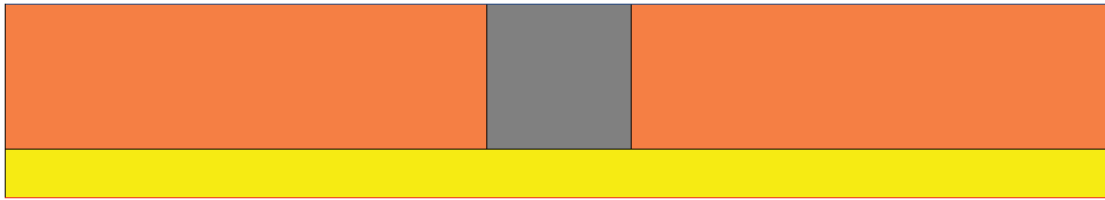
# PONTI TERMICI: pilastro con cappotto esterno



$$\psi_i = 0.039 \text{ (W/mK)}$$

(THERM Finite element simulator)

# PONTI TERMICI: pilastro con cappotto interno



$$\psi_i = 0.040 \text{ (W/mK)}$$

(THERM Finite element simulator)

# **METODO SEMPLIFICATO**

# PONTI TERMICI: metodo semplificato 11300/1:2008

Lo scambio termico per trasmissione attraverso i ponti termici può essere calcolato secondo la UNI EN ISO 14683. **ATTENZIONE: dal 2015 non è più valido per la certificazione energetica!**

Per gli edifici esistenti, in assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, per alcune tipologie edilizie, lo scambio termico attraverso i ponti termici può essere determinato forfaitariamente secondo quanto indicato nel seguente prospetto:

## Maggiorazioni percentuali relative alla presenza dei ponti termici [%]

Descrizione della struttura	Maggiorazione <sup>11)</sup>
Parete con isolamento dall'esterno (a cappotto) senza aggetti/balconi e ponti termici corretti	5
Parete con isolamento dall'esterno (a cappotto) con aggetti/balconi	15
Parete omogenea in mattoni pieni o in pietra (senza isolante)	5
Parete a cassa vuota con mattoni forati (senza isolante)	10
Parete a cassa vuota con isolamento nell'intercapedine (ponte termico corretto)	10
Parete a cassa vuota con isolamento nell'intercapedine (ponte termico non corretto)	20
Pannello prefabbricato in calcestruzzo con pannello isolante all'interno	30

*11) Le maggiorazioni si applicano alle dispersioni della parete opaca e tengono conto anche dei ponti termici relativi ai serramenti.*

# PONTI TERMICI: nuova 11300-1:2014

## 11.1.3

### Ponti termici

Lo scambio di energia termica per trasmissione attraverso i ponti termici deve essere calcolato secondo il punto 5 della UNI EN ISO 14683:2008.

Nella valutazione sul progetto i valori di trasmittanza termica lineare devono essere determinati esclusivamente attraverso il calcolo numerico in accordo alla UNI EN ISO 10211 oppure attraverso l'uso di atlanti di ponti termici conformi alla UNI EN ISO 14683.

Per gli edifici esistenti è ammesso in aggiunta l'uso di metodi di calcolo manuali conformi alla UNI EN ISO 14683. È sempre da escludersi l'utilizzo dei valori di progetto della trasmittanza termica lineare riportati nell'allegato A della UNI EN ISO 14683:2008.

Nel caso in cui il ponte termico si riferisca ad un giunto tra due strutture che coinvolgono due zone termiche diverse, il valore della trasmittanza termica lineare, dedotto dalla UNI EN ISO 14683, deve essere ripartito in parti uguali tra le due zone interessate<sup>15)</sup>.

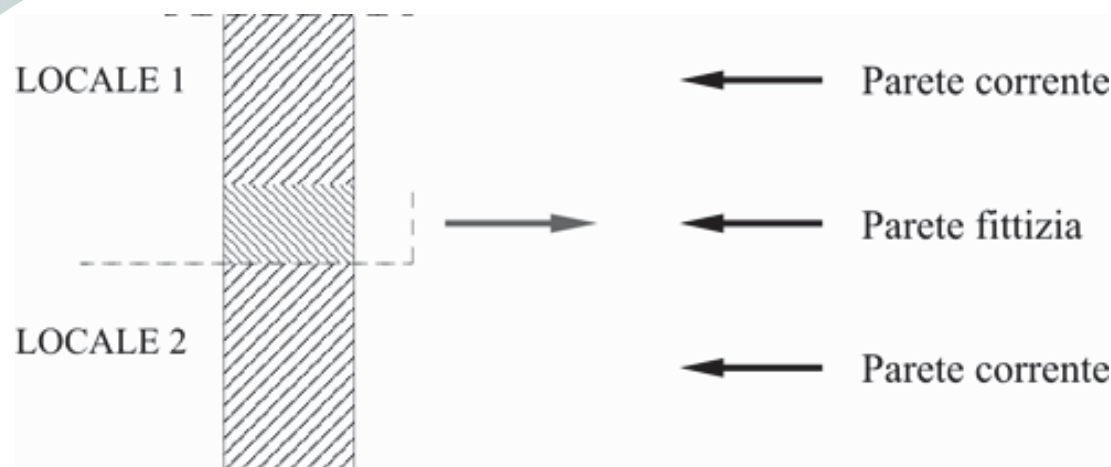


# **COME CORREGGERE UN PONTE TERMICO**

# PONTI TERMICI: normativa nazionale

DECRETO LEGISLATIVO 19 agosto 2005, n. 192: "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia" : definizioni

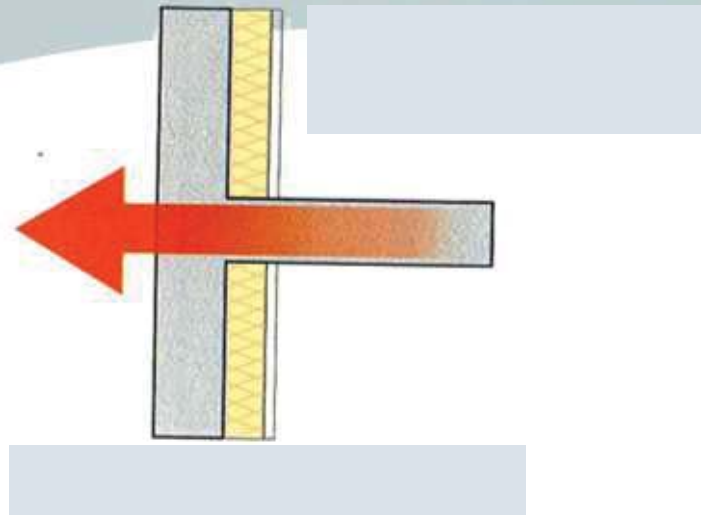
parete fittizia è la parete schematizzata in figura;



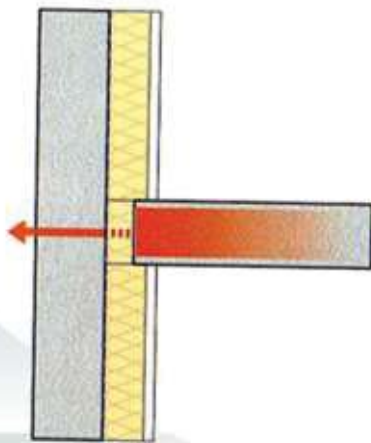
**ponte termico** è la discontinuità di isolamento termico che si può verificare in corrispondenza agli innesti di elementi strutturali (solai e pareti verticali o pareti verticali tra loro);

**ponte termico corretto** è quando la trasmittanza termica della parete fittizia (il tratto di parete esterna in corrispondenza del ponte termico) **non supera per più del 15%** la trasmittanza termica della parete corrente;

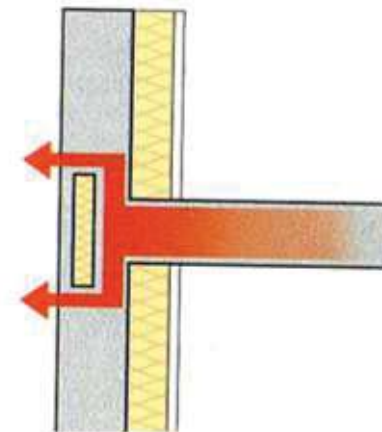
# PONTI TERMICI: riduzione (correzione?)



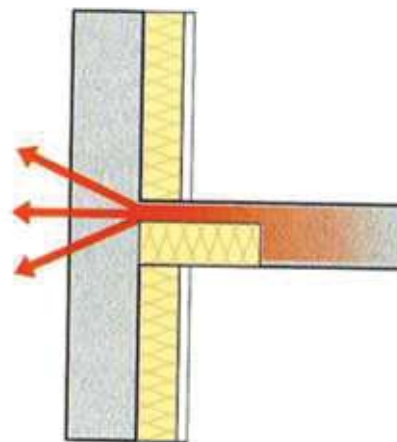
Annullamento discontinuità



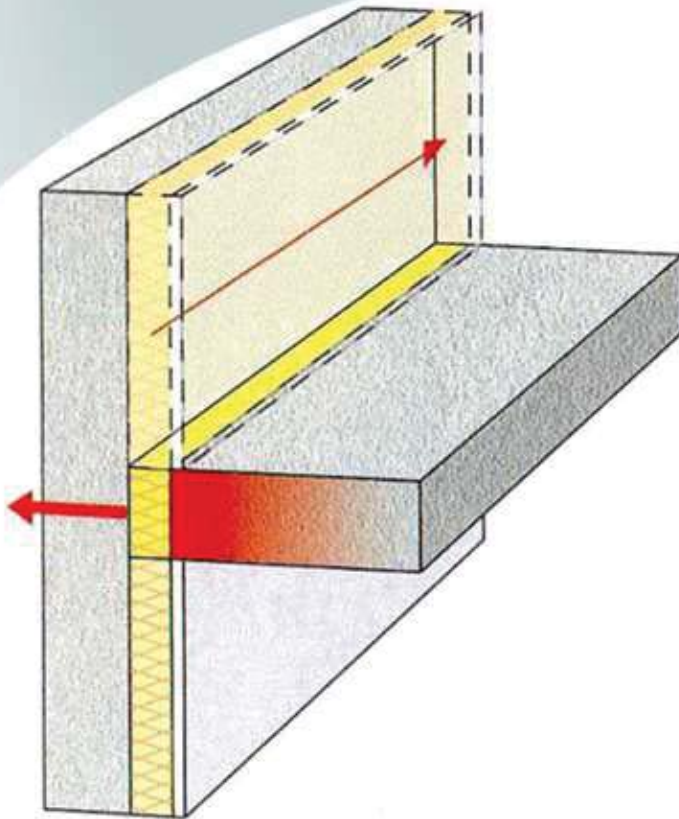
Allungamento del percorso



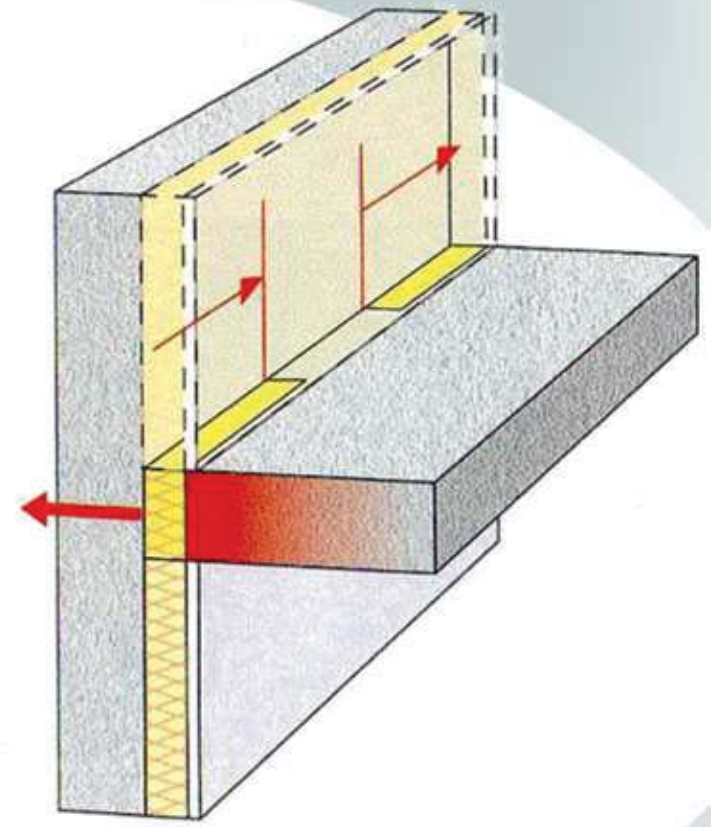
Riduzione sezione di passaggio



# PONTI TERMICI: riduzione (correzione?)



Interruzione continua



Interruzione discontinua

# PONTI TERMICI: come evitare un ponte termico

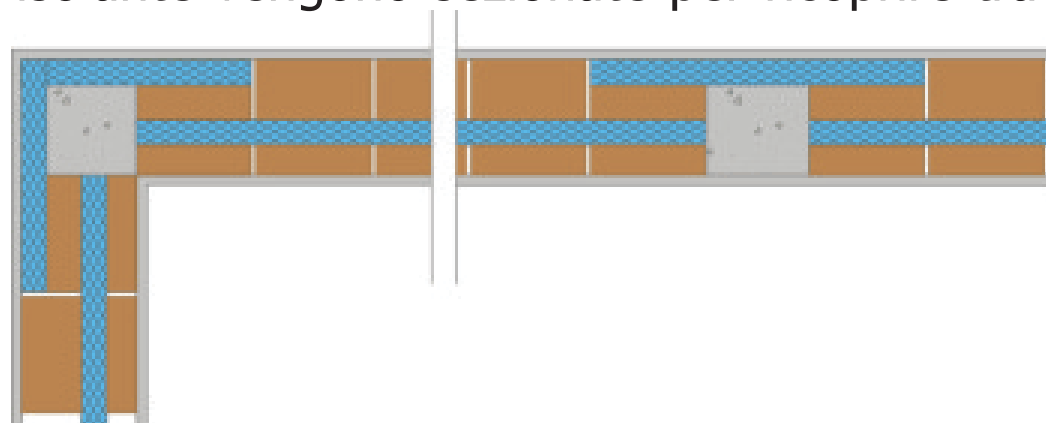
In generale si possono correggere i ponti termici in tre modi:

- realizzando il cosiddetto "taglio termico" che può, evidentemente, essere previsto solo negli edifici di nuova costruzione a causa dei problemi costruttivi che esso può comportare.
- applicando un isolamento dall'esterno (cappotto o facciata ventilata);
- applicando un isolamento dall'interno;



La correzione dei ponti termici necessita di spessori relativamente modesti di materiale isolante, che sia comunque facile da applicare.

Le lastre di isolante vengono sezionate per ricoprire travi e pilastri.

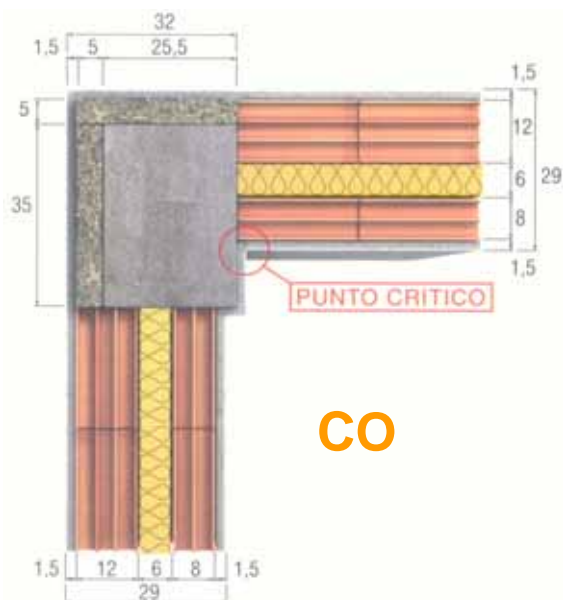




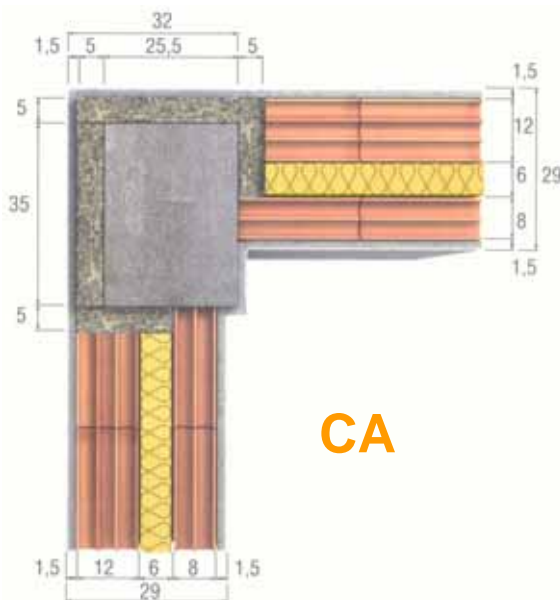
## CORREZIONE PONTE TERMICI PILASTRO IN ANGOLO

Il ponte termico in oggetto riguarda il caso del pilastro inserito in angolo tra due pareti. La stratigrafia della parete è in accordo con la trasmittanza limite imposta dal Decreto Legislativo n.311 per le varie zone climatiche. Se il pilastro ha una dimensione maggiore o rientra verso l'interno il valore di temperatura aumenta, per tanto il caso considerato è da ritenersi cautelativo. Il punto critico di un pilastro d'angolo è situato nella zona finale del percorso più breve scarsamente isolato. La correzione accurata, **CA**, prevede che lo strato di isolamento sia continuo rispetto a quello di parete. La correzione molto accurata **CMA** comporta isolare tutto il pilastro.

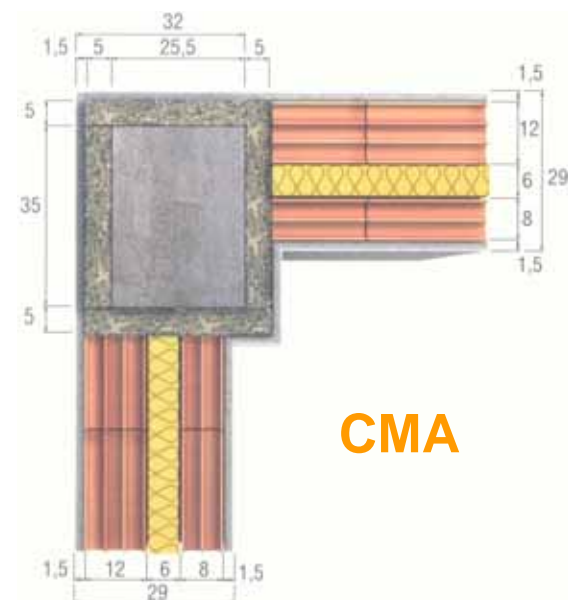
**Ponte termico pilastro in angolo  
Correzione ordinaria**



**Ponte termico pilastro in angolo  
Correzione accurata**

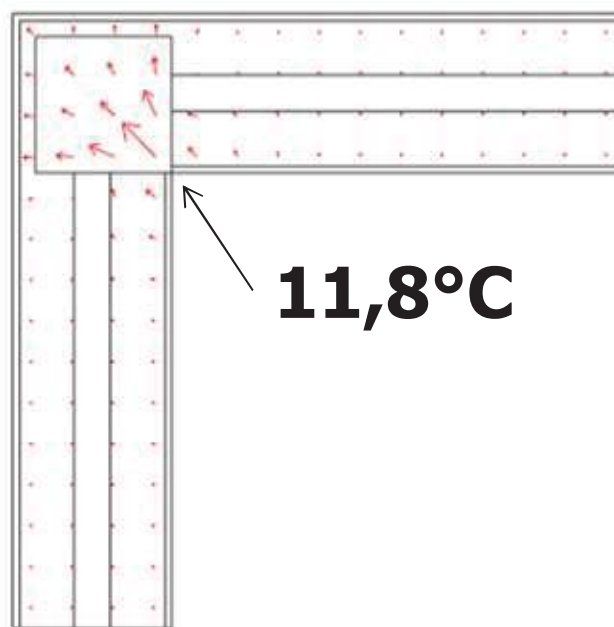
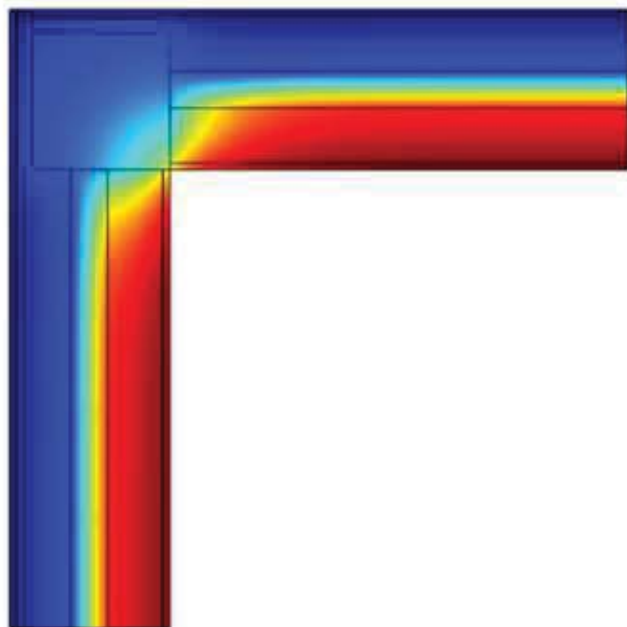


**Ponte termico pilastro in angolo  
Correzione molto accurata**



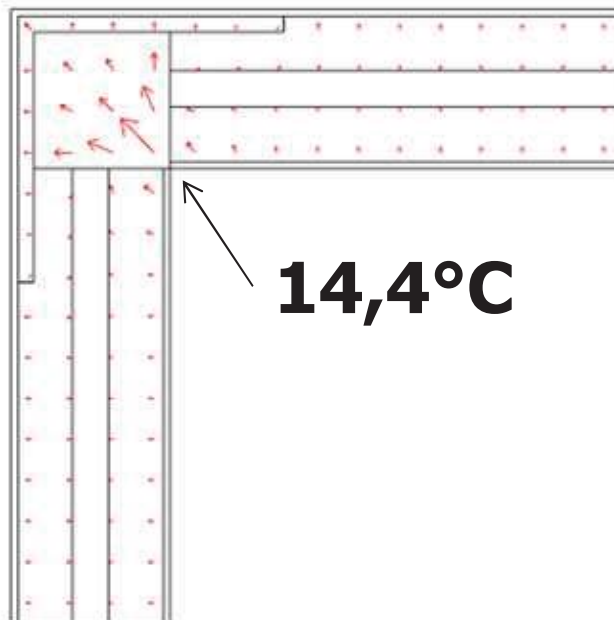
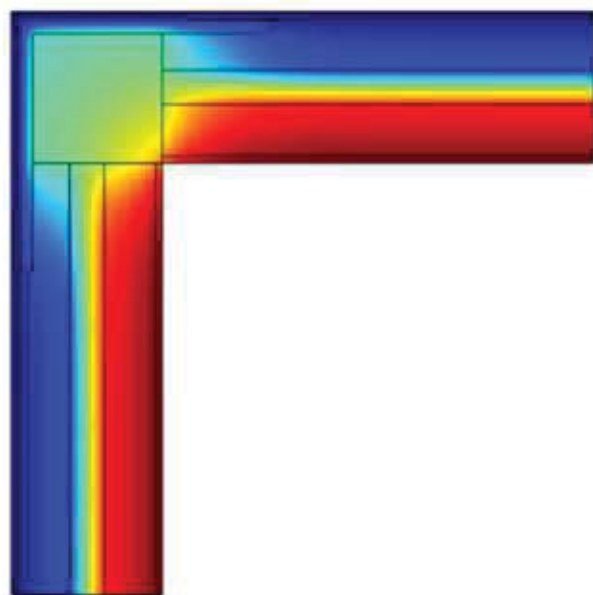
# PONTI TERMICI: come ridurre un ponte termico

Angolo con pilastro:



Pilastro scoperto

**11,8°C**

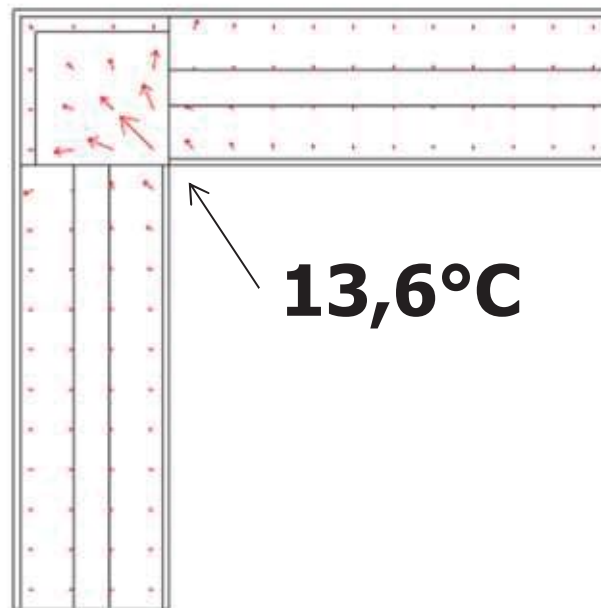
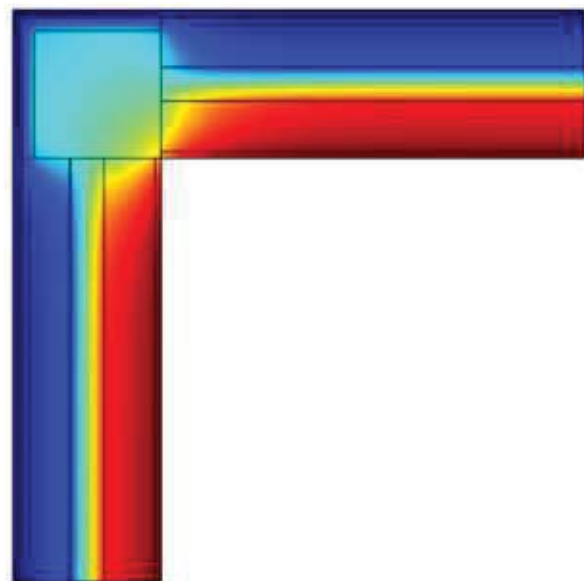


Pilastro ricoperto con  
3,5 cm di isolante  
( $\lambda=0,038$ ) 25 cm oltre  
la larghezza per lato

**- 18%**

# PONTI TERMICI: come ridurre un ponte termico

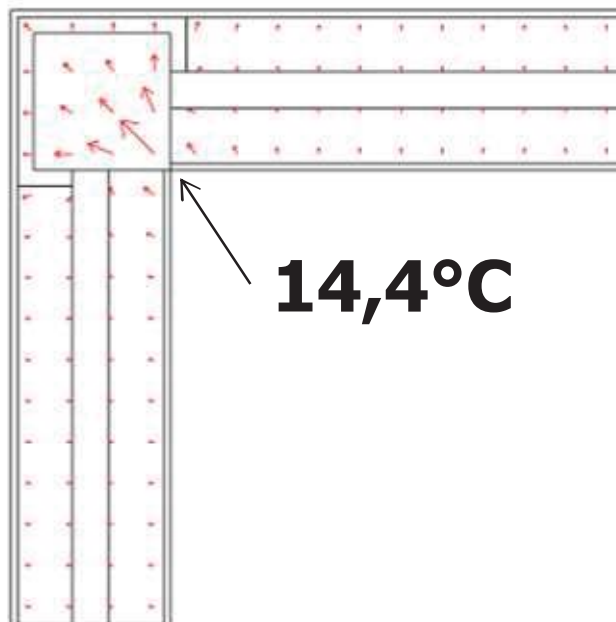
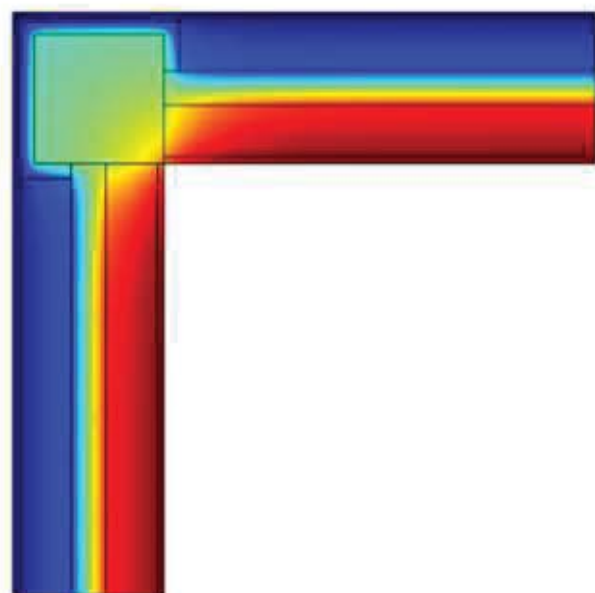
Angolo con pilastro:



**13,6°C**

Pilastro ricoperto con  
3,5 cm di isolante  
( $\lambda=0,038$ ) a filo della  
larghezza

**- 11,8%**



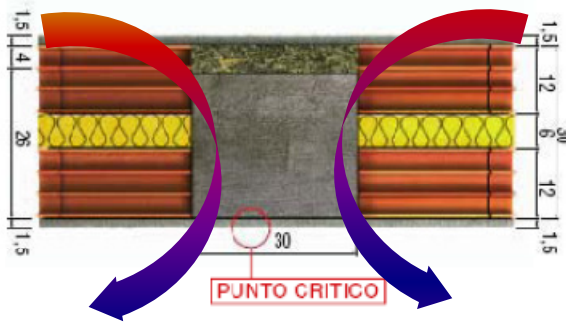
**14,4°C**

Pilastro ricoperto con  
3,5 cm di isolante  
( $\lambda=0,038$ ) tutto  
intorno

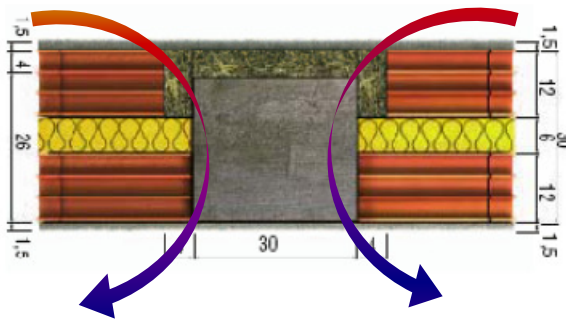
**- 16,6%**

# I PONTI TERMICI

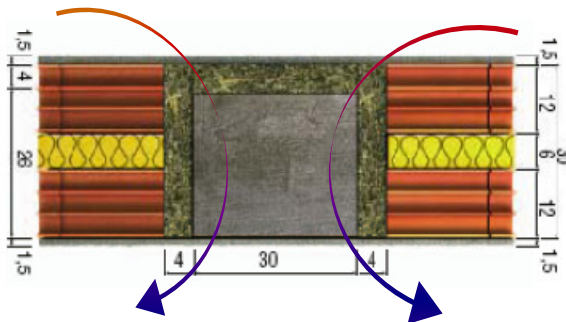
## Particolari costruttivi: ponte termico pilastro



"correzione" ordinaria

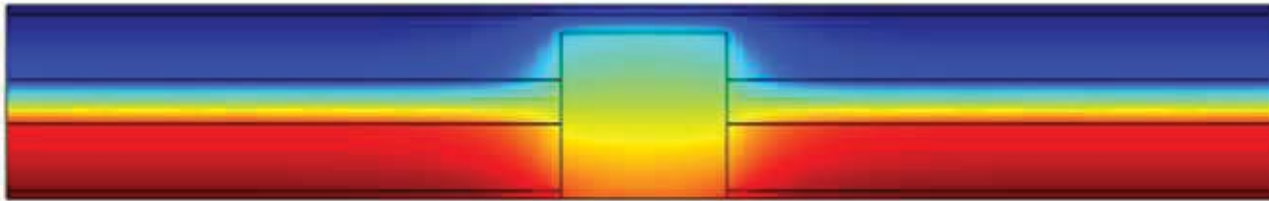


correzione accurata

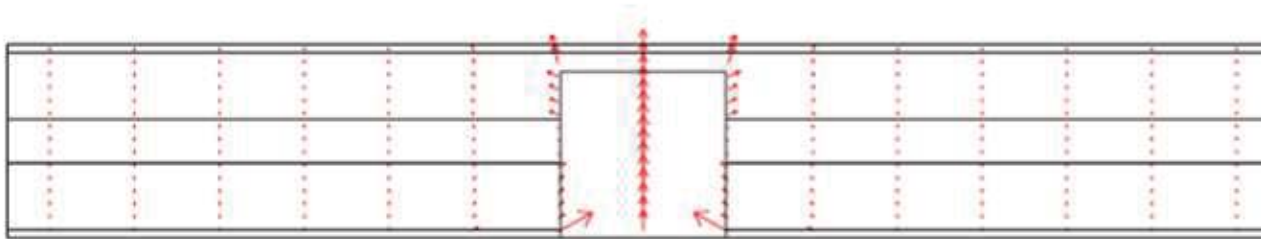


correzione molto accurata

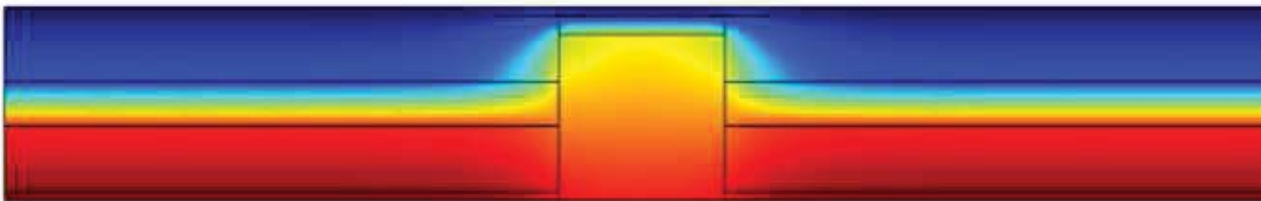
# PONTI TERMICI: come ridurre un ponte termico



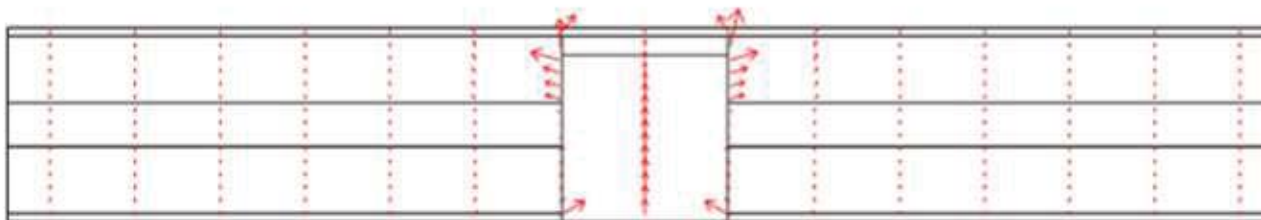
Pilastro scoperto



**14,8°C**



Pilastro ricoperto con  
3,5 cm di isolante  
( $\lambda=0,038$ ) a filo della  
larghezza

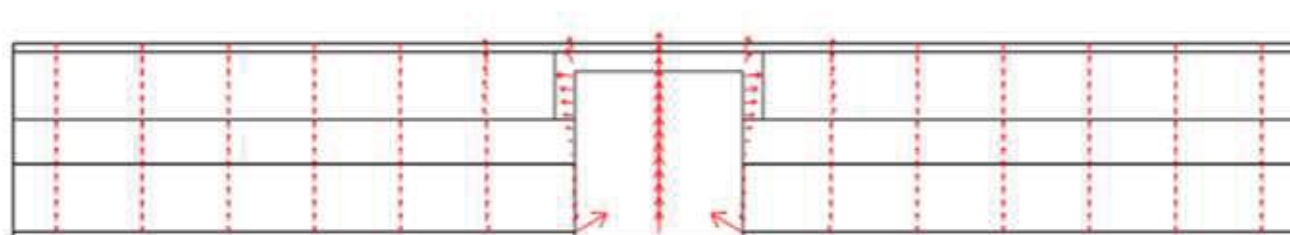
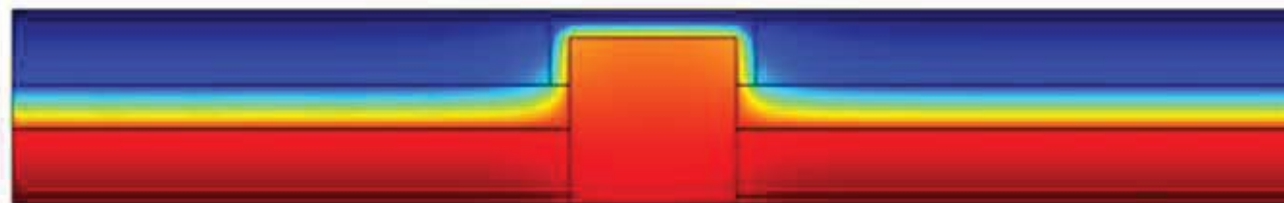


**16,5°C**

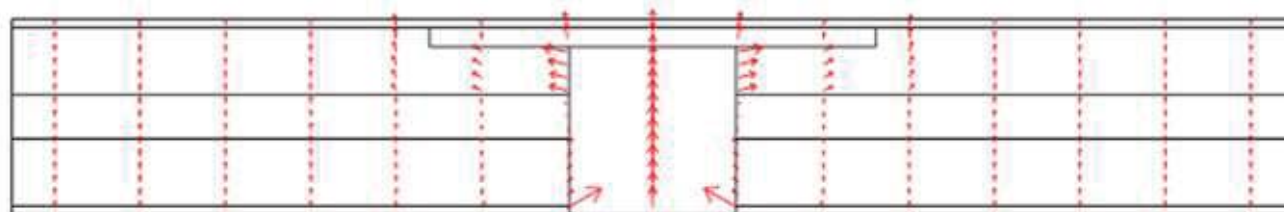
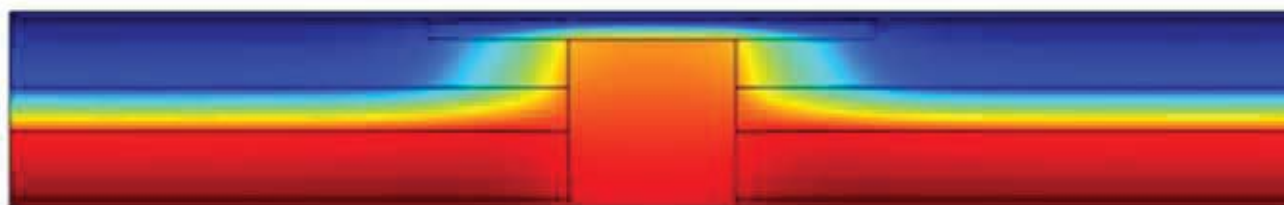
**- 20,6%**



# PONTI TERMICI: come ridurre un ponte termico



17,6°C



17,4°C

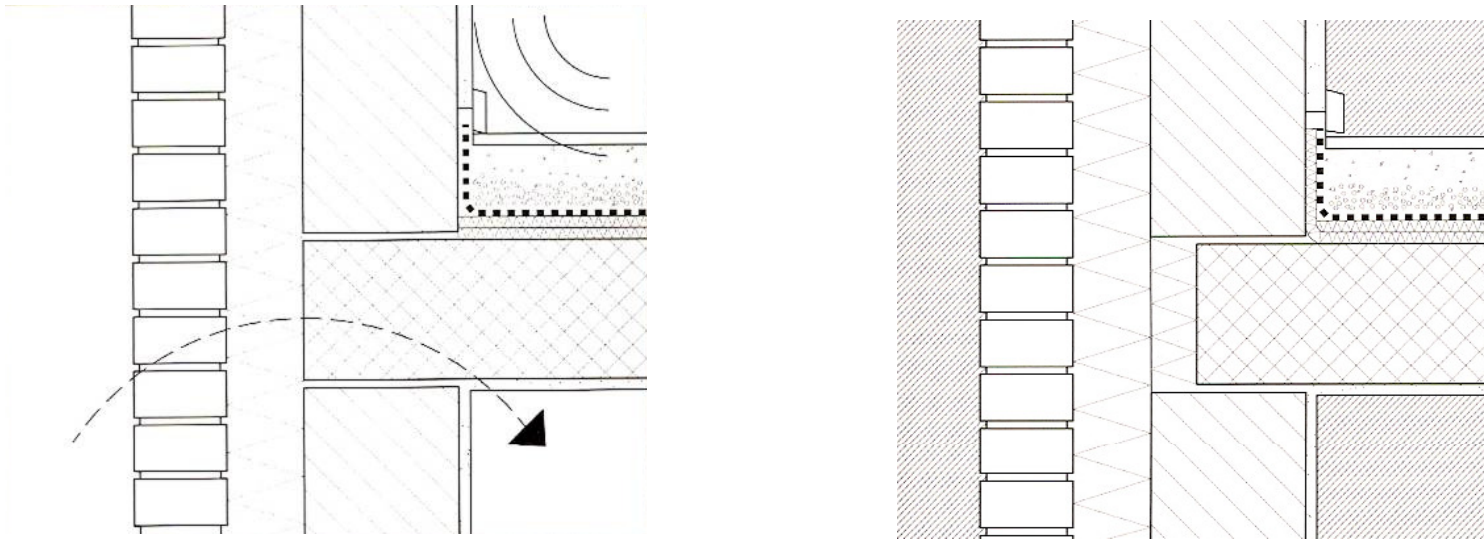
Pilastro ricoperto con  
3,5 cm di isolante  
( $\lambda=0,038$ ) tutto  
intorno

- **32,6%**

Pilastro ricoperto con  
3,5 cm di isolante  
( $\lambda=0,038$ ) 25 cm oltre  
la larghezza per lato

- **33%**

## Particolari costruttivi: solaio



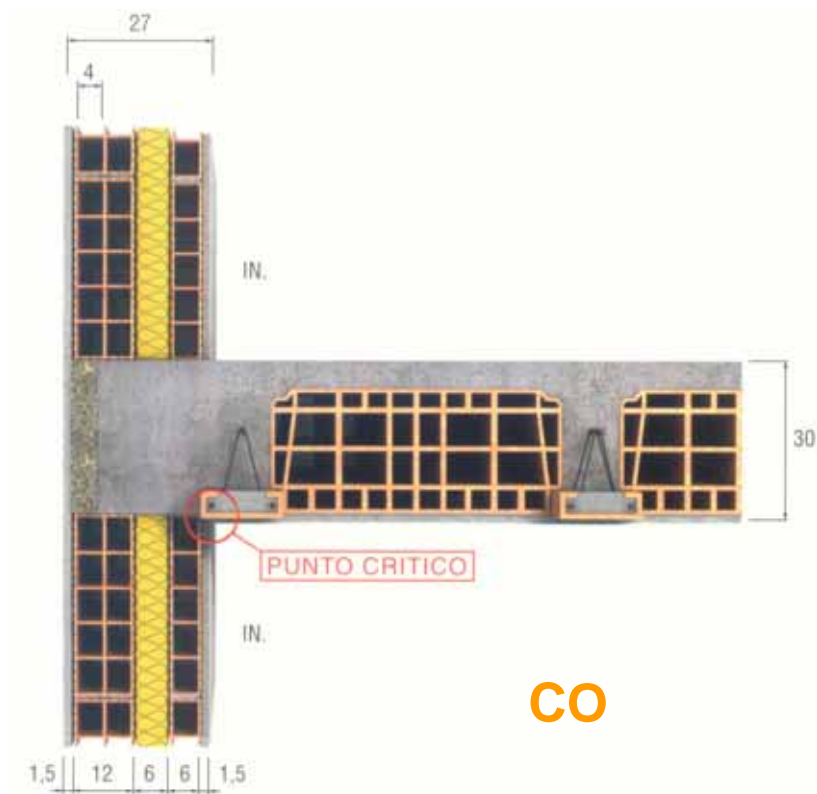
Non è del tutto corretto prevedere uno spessore uniforme sull'intera superficie dell'edificio.

La trasmittanza complessiva deve risultare, infatti, il più possibile omogenea.

L'arretramento del solaio per consentire una protezione aggiuntiva della testa comporta una riduzione della superficie d'appoggio che va verificata staticamente.

## CORREZIONE PONTE TERMICI SOLAIO PARETE

Il ponte termico in oggetto riguarda il nodo tra il solaio e la parete. Il punto critico considerato nella sezione è tendenzialmente l'attacco inferiore del solaio con la parete e la sua criticità o meno dipende dalla stratigrafia della parete. La stratigrafia della parete è in accordo con la trasmittanza limite imposta dal Decreto Legislativo n.311 per le varie zone climatiche.



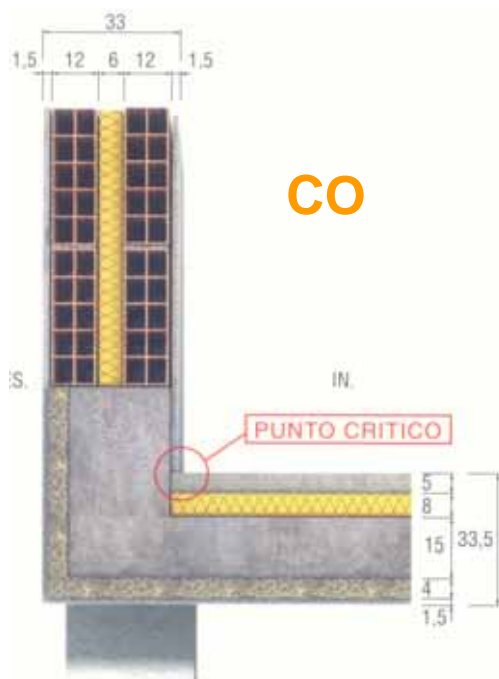
CO

**Ponte termico solaio parete  
Correzione ordinaria**

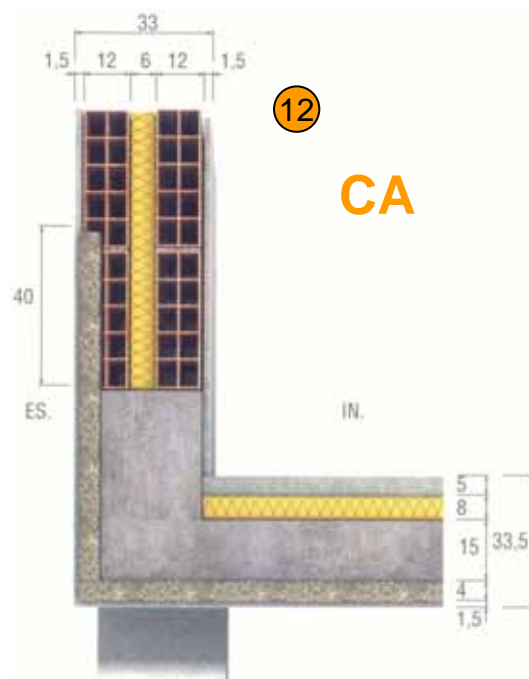
## CORREZIONE PONTE TERMICI SOLAIO A SBALZO PIANO PILOTIS

Il ponte termico in oggetto riguarda il caso dei solai a sbalzo. La correzione del ponte termico orizzontale ha una lunghezza minima di 50 cm a partire dalla fine della trave di bordo. La stratigrafia della parete e del solaio sono in accordo con la trasmittanza limite imposta dal Decreto Legislativo n. 311 per le varie zone climatiche. Nelle zone climatiche con clima rigido ( $T_e = -5 \text{ }^\circ\text{G}$ ) è opportuno correggere accuratamente, **CA**, il ponte termico allungando il percorso della dispersione (Fig. 12) o rendendo lo strato d'isolamento continuo, inserendo alla base della parete un pannello Celenit N da 20 mm (Fig. 13).

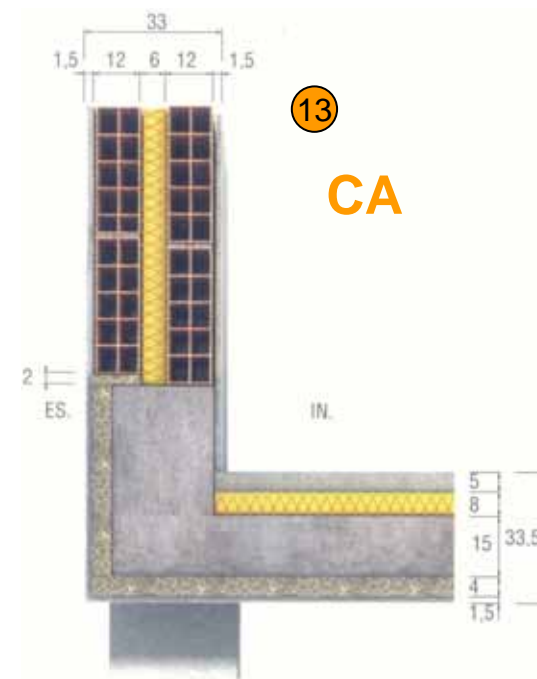
Ponte termico solaio a sbalzo-parete  
Correzione ordinaria



Ponte termico solaio a sbalzo-parete  
Correzione accurata



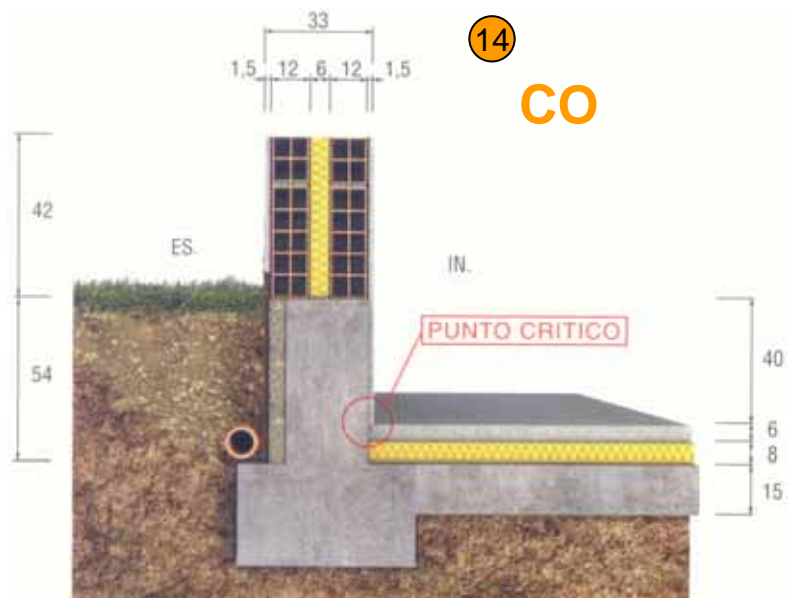
Ponte termico solaio a sbalzo-parete  
Correzione accurata



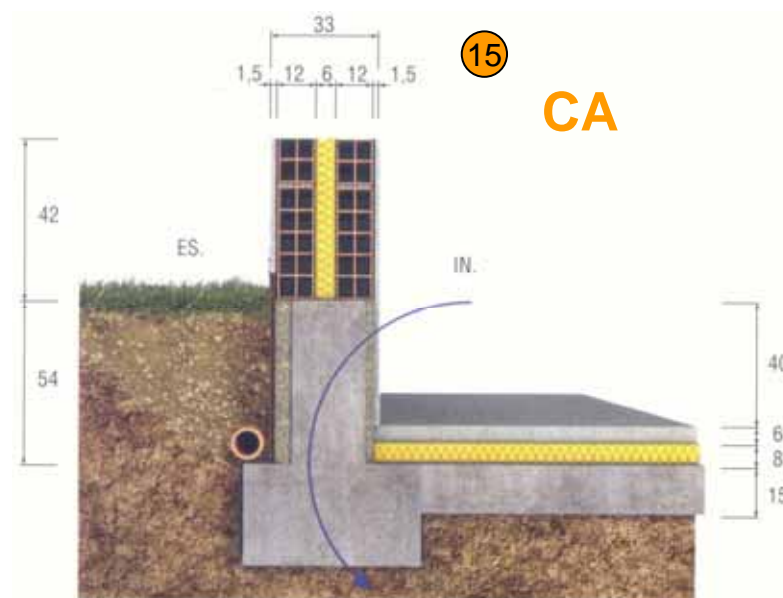
## CORREZIONE PONTE TERMICI PARETE CONTRO TERRA PIANO INTERRATO

Il ponte termico in oggetto riguarda il caso della parete contro terra. La stratigrafia della parete e del solaio sono in accordo con la trasmittanza limite imposta dal Decreto Legislativo n. 311 per le varie zone climatiche. Il materiale utilizzato per la correzione del ponte termico deve essere protetto dall'acqua con adeguato manto impermeabilizzante bituminoso e dallo strato di protezione antiradice. Il punto critico del ponte termico che caratterizza la parete contro terra di un piano interrato è legato alla dispersione attraverso il terreno. Nei casi quindi in cui la correzione ordinaria **CO (Fig. 14)** realizzata con isolamento all'esterno della parete risulti non sufficiente è opportuno inserire del materiale isolante che vada a ridurre le dispersioni nella direzione del terreno. La correzione accurata **CA (Fig. 15)** viene quindi realizzata con materiale Celenit N spessore 25 mm posto all'interno e in aderenza al materiale isolante impiegato nella soletta a contatto con il terreno.

**Ponte termico parete contro terra solaio piano interrato  
Correzione ordinaria**



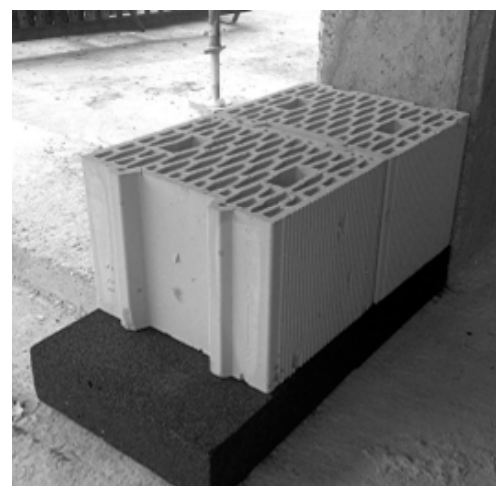
**Ponte termico parete contro terra solaio piano interrato  
Correzione accurata**





# I PONTI TERMICI

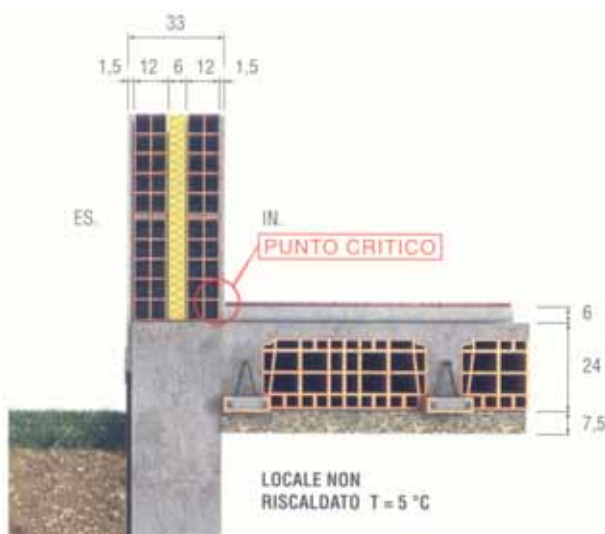
## Particolari costruttivi: primo solaio riscaldato



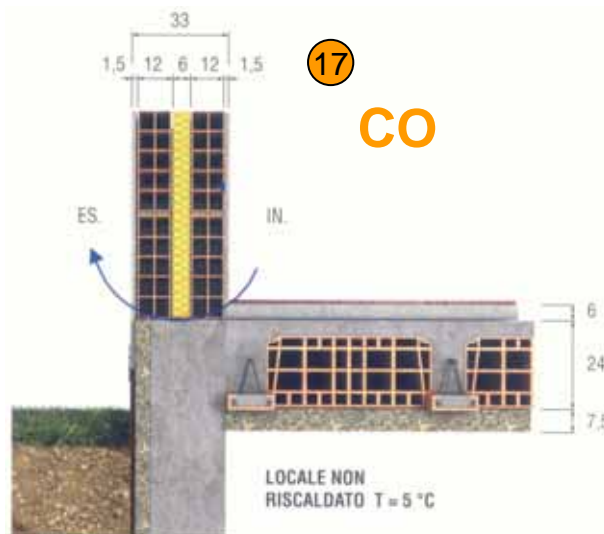
## CORREZIONE PONTE TERMICI PARETE CONTRO TERRA SU LOCALE NON RISCALDATO

Il ponte termico in oggetto riguarda il caso del nodo tra parete contro terra e solaio su locale non riscaldato. La stratigrafia della parete è in accordo con la trasmittanza limite imposta dal Decreto Legislativo n.311 per le varie zone climatiche. All' intradosso del solaio viene applicato un pannello Celenit N da 75 mm. Nel punto critico vi sono valori di temperature superficiale ridotti che comportano rischi di condensa. E' necessario effettuare la correzione del ponte termico inserendo del materiale isolante Celenit tra il terreno e la struttura portante come cassero a perdere (Fig. 17). Per correggere il ponte termico accuratamente è necessario posizionare del CELENIT N da 20 mm sotto la parete per dare continuità allo strato isolante (Fig. 18).

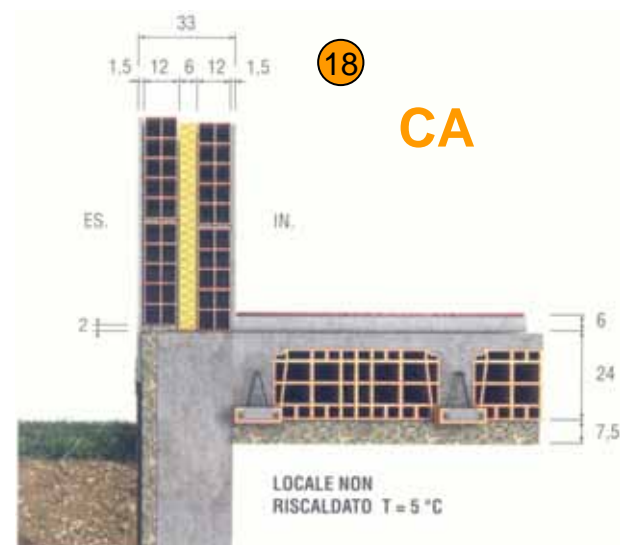
**Ponte termico parete contro terra di locale non riscaldato non corretto**



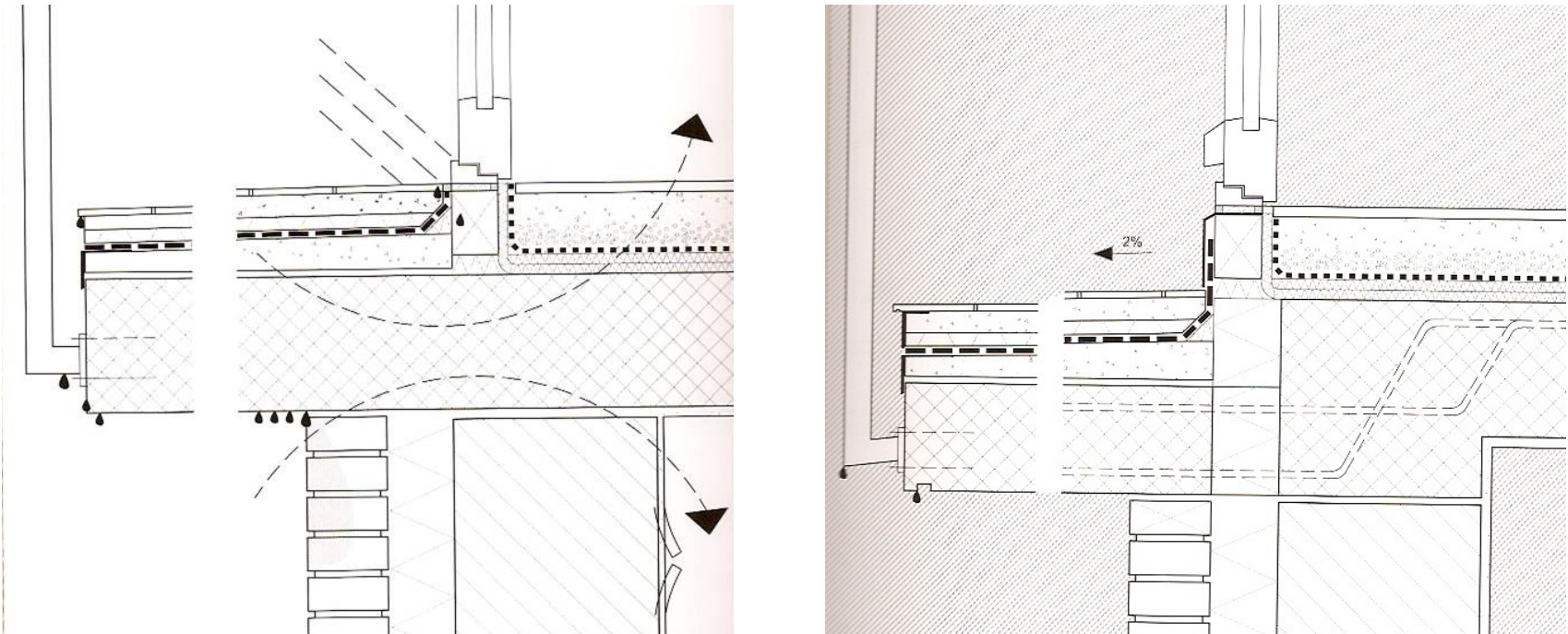
**Ponte termico parete contro terra di locale non riscaldato correzione ordinaria**



**Ponte termico parete contro terra di locale non riscaldato correzione accurata**



## Particolari costruttivi: balcone

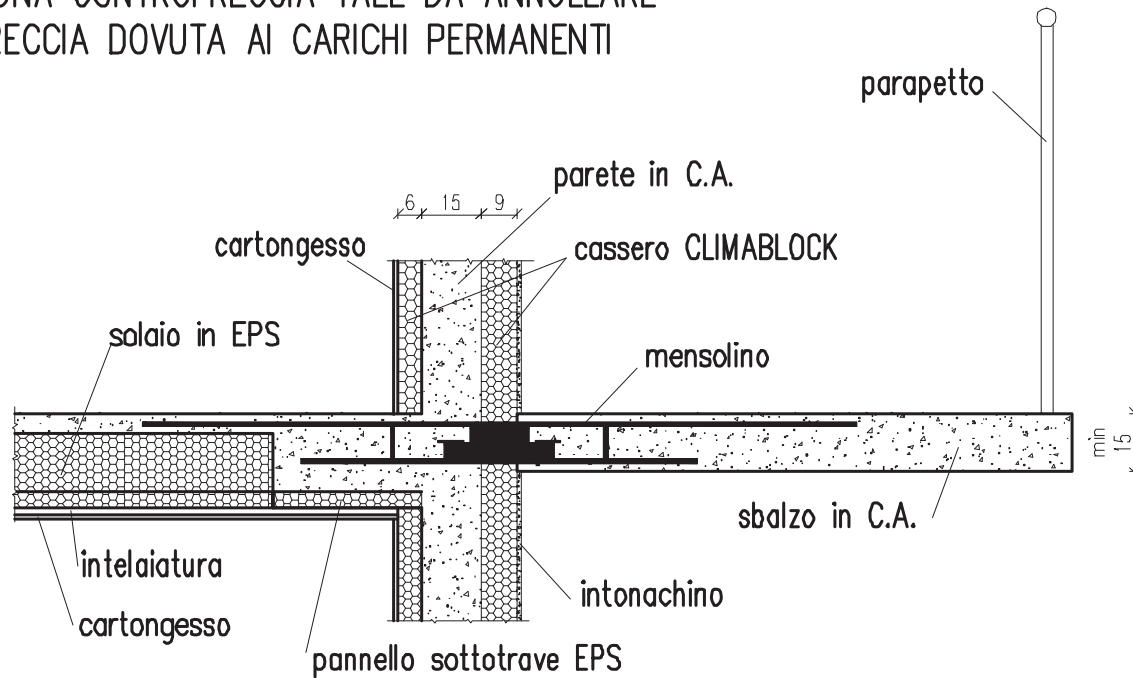


L'interposizione di blocchi prefabbricati isolanti armati risolve il problema della continuità tra solaio e soletta a sbalzo.

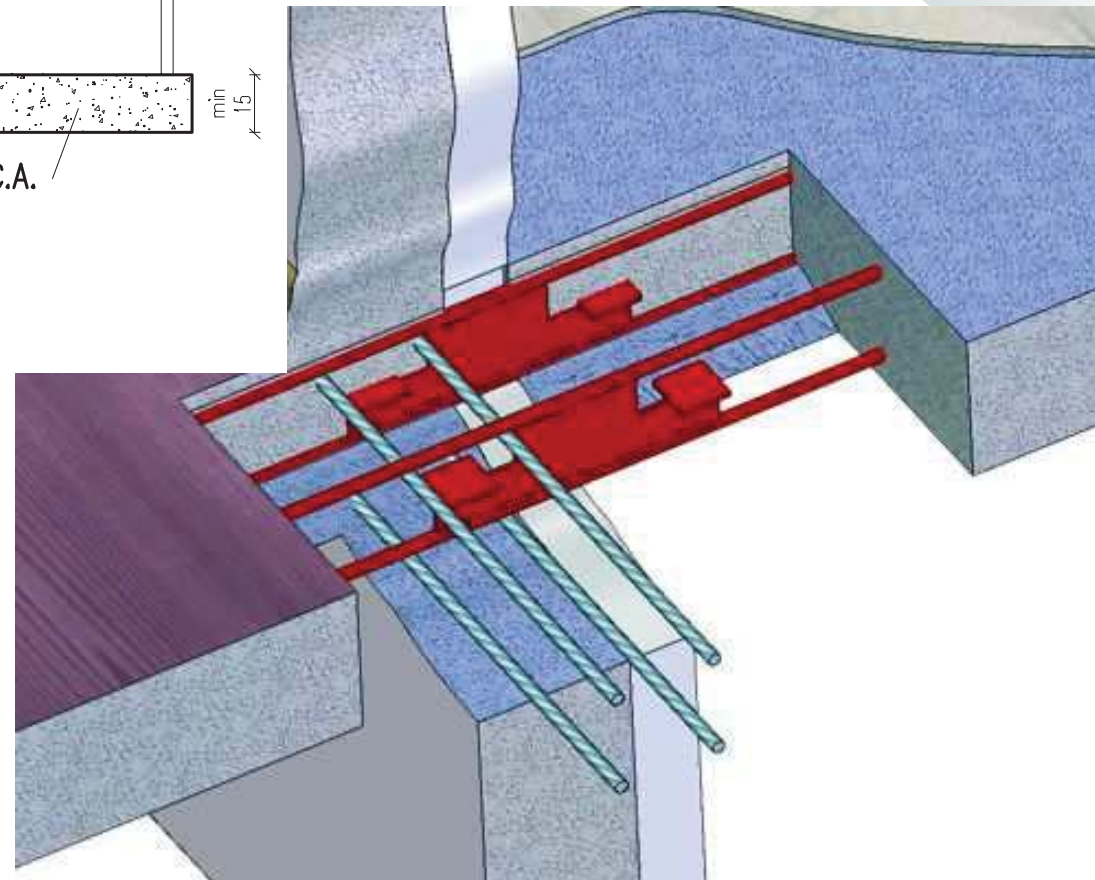
L'attacco del parapetto va opportunamente collocato in testa alla soletta per non formare punti critici all'ingresso dell'acqua.

# PONTI TERMICI: come ridurre un ponte termico

I MENSOLINI DEVONO ESSERE POSTI IN OPERA CON UNA CONTROFRECCIA TALE DA ANNULLARE LA FRECCIA DOVUTA AI CARICHI PERMANENTI

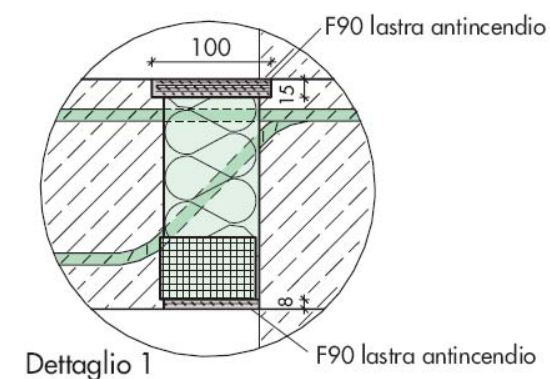
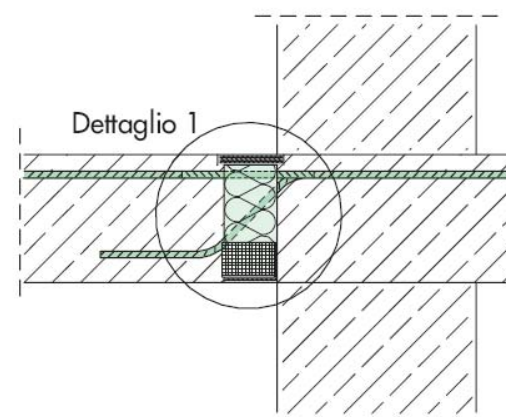
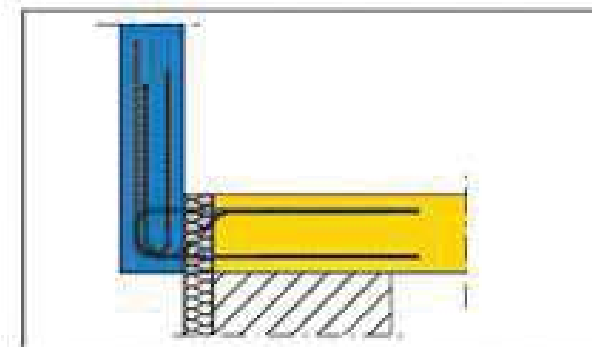
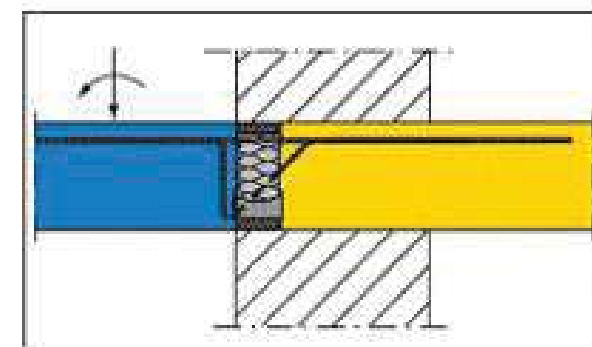
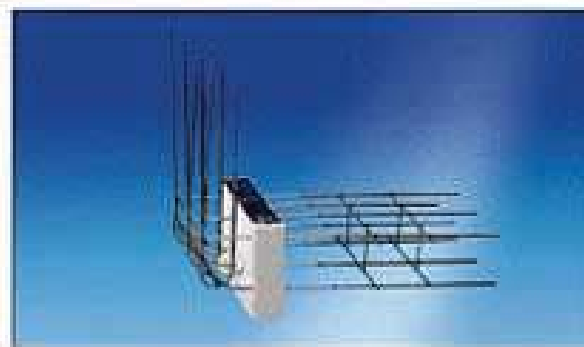


Taglio termico per il balcone





# PONTI TERMICI: come ridurre un ponte termico

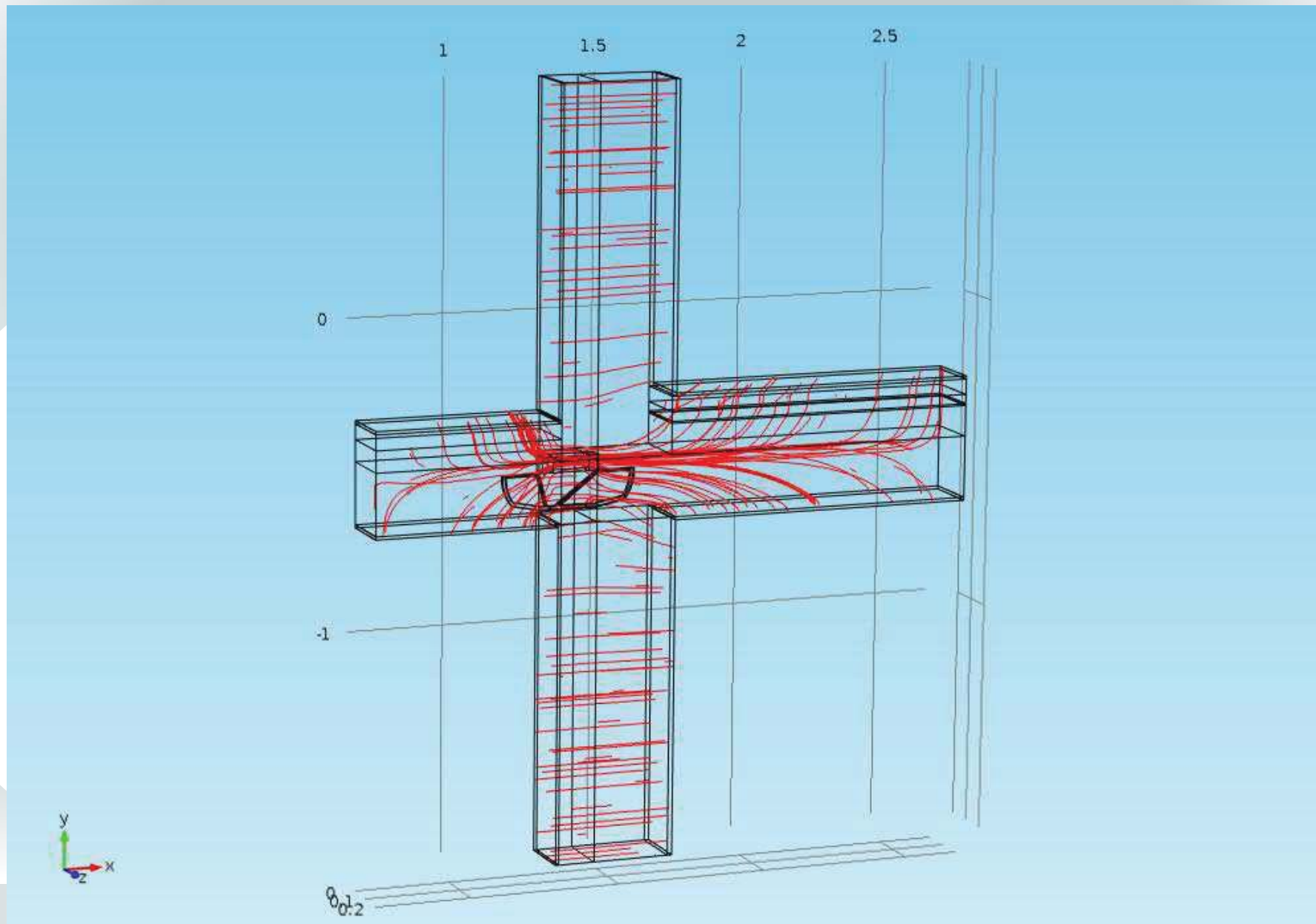




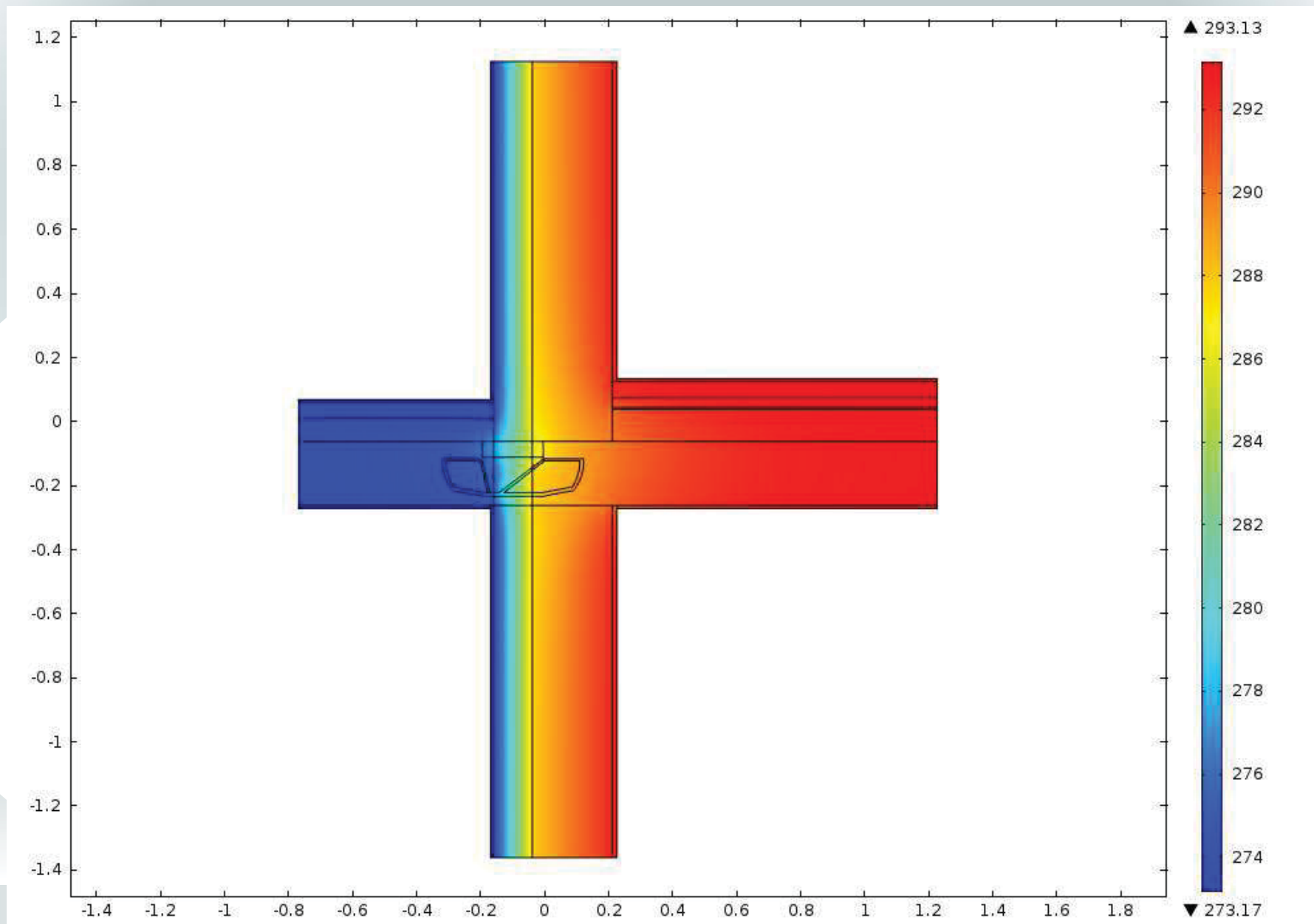
# PONTI TERMICI: come ridurre un ponte termico



# PONTI TERMICI: come ridurre un ponte termico



# PONTI TERMICI: come ridurre un ponte termico





# I PONTI TERMICI

## Particolari costruttivi: balcone



# I PONTI TERMICI

---

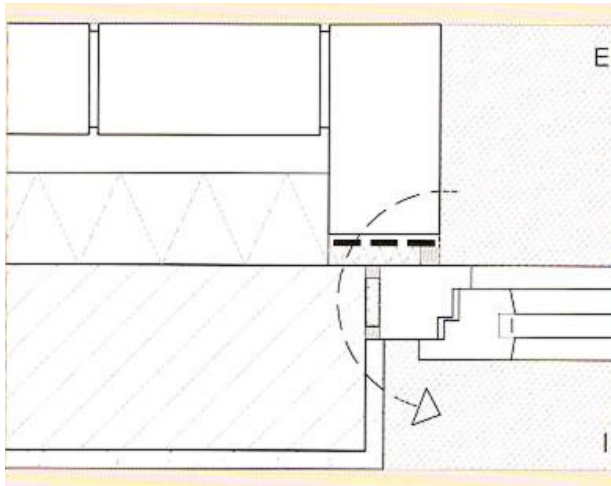
## Particolari costruttivi: balcone





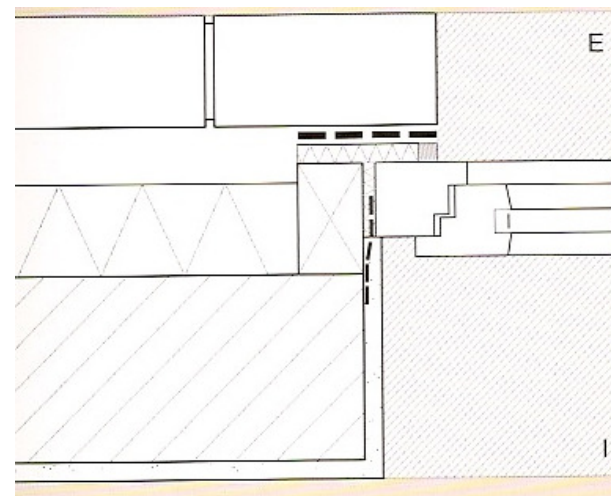
# I PONTI TERMICI

## Particolari costruttivi: serramento



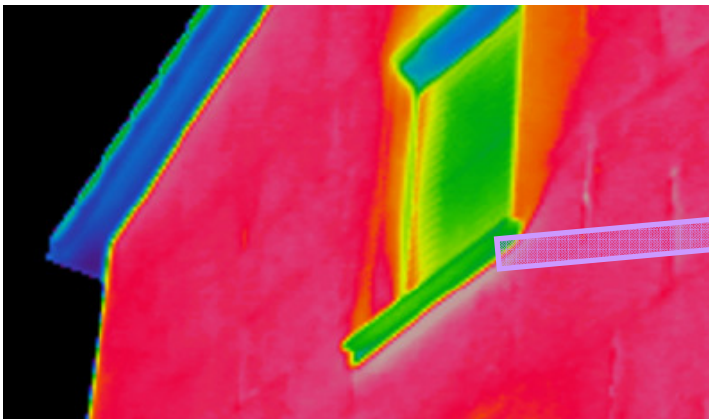
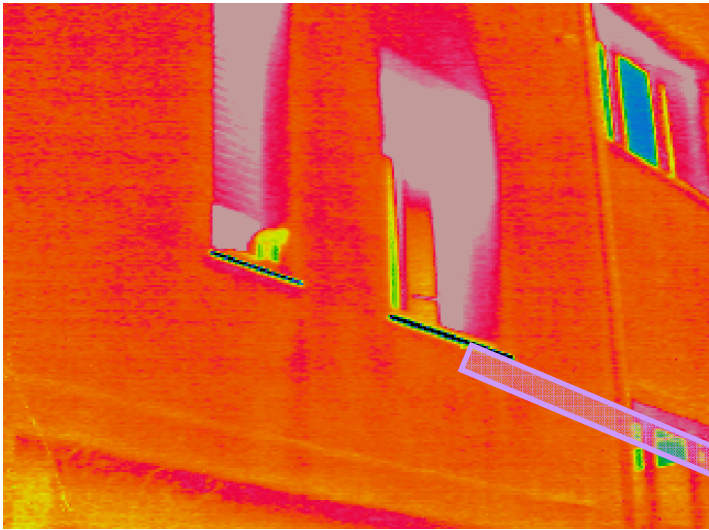
Per abbattere i ponti termici ed acustici è importante evitare il contatto rigido tra parete esterna e parete interna

É opportuno l'avanzamento della paretina esterna in mattoni a faccia a vista a parziale copertura del telaio

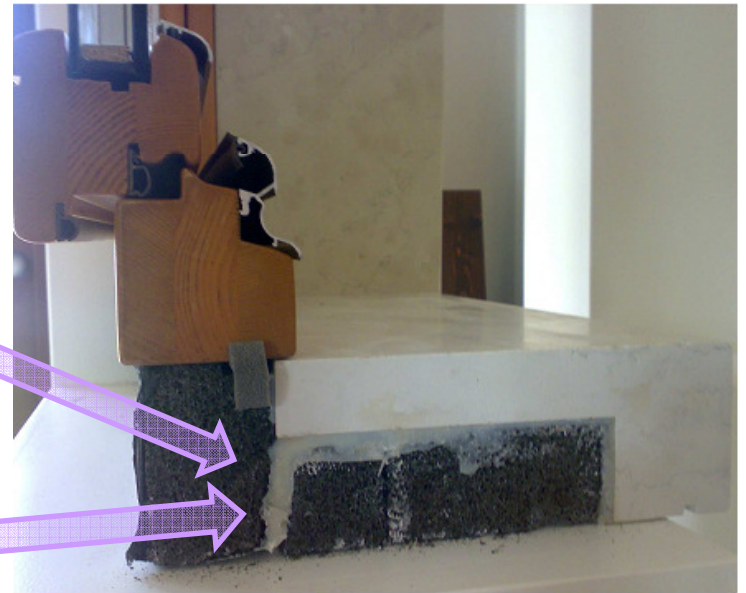


# I PONTI TERMICI

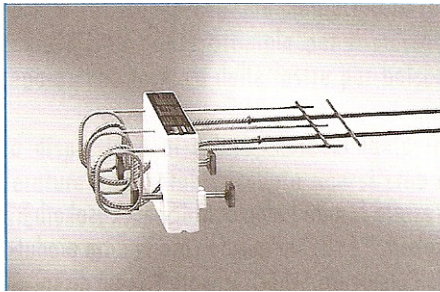
## Particolari costruttivi: serramento



PER CORREGGERE IL  
PONTE TERMICO  
BISOGNA CREARE UNA  
SOGLIA ISOLATA

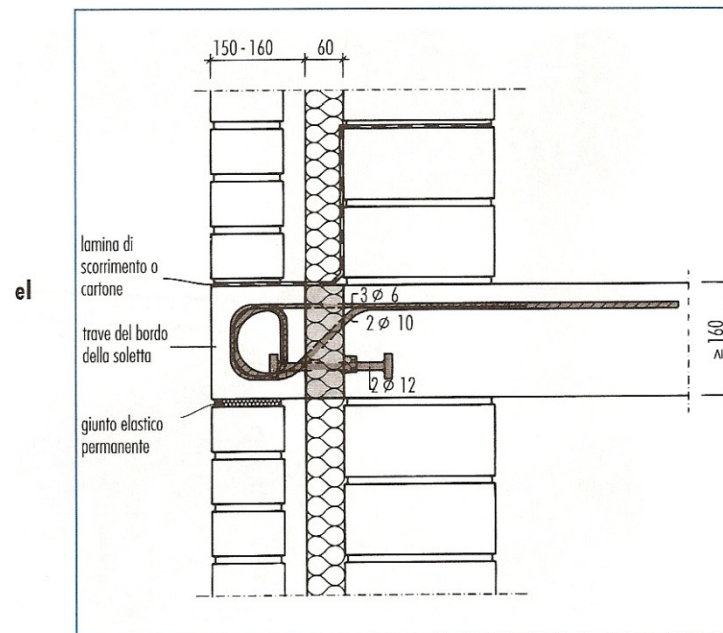
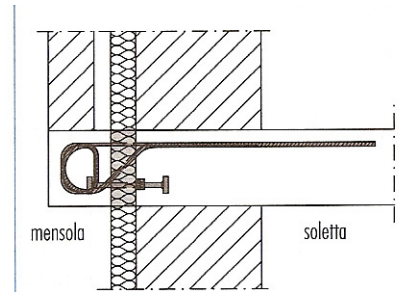


## Particolari costruttivi: rivestimento esterno



### Schöck Isokorb® tipo A-0

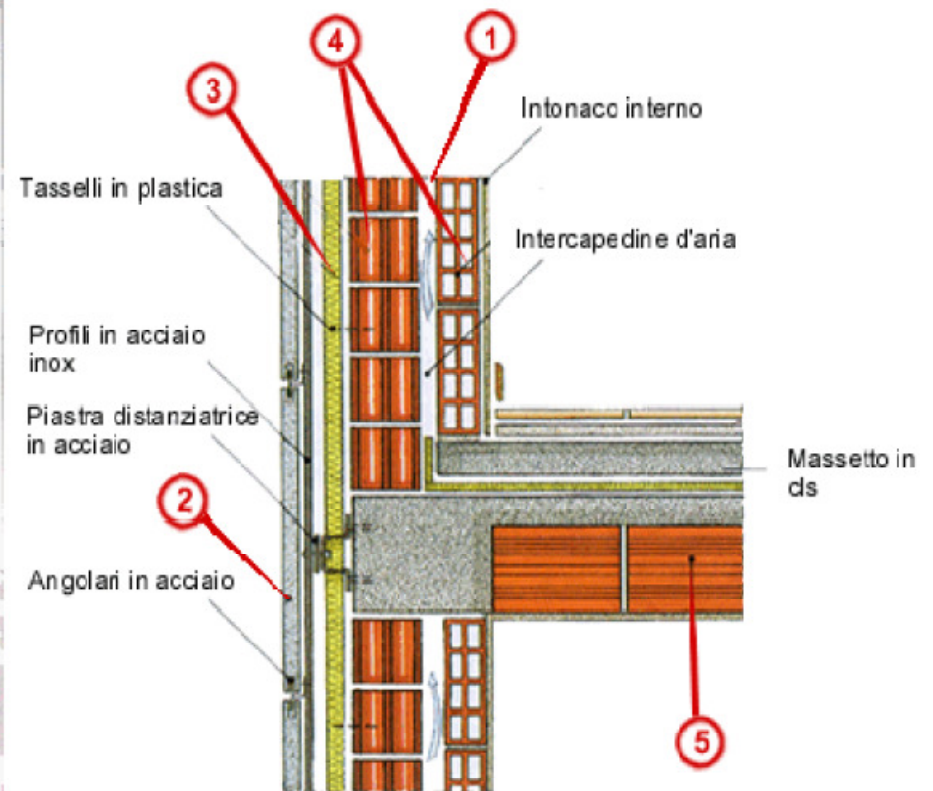
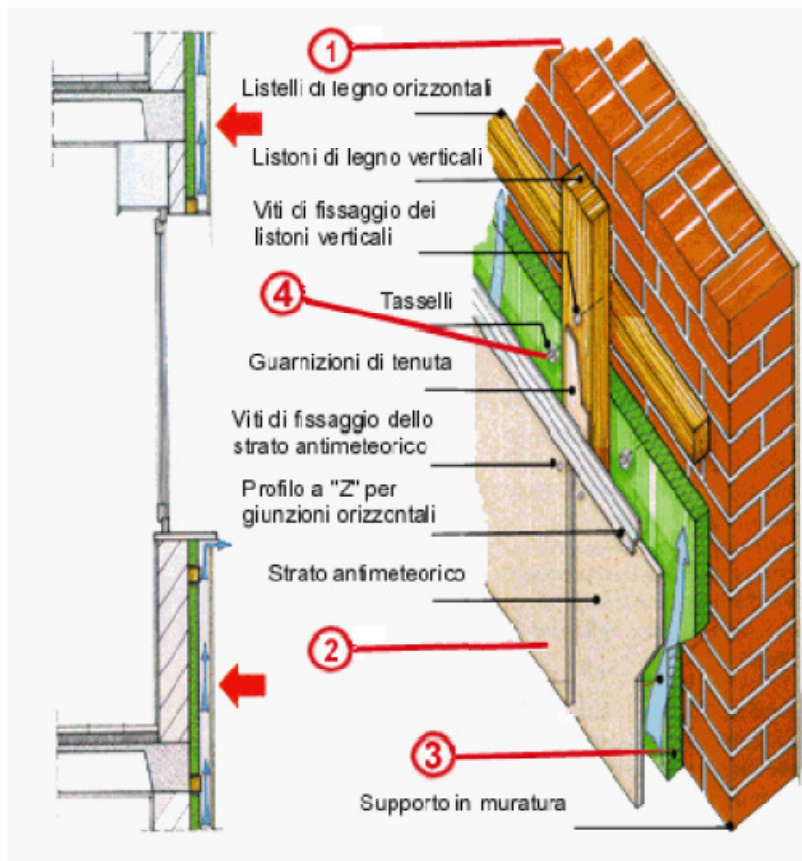
Per l'isolamento di mensole di soffitti come appoggio in presenza di opere murarie sporgenti. Inserimento locale. La distanza tra i singoli elementi risponde alle necessità statiche.



Sezione della mensola della soletta – appoggio in clinker

# I PONTI TERMICI

Cappotto esterno protetto dagli agenti atmosferici attraverso una facciata ventilata





# PONTI TERMICI: normativa di riferimento

UNI EN 1745:2012	Muratura e prodotti per muratura - Metodi per determinare i valori termici
UNI EN ISO 6946:2008	Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo
UNI EN ISO 7345:1999	Isolamento termico - Grandezze fisiche e definizioni
UNI EN ISO 10211:2008	Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali - Calcoli dettagliati
UNI 10351:1994	Materiali da costruzione. Conduttività termica e permeabilità al vapore.
UNI EN ISO 10456:2008	Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà igrometriche - Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto
UNI/TS 11300-1:2008	Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale
UNI EN ISO 13370:2008	Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo
UNI EN ISO 13788:2003	Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale - Metodo di calcolo
UNI EN ISO 13789:2008	Prestazione termica degli edifici - Coefficienti di trasferimento del calore per trasmissione e ventilazione - Metodo di calcolo
UNI EN ISO 13790:2008	Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento
UNI EN ISO 14683:2008	Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento