



in collaborazione con



Organizza il corso di aggiornamento tecnico

## Le novità dei Decreti del 26/06/2015

Palazzo delle Professioni di Prato - Sala del Teatro  
Via Pugliesi 26 – Prato

Venerdì 15 gennaio 2016 – Ore 14.00 – 18.45

### Approfondimenti sui ponti termici

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

1

## Dispersioni per trasmissione

- Suddividere l'involucro in elementi di superficie
- Elemento per elemento: area, trasmittanza  $U$ ,  $\Delta T$ 
  - $H_D$  Perdite dirette verso l'esterno
  - $H_U$  Perdite verso locali non riscaldati
    - Temperatura del locale non riscaldato o fattore  $b$
    - Conduttanza equivalente
  - $H_G$  Perdite verso il terreno
    - Metodi semplificati
  - $H_A$  Perdite verso locali adiacenti di altri edifici
    - Temperatura del locale adiacente o fattore  $f$
- $\Delta T$  di riferimento:
  - temperatura interna (aria) funzione del locale
  - temperatura esterna da tabelle di dati climatici

$$H = U \cdot S \left[ \frac{W}{K} \right]$$

**$\Delta T$  diversi conteggiati come riduzione di  $H$**

18/01/2016

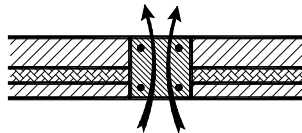
ANTA - Ponti termici

2/28

# Definizione di ponte termico

- **Definizione fisica**

- Discontinuità strutturale che facilita il flusso termico:  
→ pilastro in mezzo alla muratura

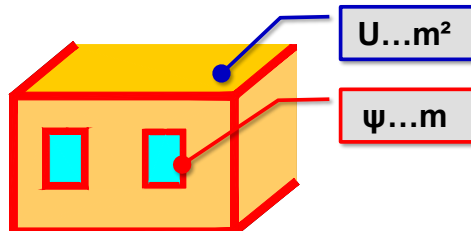
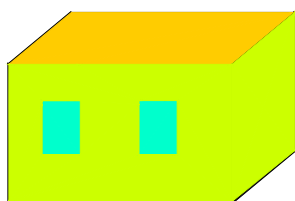


- **Definizione normativa**

- Modello dell'edificio:  
→ insieme di superfici che delimitano un ambiente
- Completamento del modello:  
→ definizione delle modalità di giunzione fra le superfici

In passato: edifici poco isolati,  
giunzioni poco importanti

Oggi: edifici isolati,  
giunzioni determinanti



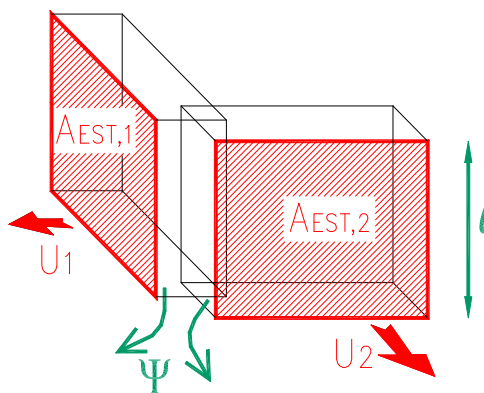
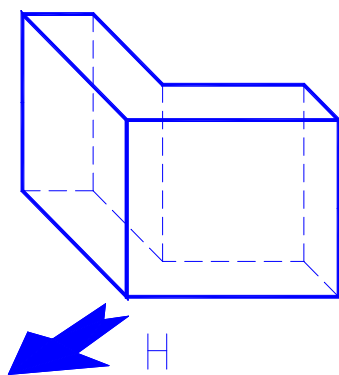
18/01/2016

ANTA - Ponti termici

3

REALE

DIMENSIONI ESTERNE



$$H = A_{1,EST} \cdot U_1 + A_{2,EST} \cdot U_2 + \Psi \cdot l \quad [W/K]$$

Utilizzando le dimensioni esterne, si conta due volte la zona d'angolo  
Il ponte termico  $\Psi$  è negativo e non ha larghezza

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

4

**REALE**

**DIMENSIONI ESTERNE**

$$H = A_{1,EST} \cdot U_1 + A_{2,EST} \cdot U_2 + \Psi \cdot l \quad [W/K]$$

Utilizzando le dimensioni esterne, si conta due volte la zona d'angolo  
 Nell'angolo c'è un pilastro → il ponte termico  $\Psi$  è positivo

18/01/2016
ANTA - Ponti termici
5

**REALE**

**DIMENSIONI INTERNE**

$$H = A_{1,INT} \cdot U_1 + A_{2,INT} \cdot U_2 + \Psi_{int} \cdot l \quad [W/K]$$

Utilizzando le dimensioni interne, si tiene conto della zona d'angolo  
 solo col ponte termico → il ponte termico  $\Psi$  è sempre positivo

18/01/2016
ANTA - Ponti termici
6

REALE

PARETE FITTIZIA

$$\begin{aligned}
 H &= A_{1,INT} \cdot U_1 + A_f \cdot U_f + A_{2,INT} \cdot U_2 + A_f \cdot U_f = \\
 &= A_{1,INT} \cdot U_1 + l \cdot d \cdot U_f + A_{2,INT} \cdot U_2 + l \cdot d \cdot U_f \quad [W/K]
 \end{aligned}$$

Utilizzando la parete fittizia, si modifica la trasmittanza del pezzo di parete in corrispondenza della sagoma della parete incidente

18/01/2016 ANTA - Ponti termici 7

REALE

PARETE FITTIZIA

$A_{1,INT} = A_{2,INT} = A_{INT}$

$U_1 = U_2 = U$

$A_f = d \cdot l$

Confrontando l'espressione di Q con parete fittizia e dimensioni esterne ...

$$\cancel{A_{INT}} \cdot U + A_f \cdot U_f = (\cancel{A_{INT}} + A_f) \cdot U + \Psi \cdot l$$

$$U_f = U + \Psi \cdot \frac{l}{A_f} = U + \frac{\Psi}{d}$$

Dove d è la larghezza dell'impronta della parete incidente

18/01/2016 ANTA - Ponti termici 8

## I diversi contributi

$$H_U \text{ [W/K]} = U \text{ [W/m}^2\text{K]} \times A \text{ [m}^2\text{]}$$

Struttura

$$H_\psi \text{ [W/K]} = \Psi \text{ [W/mK]} \times l \text{ [m]}$$

Ponte termico

$$H = H_U + H_\psi$$

Coefficiente di dispersione

$$U_{eq} = (H_U + H_\psi)/A$$

Trasmittanza equivalente

$$H_\psi = H - H_U \rightarrow \Psi = (H - U \times A)/l$$

$$\Phi \text{ [W]} = H \text{ [W/K]} \times \Delta\theta \text{ [K]}$$

Potenza

$$Q \text{ [kWh]} = \Phi \text{ [W]} \times t \text{ [h]} \times 10^{-3}$$

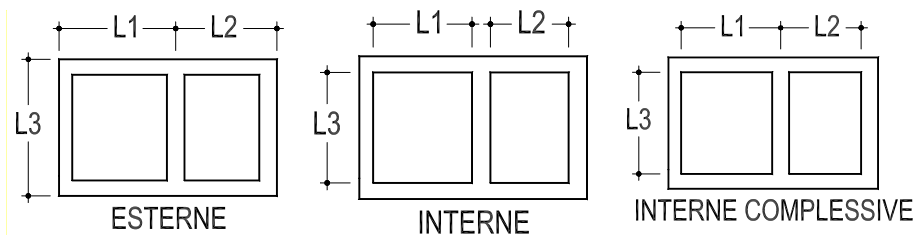
Energia

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

9

## Tipi di dimensioni scelte

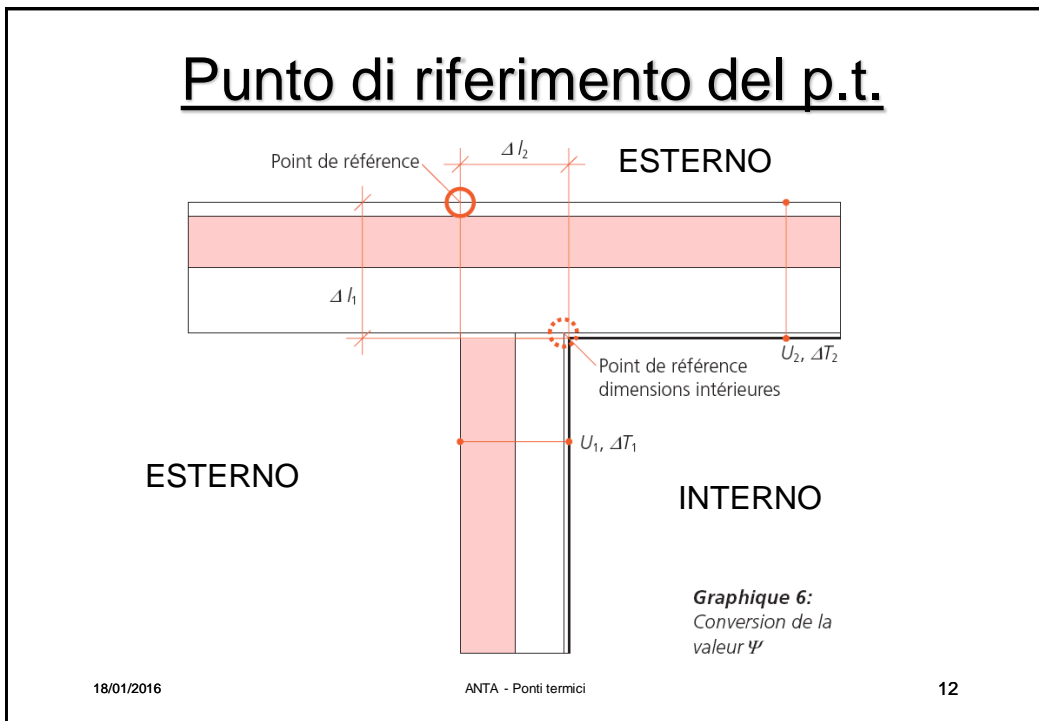
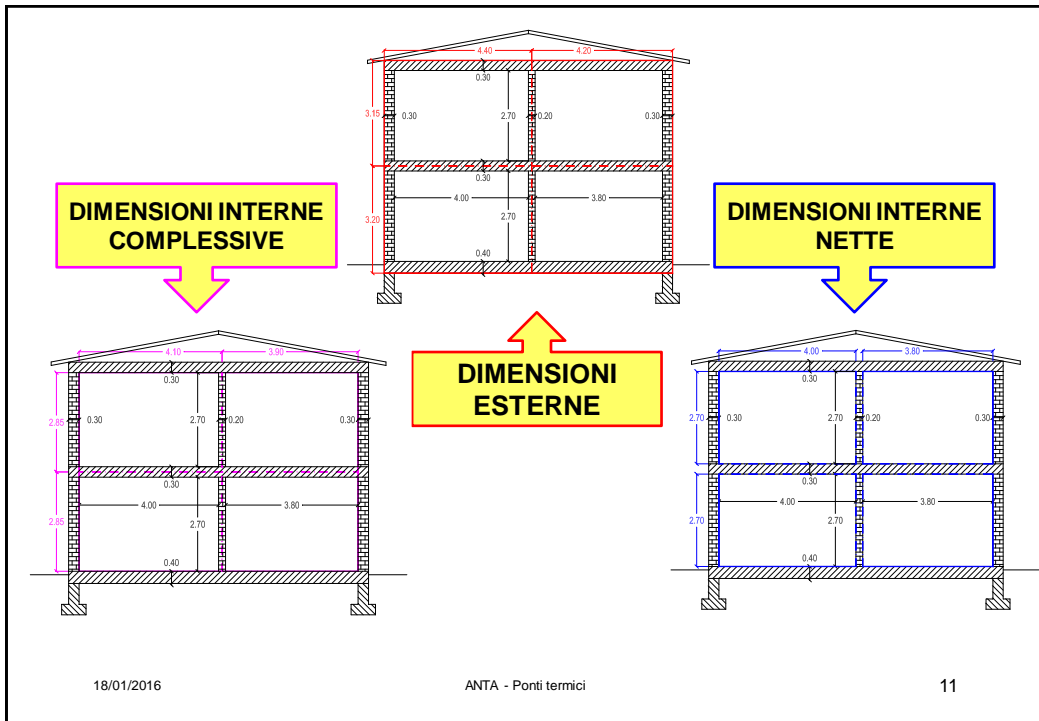


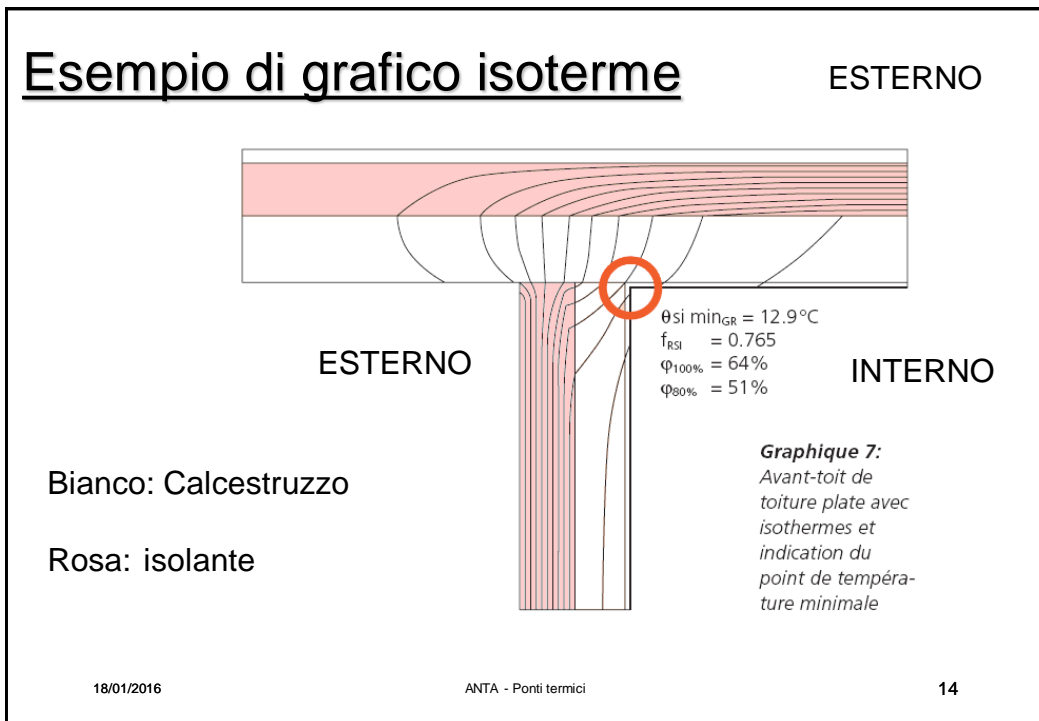
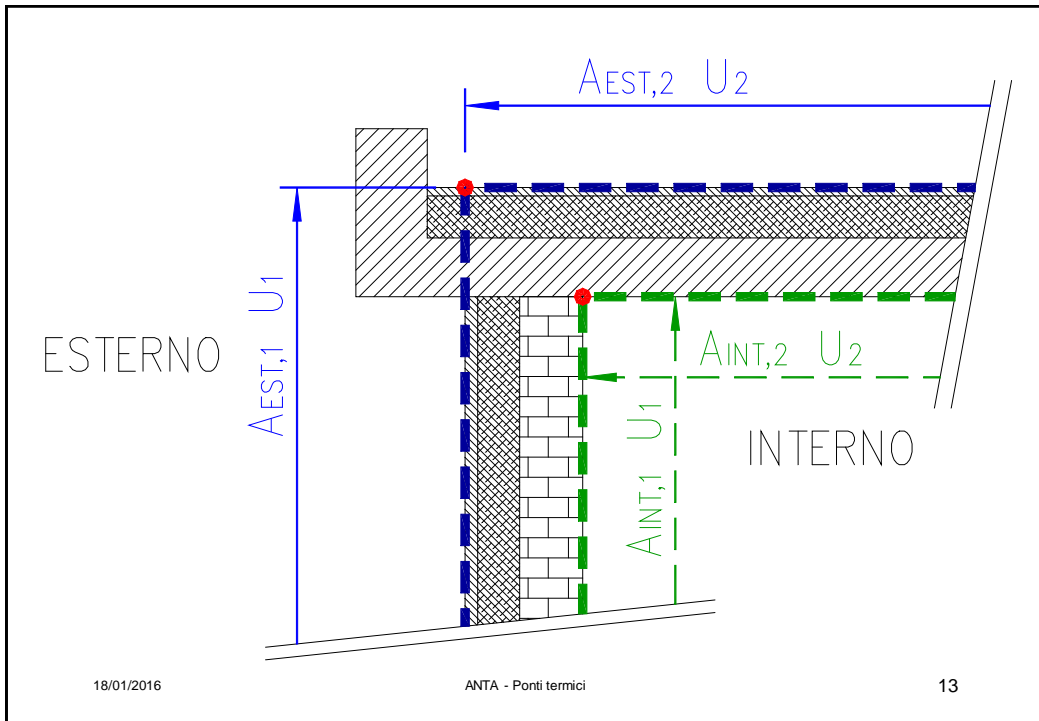
**Il valore del ponte termico dipende dal sistema di dimensioni scelto e compensa le differenze nel calcolo del flusso termico dovute alle diverse superfici disperdenti risultanti**  
**Le trasmittanze limite andrebbero anche loro riferite ad una tipologia di dimensione**

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

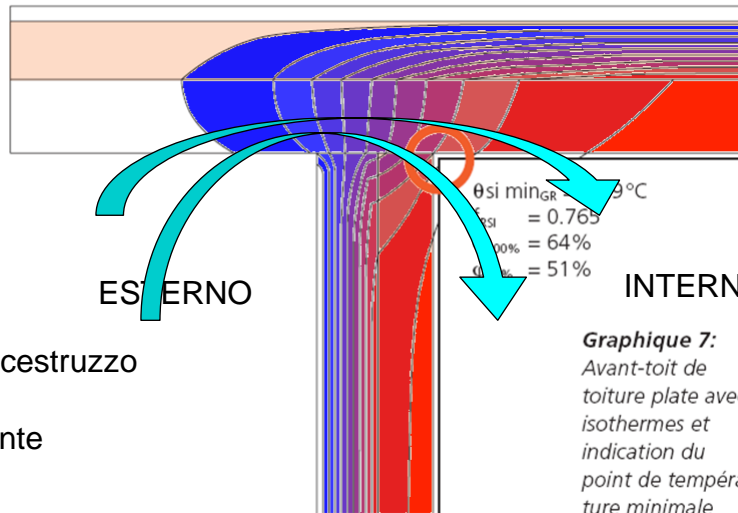
10





## Esempio di grafico isoterme

ESTERNO



Bianco: Calcestruzzo

Rosa: isolante

**Graphique 7:**

*Avant-toit de  
toiture plate avec  
isothermes et  
indication du  
point de tempéra-  
ture minimale*

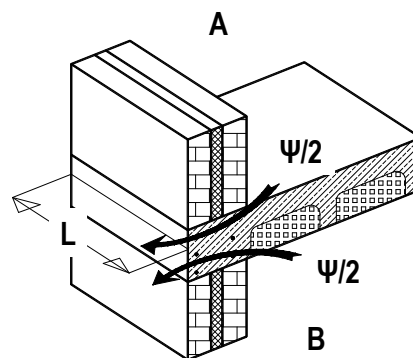
18/01/2016

ANTA - Ponti termici

15

## Ponti termici doppi o singoli?

- Il ponte termico è una dispersione aggiuntiva per metro lineare
- Può essere diviso in due quando si debba ripartire fra due locali o zone
- Ponte termico di soletta con isolamento intermedio:  $\Psi \approx 1,0 \text{ W/mK}$   
Lunghezza  $L=1 \text{ m}$
- Due alternative possibili
  - $H_{\Psi} = 1,0 \text{ W/mK} \times 1 \text{ m} = 1 \text{ W/K}$
  - $H_{\Psi_A} = 0,5 \text{ W/mK} \times 1 \text{ m} = 0,5 \text{ W/K}$
  - $H_{\Psi_B} = 0,5 \text{ W/mK} \times 1 \text{ m} = 0,5 \text{ W/K}$



**EN 14683 fornisce il valore di  $\Psi$**

**UNI 7357 fornisce il valore di  $\Psi/2$**

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

16



# Valori dei ponti termici



- EN 10211: metodo di calcolo agli elementi finiti
- Atlante dei ponti termici Edilclima con t del punto critico

- EN 14683: atlante di ponti termici (nuova versione 2008)

Intermediate floors		
	<p>IF1</p> $\psi_e = 0,00$ $\psi_{oi} = 0,00$ $\psi_l = 0,10$	
	<p>IF2</p> $\psi_e = 0,95$ $\psi_{oi} = 0,95$ $\psi_l = 1,05$	
		<p>IF3</p> $\psi_e = 0,90$ $\psi_{oi} = 0,90$ $\psi_l = 1,00$

- Manualmente: struttura specifica
- Valutazione forfettaria: non corretto su strutture isolate  
 Se si isola il pieno delle pareti, contano di più i ponti termici

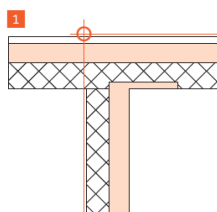
18/01/2016

ANTA - Ponti termici

17

## Esempio di abaco di ponti termici

Non isolé, avec isolation sous bord de dalle,  
 mur en béton armé



Conditions standard  
 Dalle ép. 20 cm

### 1.2-12

Valeur U paroi en $W/(m^2 \cdot K)$	Valeur U toiture, en $W/(m^2 \cdot K)$				Valeur $\psi$ en $W/(m \cdot K)$	
0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	
0.15	0.30	0.28	0.25	0.23	0.21	0.18
0.20	0.34	0.32	0.29	0.27	0.24	0.21
0.25	0.32	0.31	0.28	0.26	0.23	0.21
0.30	0.31	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21
0.35	0.29	0.29	0.26	0.25	0.22	0.20
0.40	0.26	0.26	0.24	0.23	0.20	0.18

Majoration

Dalle ép. 18 cm	- 0.03 $W/(m \cdot K)$
4 Dalle ép. 22 cm	+ 0.03 $W/(m \cdot K)$
Dalle ép. 24 cm	+ 0.06 $W/(m \cdot K)$

Ponte termico per giunzione muratura / tetto  
 con attenuazione del ponte termico da isolamento del bordo soletta

[www.isaac.supsi.ch](http://www.isaac.supsi.ch)

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

18

**Dati generali**

**Dati ponte termico**

Trasmittanza termica lineica di calcolo:  W/mK

Riferimento:

Verifica temperatura critica interna:

Note: B5 - Giunto parete con isolamento esterno - balcone con isolamento a solaio  
Trasmittanza termica lineica di riferimento (pe) = 0,424 W/mK

**Immagine**

**EC709 - Ponti termici**

[Modifica ponte termico](#)

Spessore balcone: Sb  mm

Spessore muro: Smur  mm

Trasmittanza termica parete: Upar  W/mK

Conducitivita termica muro: lambda mur  W/mK

**Immagine**

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

19

## Ponti termici solette

**Con dimensioni esterne (fetta di 1 metro)**

Trasmittanza parete	1,41 W/m <sup>2</sup> K x 3 m <sup>2</sup>	4,23 W/K
Ponte termico	0,2 W/mK x 2 m	0,4 W/K
<b>Totale</b>		<b>4,63 W/K</b>
<b>Incidenza ponti termici</b>		<b>9,5 %</b>

**Con parete fittizia**

Parete corrente	1,41 W/m <sup>2</sup> K x 2,75 m <sup>2</sup>	3,88 W/K
Parete fittizia	3,0 W/m <sup>2</sup> K x 0,25 m <sup>2</sup>	0,75 W/K
<b>Totale</b>		<b>4,63 W/K</b>
<b>Trasmittanza parete fittizia: 212% della parete corrente</b>		

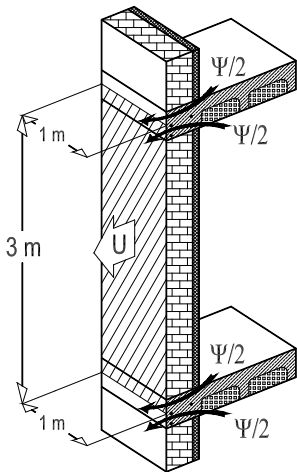
**Trasmittanza media: 4,63 W/K / 3 m<sup>2</sup>      1,54 W/m<sup>2</sup>K**

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

20

## Isolamento interno 80 mm



### Con dimensioni esterne

Trasmittanza parete	$0,31 \text{ W/m}^2\text{K} \times 3 \text{ m}^2$	0,93 W/K
Ponte termico	$0,33 \text{ W/mK} \times 2 \text{ m}$	0,66 W/K
<b>Totale</b>		<b>1,59 W/K</b>
<b>Incidenza ponti termici</b>		<b>40 %</b>

### Con parete fittizia

Parete corrente	$0,31 \text{ W/m}^2\text{K} \times 2,75 \text{ m}^2$	0,85 W/K
Parete fittizia	$3,0 \text{ W/m}^2\text{K} \times 0,25 \text{ m}^2$	0,75 W/K
<b>Totale</b>		<b>1,60 W/K</b>
<b>Trasmittanza parete fittizia: 1000 % della parete corrente</b>		

**Trasmittanza media:  $1,60 \text{ W/K} / 3 \text{ m}^2 = 0,53 \text{ W/m}^2\text{K}$**

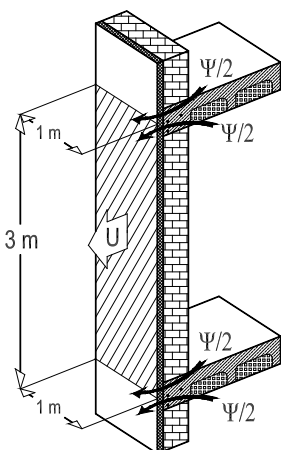
Anche con forti isolamenti non si riesce a ridurre la trasmittanza per il forte contributo dei ponti termici

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

21

## Isolamento esterno 80 mm



### Con dimensioni esterne

Trasmittanza parete	$0,31 \text{ W/m}^2\text{K} \times 3 \text{ m}^2$	0,93 W/K
Ponte termico	$0,005 \text{ W/mK} \times 2 \text{ m}$	0,01 W/K
<b>Totale</b>		<b>0,94 W/K</b>
<b>Incidenza ponti termici</b>		<b>2 %</b>

### Con parete fittizia

Parete corrente	$0,31 \text{ W/m}^2\text{K} \times 2,75 \text{ m}^2$	0,85 W/K
Parete fittizia	$0,35 \text{ W/m}^2\text{K} \times 0,25 \text{ m}^2$	0,09 W/K
<b>Totale</b>		<b>0,94 W/K</b>
<b>Trasmittanza parete fittizia: 113 % della parete corrente</b>		

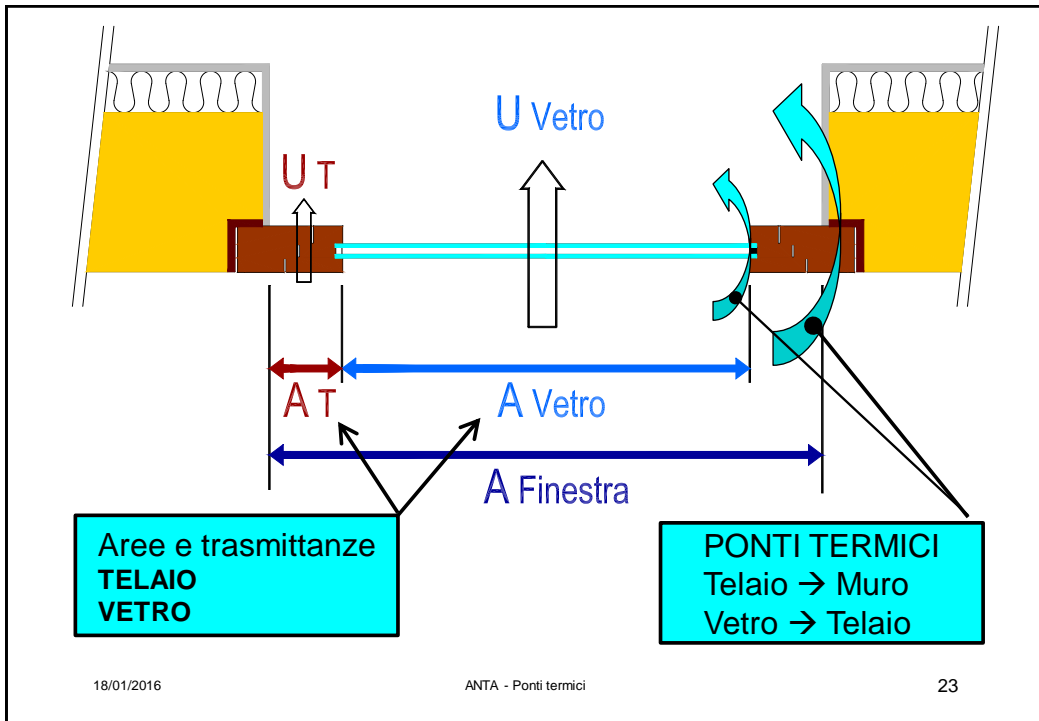
**Trasmittanza media:  $0,94 \text{ W/K} / 3 \text{ m}^2 = 0,313 \text{ W/m}^2\text{K}$**

Rispetto all'isolamento interno, con 10% di materiale in più la trasmittanza si riduce drasticamente

18/01/2016

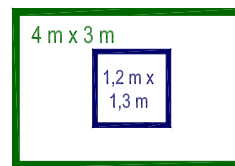
ANTA - Ponti termici

22

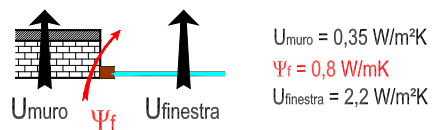


## Dove contiamo il ponte termico?

- Parete:  $10,4 \text{ m}^2 \times 0,35 \text{ W/m}^2\text{K} = 3,6 \text{ W/K}$
- Finestra:  $1,2 \text{ m} \times 1,3 \text{ m} \times 2,2 \text{ W/m}^2\text{K} = 3,4 \text{ W/K}$
- Ponte termico perimetrale  $0,8 \text{ W/mK} \times 4,0 \text{ W/K}$



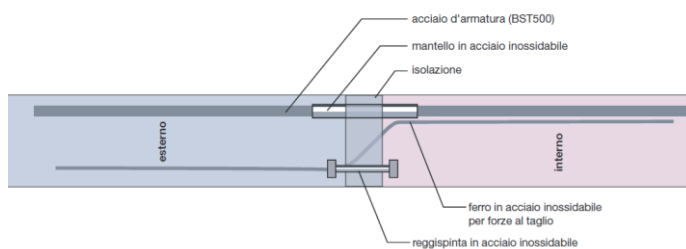
- Nella finestra
  - Parete  $3,6 \text{ W/K} / 10,4 \text{ m}^2 \rightarrow 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$
  - Finestra  $7,4 \text{ W/K} / 1,6 \text{ m}^2 \rightarrow \mathbf{4,8 \text{ W/m}^2\text{K}}$
- Nel muro
  - Parete  $7,6 \text{ W/K} / 10,4 \text{ m}^2 \rightarrow \mathbf{0,73 \text{ W/m}^2\text{K}}$
  - Finestra  $3,4 \text{ W/K} / 1,6 \text{ m}^2 \rightarrow 2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Metà / metà
  - Parete  $6,04 \text{ W/K} / 10,4 \text{ m}^2 \rightarrow \mathbf{0,58 \text{ W/m}^2\text{K}}$
  - Finestra  $3,73 \text{ W/K} / 1,6 \text{ m}^2 \rightarrow \mathbf{3,73 \text{ W/m}^2\text{K}}$



Zona E 2010 +30%  
 $U_{\text{max}} 0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$  pareti  
 $U_{\text{max}} 2,86 \text{ W/m}^2\text{K}$  finestre

# Soluzioni

## ● Sistemi di sospensione dei balconi

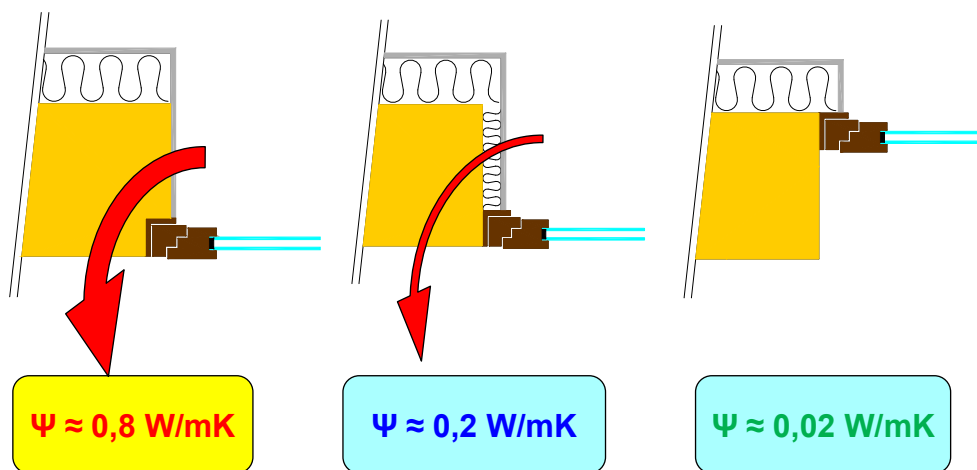


- Collegare il telaio della finestra al cappotto
- Interruzione del bancale della finestra
- Cornicione in polistirolo invece che cassaforma

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

25



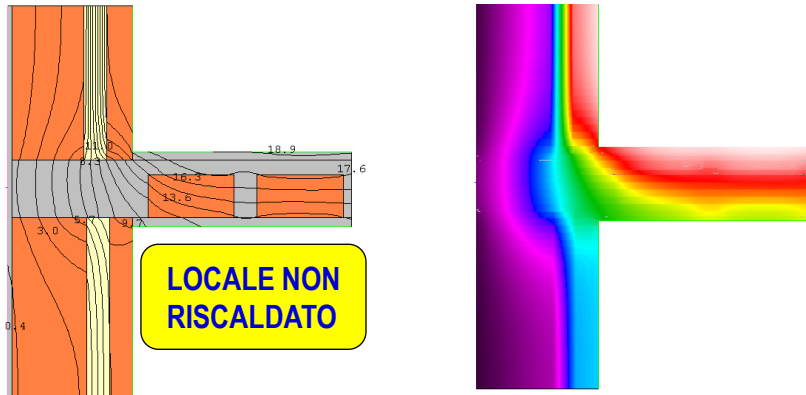
Si fa presto a dire ponte termico corretto...

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

26

## Metodi di calcolo agli elementi finiti



FLESSIBILE MA LABORIOSO.  
DEFINIRE LE STRUTTURE E LE CONDIZIONI AL CONTORNO  
DIFFERENZA FRA FLUSSO TOTALE E TRASMITTANZE

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

27

## Cosa fa il calore

- Il calore si muove “in discesa di temperatura”
- Flusso termico: è la potenza del calore che fluisce per ogni unità di sezione, si esprime in  $W/m^2$
- Il flusso termico ha un'intensità ed una direzione
- Il “gradiente termico” è la “pendenza” della temperatura ( $^{\circ}C/m$ ) ed ha anch'esso una direzione, che è quella di pendenza massima

Nel caso della conduzione: **Flusso = Gradiente x conducibilità**

- Il “campo termico” è la distribuzione di flusso termico e temperature che si viene a creare nello spazio a causa di un qualsiasi fattore “forzante” il flusso di calore
  - Temperatura imposta su una superficie
  - Flusso termico iniettato in una regione dello spazio

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

28

## Come rappresentare un campo termico

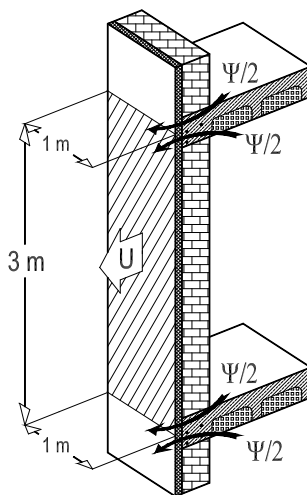
- Isoterme: linee a temperatura costante
  - Isoterme ravvicinate: gradiente elevato
- Linee di flusso: linee parallele al flusso del calore
  - Convenzione: linee di flusso ravvicinate = flusso elevato
  - Il flusso termico deve essere continuo: le linee di flusso non si interrompono mai
- Isoterme e linee di flusso sono sempre perpendicolari
- Non c'è flusso di calore “attraverso” le linee di flusso

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

29

## Flusso in 2 dimensioni



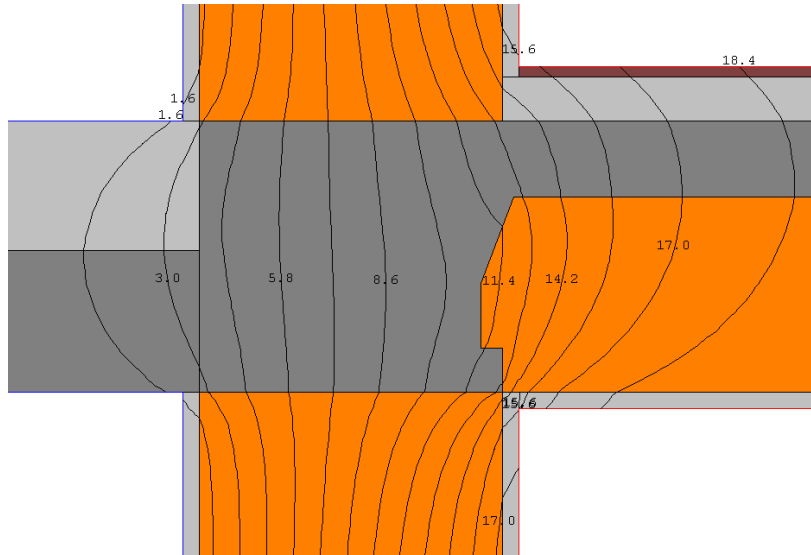
- Il flusso termico complessivo è tridimensionale.
- Spesso le strutture sono “allungate” e se ne studia una sezione.
- E' il metodo di indagine per i ponti termici lineari

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

30

## Isoterme

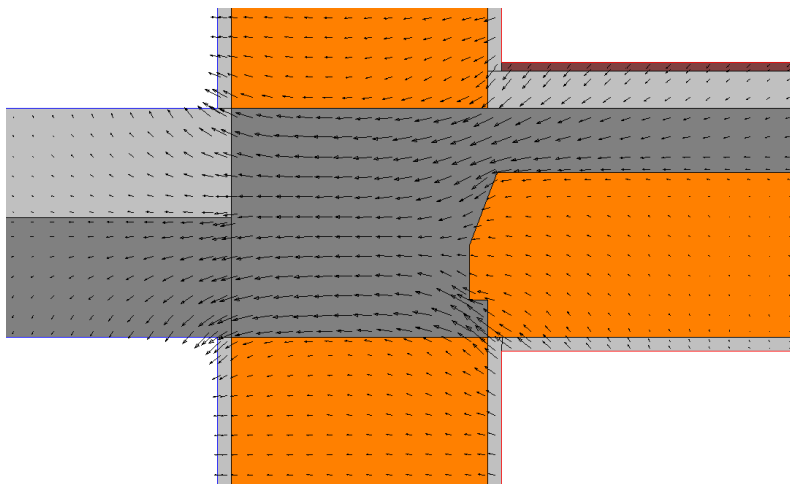


18/01/2016

ANTA - Ponti termici

31

## Linee di flusso



18/01/2016

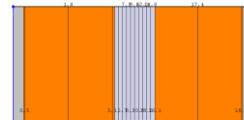
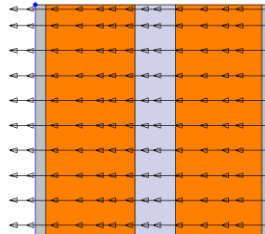
ANTA - Ponti termici

32



## Un campo termico semplice

- Nel caso del flusso termico perpendicolare ad una piastra, la soluzione è semplice.
- Le isoterme sono piani paralleli alla superficie della piastra
- Il flusso termico ( $W/m^2$ ) è perpendicolare alla superficie ed è costante in tutta la piastra
- Al variare della conducibilità degli strati varia il gradiente  
Negli strati meno conduttivi (isolanti) il gradiente è più basso
- Le equazioni sono quelle solite



18/01/2016

ANTA - Ponti termici

33

## Calcolo agli elementi finiti

- Risoluzione del problema della conduzione del calore in un corpo solido
- Si tratta di equazioni differenziali alle derivate parziali, risolvibili analiticamente solo in casi particolari
- Si suddivide il corpo in tanti pezzettini di materiale omogeneo e si risolvono le equazioni per ogni singolo pezzettino
- Per la risoluzione occorre definire le condizioni al contorno le equazioni ci dicono cosa succede "dentro un elementino".  
In aggiunta devo specificare cosa succede attorno
- Lo si fa con l'ausilio di software perché è un'operazione lunga e laboriosa. Gli esempi nel seguito sono realizzati con Therm

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

34

## Procedura di calcolo agli elementi finiti

- **Disegnare** le sezioni del **nodo strutturale** e delle **strutture convergenti**, individuando le aree di materiale omogeneo
- Indicare le **caratteristiche dei materiali** in ciascuna area
- Definire le **condizioni al contorno**
- Identificare i contorni interessati da flussi termici da calcolare
- Lanciare i calcoli: Therm calcola dei flussi termici.
- Verificare l'attendibilità del risultato.
- Ricavare il valore di ponte termico defalcando il flusso termico del nodo completo dai flussi termici calcolati per le strutture di riferimento, estese fino al punto di riferimento del ponte termico

$$\psi_{\text{est}} = \frac{H - A_{1,\text{EST}} \cdot U_1 + A_{2,\text{EST}} \cdot U_2}{l} \quad [W / K]$$

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

35

## Il software Therm

All'indirizzo

<http://windows.lbl.gov/software/therm/therm.html>

si trovano le istruzioni per scaricare Therm e la documentazione del programma.

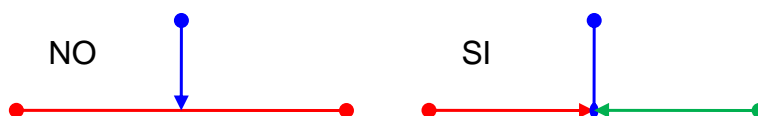
18/01/2016

ANTA - Ponti termici

36

## Preparazione dei disegni

- Scomodo il disegno della struttura in Therm
- Meglio disegnare in CAD ed utilizzare dei dxf come sfondo
- Occorre preparare con il CAD
  - il nodo strutturale da studiare
  - le pareti convergenti al nodo
- Nei disegni da usare come sfondo occorre disegnare con segmenti terminanti in ciascun nodo



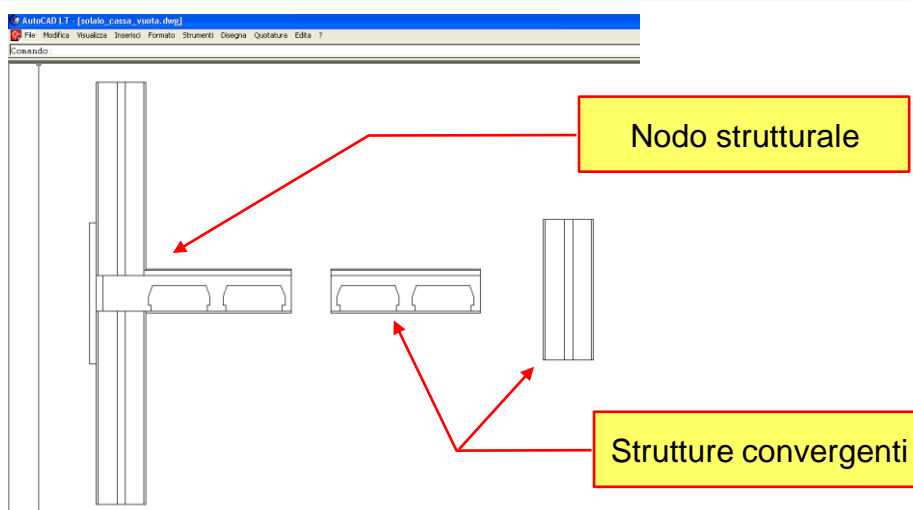
- In Therm disegnare le aree ricalcando il disegno avendo attivato lo SNAP allo sfondo

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

37

## Servono anche le strutture incidenti

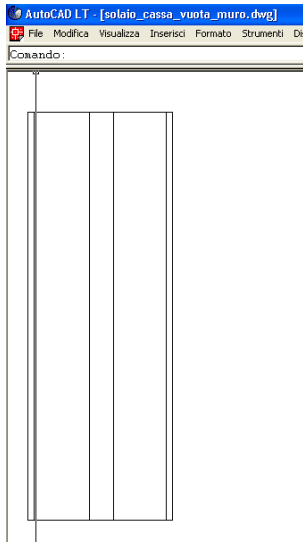


18/01/2016

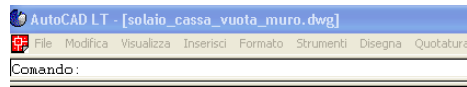
ANTA - Ponti termici

38

# Disegno della struttura



18/01/2016

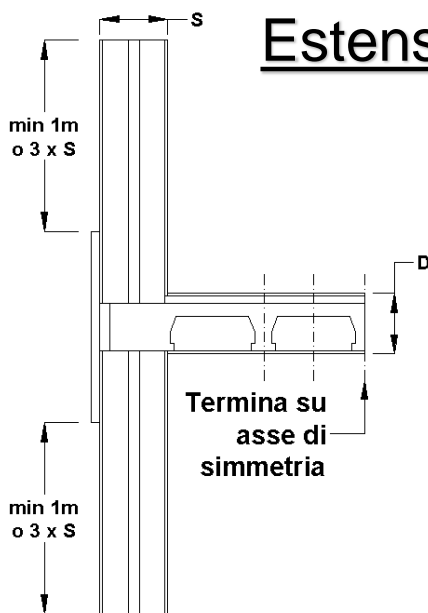


I tre segmenti convergenti terminano tutti in questo nodo

ANTA - Ponti termici

39

# Estensione della struttura



18/01/2016

ANTA - Ponti termici

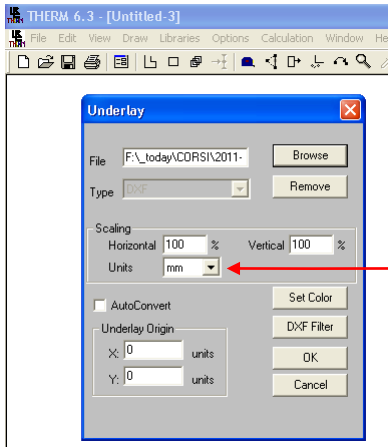
40

La norma EN10211 chiede di estendere l'analisi del nodo almeno fino ad una distanza minima dall'ultima irregolarità pari al massimo fra:

- 1 metro
- 3 spessori della struttura

Oppure di terminare su un asse di simmetria della struttura (fra forme ripetitive)

## Importazione in Therm



Utilizzare il dxf come sfondo per ricalcare il disegno

Unità di misura !

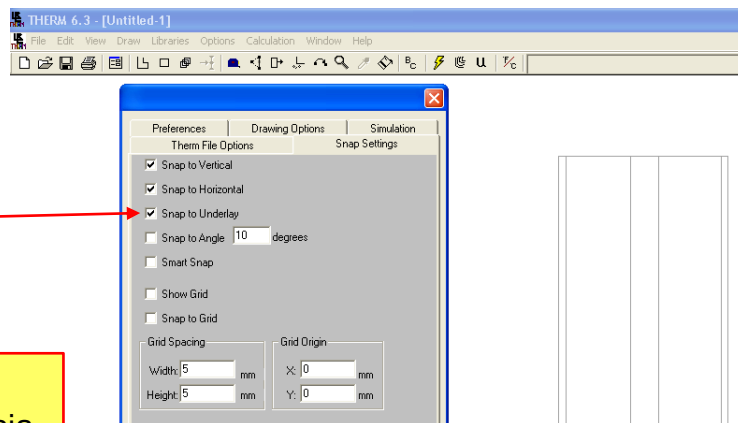
Il disegno di origine deve avere tutte le coordinate dei punti dello stesso segno

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

41

## Snap allo sfondo



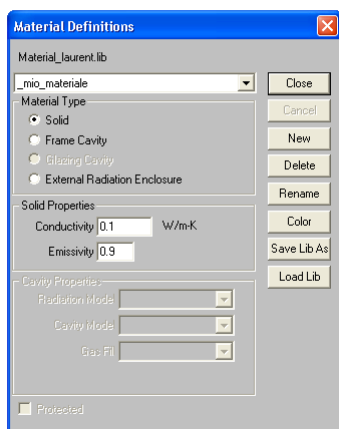
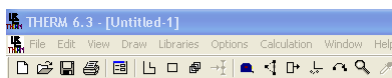
Nelle opzioni, verificare che sia attivo lo snap allo sfondo

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

42

# Materiali



- Prima di iniziare a ricalcare, aggiungere i materiali necessari nella libreria di Therm

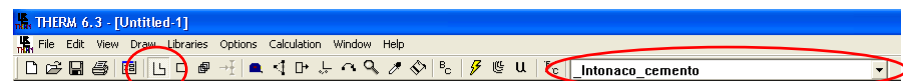
→ Librerie → Libreria materiali

Materiali solidi: conducibilità ed emissività

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

43



Disegnare le aree ricalcando il disegno

Nel ricalco fare attenzione che i poligoni terminino esattamente sui punti desiderati

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

44

## Le condizioni al contorno

- Le equazioni di un campo termico ci dicono semplicemente: “il calore va in discesa di temperatura”
- Per risolvere il problema occorre specificare delle condizioni al contorno: dobbiamo dire cosa succede tutto attorno alla zona dove vogliamo studiare il moto del calore (forzanti) e come vogliamo raggruppare i flussi termici calcolati

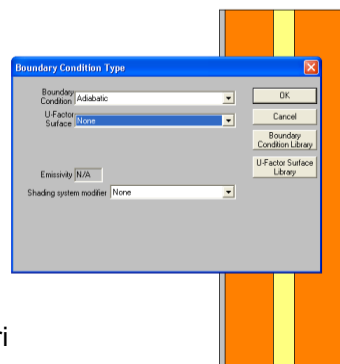
18/01/2016

ANTA - Ponti termici

45

## Inserimento delle condizioni al contorno

- In Therm, dopo aver definito tutti i materiali della sezione, premere <Draw> e <**Boundary conditions**>
- Therm riconosce il perimetro della struttura e attribuisce come default la condizione al contorno “**Adiabatico**”
- Selezionare progressivamente con un doppio click tutti i segmenti che contornano la struttura ed attribuire le condizioni al contorno, specificando:
  - Le **condizioni al contorno** vere e proprie
  - Il **raggruppamento** ai fini del calcolo dei flussi termici.  
Tipicamente ci sono almeno due raggruppamenti (interno ed esterno) ma ce ne possono essere di più in casi particolari



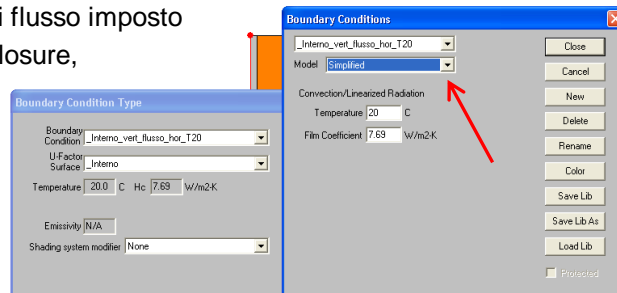
18/01/2016

ANTA - Ponti termici

46

## Condizioni al contorno Therm

- Si accede alla libreria di condizioni al contorno dal menù libreria o durante l'imposizione delle condizioni al contorno
- Therm prevede tre tipologie di condizioni al contorno:
  - Semplificata, con temperatura e adduttanza (la più comune)
  - Completa, che consente di specificare separatamente componenti convettivi, radianti e di flusso imposto
  - External radiation enclosure, si riferisce allo scambio radiante con l'ambiente esterno.



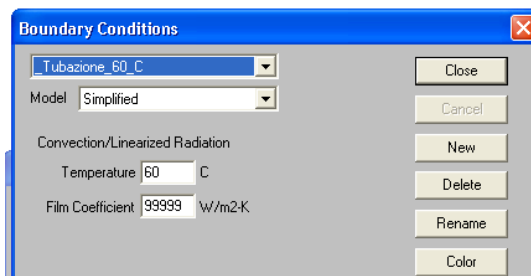
18/01/2016

ANTA - Ponti termici

47

## Condizioni al contorno: temperatura imposta

- E' la più intuitiva ma non è quasi mai verificata
- Il caso più comune è avere la superficie esterna del nostro modello a contatto con un ambiente a temperatura costante tramite una adduttanza superficiale
- **Si usa per studiare il flusso termico attorno ad una tubazione inserite nella muratura**
- Si può simulare con il modello semplificato, immettendo la temperatura imposta ed un coefficiente di scambio elevatissimo



18/01/2016

ANTA - Ponti termici

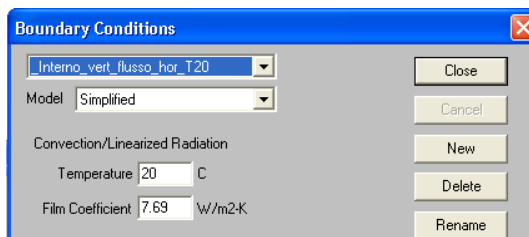
48



## Condizione al contorno semplificata

- E' la situazione più frequente nel caso delle superfici delle pareti
- Scelta della temperatura
  - Libera per i calcoli delle trasmittanze lineiche (ad es. 0 °C est 20 °C int)
  - Quelle di progetto per la verifica di condensa superficiale
- Scelta del coefficiente convettivo:
  - EN 6946 (a seconda della direzione) per il calcolo delle trasmittanze lineiche
  - EN 13788 per la verifica di condensa superficiale

Nel caso della 6946 si può utilizzare il valore per lo scambio in orizzontale per tutte le superfici quando è incognita o variabile la direzione del flusso sup.



18/01/2016

ANTA - Ponti termici

49

## Coefficienti convettivi EN 6946

Interno  $R_{Si}$

↳ 0,13 m<sup>2</sup>K/W → 7,692 W/m<sup>2</sup>K

↓ 0,17 m<sup>2</sup>K/W → 5,882 W/m<sup>2</sup>K

↑ 0,10 m<sup>2</sup>K/W → 10,00 W/m<sup>2</sup>K

Esterno  $R_{Se}$

↳ 0,04 m<sup>2</sup>K/W → 25 W/m<sup>2</sup>K

↓ 0,04 m<sup>2</sup>K/W → 25 W/m<sup>2</sup>K

↑ 0,04 m<sup>2</sup>K/W → 25 W/m<sup>2</sup>K

Validi per superfici piane, alta emissività

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

50

## Condizioni al contorno: parete adiabatica

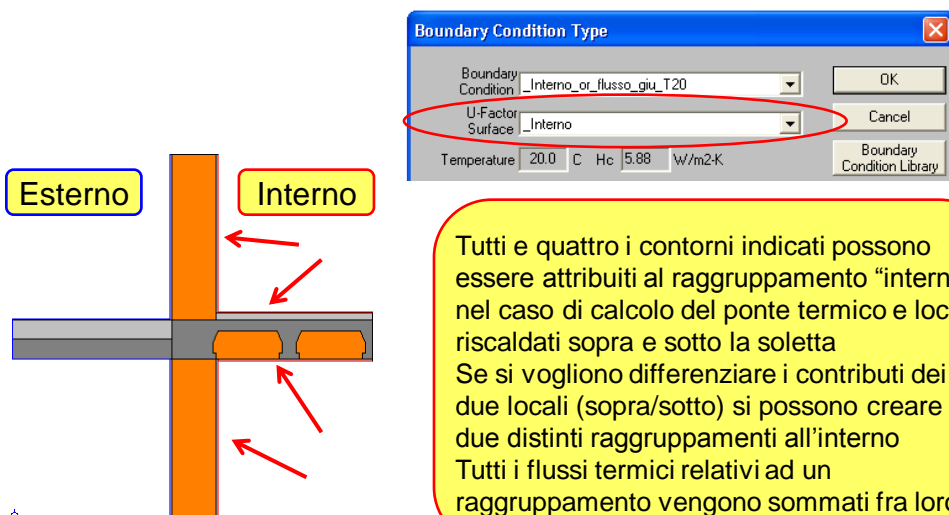
- Per chiudere il nostro modello dobbiamo anche “tranciare” le strutture afferenti al nodo. Dovremmo conoscere il campo termico nel muro e disegnare un contorno allineato con le linee di flusso (che non conosciamo)
- Più semplicemente, l’osservazione sperimentale ci fa vedere che il flusso è allineato nel caso di superfici tipo pareti ed è ciò che avviene a distanza sufficiente dal nodo o in corrispondenza agli assi di simmetria.
- Il modello viene chiuso con una superficie adiabatica all’estremità delle strutture afferenti al nodo
- Distanza dei piani di taglio dall’ultima irregolarità:
  - assi di simmetria
  - il maggiore fra 3 spessori oppure 1 metro
  - Nel caso del terreno: 2,5 volte la larghezza totale dell’edificio

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

51

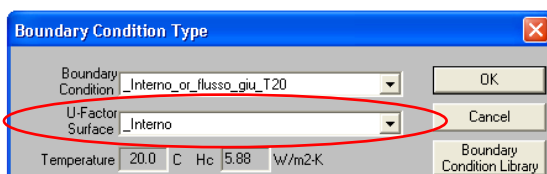
## Condizioni al contorno: raggruppamenti



Esterno

Interno

Tutti e quattro i contorni indicati possono essere attribuiti al raggruppamento “interno” nel caso di calcolo del ponte termico e locali riscaldati sopra e sotto la soletta  
Se si vogliono differenziare i contributi dei due locali (sopra/sotto) si possono creare due distinti raggruppamenti all’interno  
Tutti i flussi termici relativi ad un raggruppamento vengono sommati fra loro.



18/01/2016

ANTA - Ponti termici

52

**U-Factors**

	U-factor W/m <sup>2</sup> K	delta T C	Length mm	Rotation
_Esterno	1.2147	20.0	2315	Projected Y
_Interno	1.4061	20.0	2000	Projected Y

% Error Energy Norm: 2.96%

Export  
OK

**THERM** calcola il **flusso termico** complessivo per ciascun **raggruppamento** ( \_Esterno ed \_Interno) e lo divide per una lunghezza indicata dall'utente (in questo caso, proiezione sull'asse delle ordinate del contorno) e per il salto termico.  
 $1,4061 \text{ W/m}^2\text{K} \times 2 \text{ m}^2 = 2,812 \text{ W/K} = \text{flusso termico per metro di larghezza di struttura e per grado di differenza di temperatura}$

18/01/2016      ANTA - Ponti termici      53

**U-Factors**

	U-factor W/m <sup>2</sup> K	delta T C	Length mm	Rotation
_Esterno	1.1230	20.0	1000	Projected Y
_Interno	1.1230	20.0	1000	Projected Y

% Error Energy Norm: 0.00%

Export  
OK

Calcolo di riferimento sul muro lontano dal ponte termico: trasmittanza della parete  $U = 1,123 \text{ W/m}^2\text{K}$

18/01/2016      ANTA - Ponti termici      54

**Solo con la trasmittanza U:**  
 $H_U = 1,123 \text{ W/mK} \times 2,315 \text{ m} = 2,600 \text{ W/K}$

**Calcolo del nodo complessivo**  
 $H_{TOT} = 1,4061 \text{ W/mK} \times 2 \text{ m} = 2,812 \text{ W/K}$   
 $= 1,2147 \text{ W/mK} \times 2,315 \text{ m} = 2,812 \text{ W/K}$

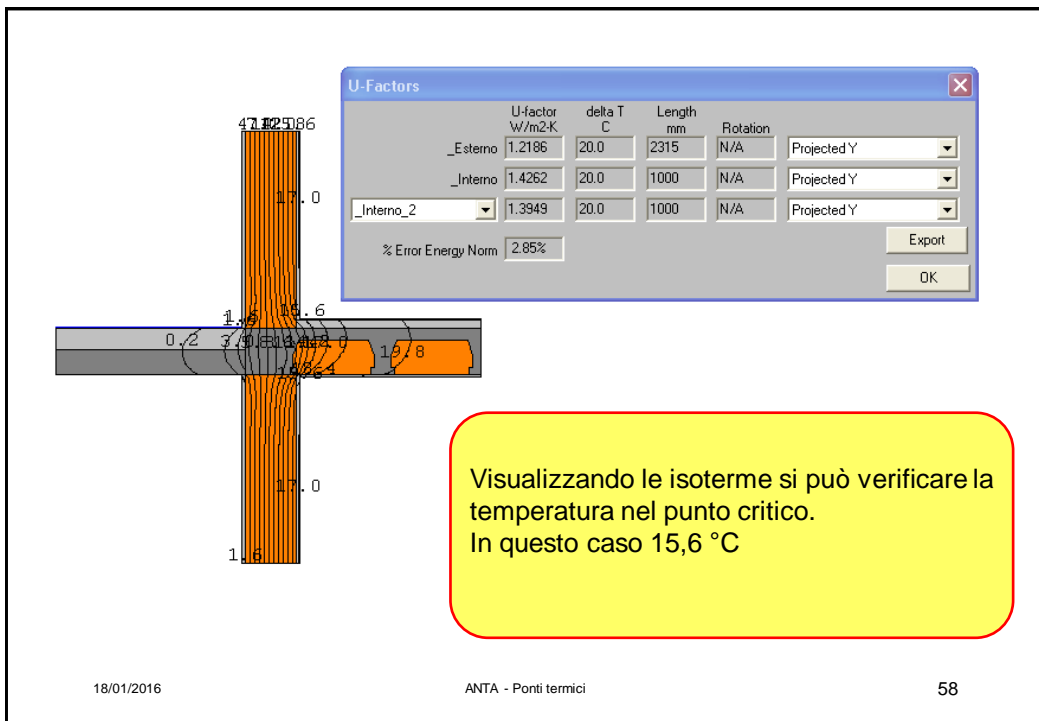
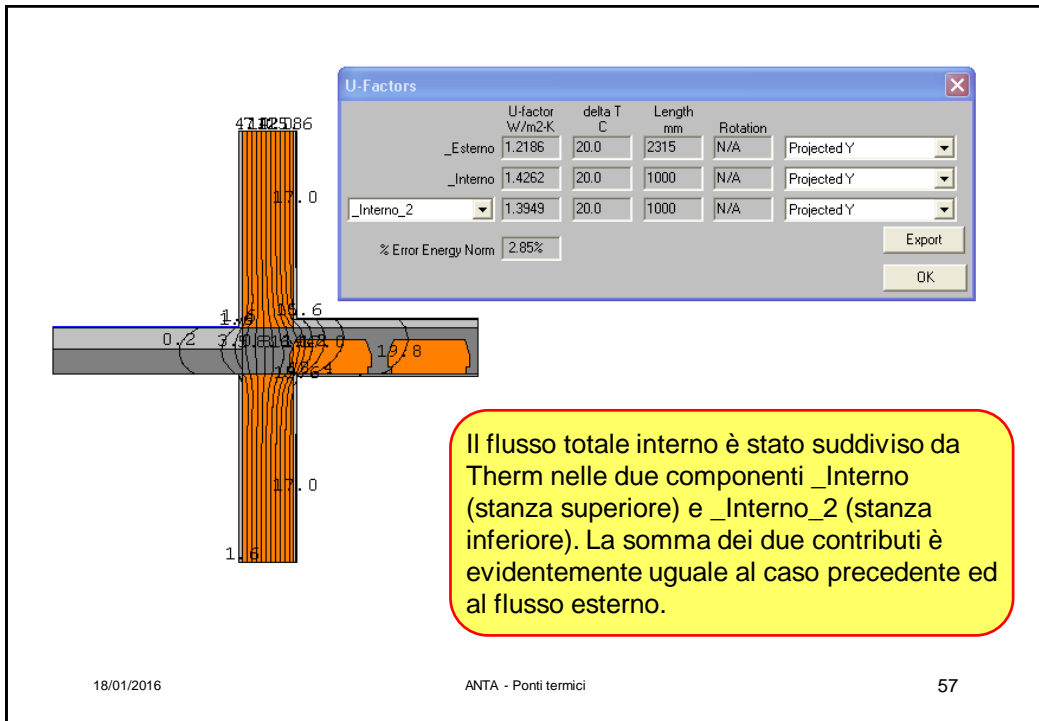
**Ponte termico**  
 $\Psi = (H_{TOT} - H_U)/1$   
 $\Psi = (2,812 - 2,600) \text{ W/K/1 m} = 0,212 \text{ W/mK}$

18/01/2016 ANTA - Ponti termici 55

## Condizioni al contorno: 2 raggruppamenti

Si possono definire 2 raggruppamenti distinti per poter separare i flussi termici verso i due locali.  
 Può essere utile in caso di forte asimmetria della struttura

18/01/2016 ANTA - Ponti termici 56



**Solo con le trasmittanze:**  
 $H_U = 1,123 \text{ W/mK} \times 1,1575 \text{ m} = 1,300 \text{ W/K}$   
**Totale**  
 $H_{TOT} = 1,4262 \text{ W/mK} \times 1 \text{ m} = 1,426 \text{ W/K}$   
**Ponte termico**  
 $\Psi_1 = (1,436 - 1,3) \text{ W/K/1m} = 0,126 \text{ W/mK}$

**Solo con le trasmittanze:**  
 $H_U = 1,123 \text{ W/mK} \times 1,1575 \text{ m} = 1,300 \text{ W/K}$   
**Totale**  
 $H_{TOT} = 1,3949 \text{ W/mK} \times 1 \text{ m} = 1,3949 \text{ W/K}$   
**Ponte termico**  
 $\Psi_2 = (1,395 - 1,3) \text{ W/K/1m} = 0,095 \text{ W/mK}$

18/01/2016 ANTA - Ponti termici 59

## Locale non riscaldato

Nel caso in cui ci sia un locale non riscaldato, occorre attribuire a questo locale

- **una temperatura** calcolata con il fattore  $b_{tr,U}$  del locale sulla base delle temperature scelte per gli altri locali
- **un raggruppamento** specifico per il calcolo del flusso termico per separarlo dal flusso termico del locale riscaldato

$\theta_U = \theta_{int} - b_{tr,U} \times (\theta_{int} - \theta_{est})$

$\theta_{est} = 0^\circ\text{C}$  (Esterno)       $\theta_{int} = 20^\circ\text{C}$  (Interno)

$\theta_{est} = 0^\circ\text{C}$  (Non riscaldato)

$b_{tr,U} = 0,8$   
 $\theta_U = 4^\circ\text{C}$

18/01/2016 ANTA - Ponti termici 60

The image shows a cross-section of a wall with a vertical window. Isotherms are plotted, showing a significant temperature gradient across the window opening. A dialog box titled "U-Factors" is open, displaying the following data:

	U-factor W/m2-K	delta T C	Length mm	Rotation
_Esterno	0.7395	20.0	2315	N/A
_Interno	2.2932	20.0	1000	N/A
_Interno_2	0.5813	20.0	1000	N/A

% Error Energy Norm: 3.29%

**Risultati di calcolo**  
 E' evidente l'andamento profondamente diverso delle isoterme.  
 Occorre anche calcolare la soletta e cambiare le dimensioni di riferimento per estrarre il valore del ponte termico a causa del cambiamento della superficie delimitante lo spazio riscaldato

18/01/2016 ANTA - Ponti termici 61

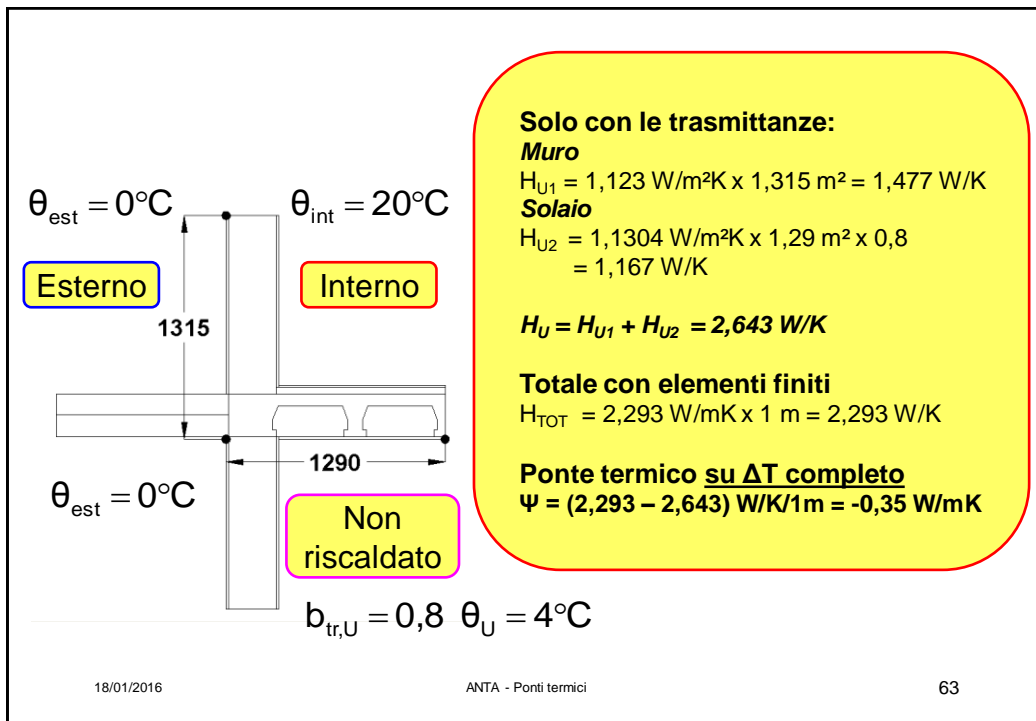
The image shows a cross-section of a window sill (soletta). Isotherms are plotted, showing a temperature gradient across the sill. A dialog box titled "U-Factors" is open, displaying the following data:

	U-factor W/m2-K	delta T C	Length mm	Rotation
_Interno	1.1304	20.0	1060	N/A
_Esterno	1.1304	20.0	1060	N/A

% Error Energy Norm: 3.18%

**Risultati di calcolo per la soletta**  
 $U = 1,1304 \text{ W/m}^2\text{K}$

18/01/2016 ANTA - Ponti termici 62



## Dove contiamo il ponte termico?

- Parete:  $10,4 \text{ m}^2 \times 0,35 \text{ W/m}^2\text{K} = 3,6 \text{ W/K}$
- Finestra:  $1,2 \text{ m} \times 1,3 \text{ m} \times 2,2 \text{ W/m}^2\text{K} = 3,4 \text{ W/K}$
- Ponte termico perimetrale  $0,8 \text{ W/mK} \times 4,0 \text{ W/K}$

4 m x 3 m

1,2 m x 1,3 m

- Nella finestra
  - Parete  $3,6 \text{ W/K} / 10,4 \text{ m}^2 \rightarrow 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$
  - Finestra  $7,4 \text{ W/K} / 1,6 \text{ m}^2 \rightarrow \mathbf{4,8 \text{ W/m}^2\text{K}}$
- Nel muro
  - Parete  $7,6 \text{ W/K} / 10,4 \text{ m}^2 \rightarrow \mathbf{0,73 \text{ W/m}^2\text{K}}$
  - Finestra  $3,4 \text{ W/K} / 1,6 \text{ m}^2 \rightarrow 2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Metà / metà
  - Parete  $6,04 \text{ W/K} / 10,4 \text{ m}^2 \rightarrow \mathbf{0,58 \text{ W/m}^2\text{K}}$
  - Finestra  $3,73 \text{ W/K} / 1,6 \text{ m}^2 \rightarrow \mathbf{3,73 \text{ W/m}^2\text{K}}$

$U_{muro} = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$

$\Psi_f = 0,8 \text{ W/mK}$

$U_{finestra} = 2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

**Zona E 2010 +30%**

$U_{max} 0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$  pareti

$U_{max} 2,86 \text{ W/m}^2\text{K}$  finestre

18/01/2016 ANTA - Ponti termici 64



# Il controllo del reticolo

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

65

# Tubo in muro

15.18 15.08 6.7 2.2

17.18 12.10 7.5 6.3 1.0

4 5

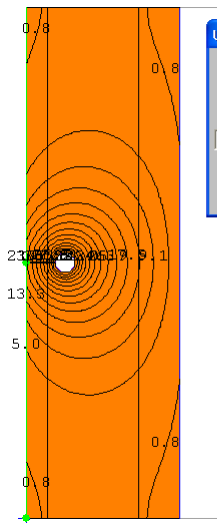
Primo riferimento: solo la muratura sollecitata da un  $\Delta\theta$ .  
Muratura non isolata  
 $U = 1,1089 \text{ W/m}^2\text{K}$

Determinare la temperatura alla profondità di incasso del tubo

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

66



	U-factor W/m <sup>2</sup> K	delta T C	Length mm	Rotation
_Interno	0.6378	60.0	997.986	N/A
_Interno_2	8.8591	60.0	120.459	N/A
_Esterno	0.3708	60.0	1000	N/A

% Error Energy Norm 9.36%

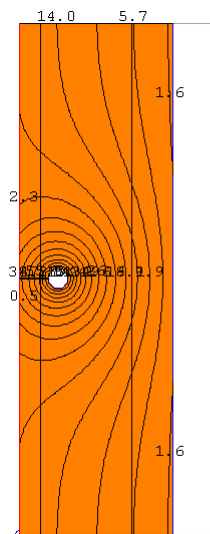
Secondo calcolo: solo la tubazione produce flusso termico.  
 Parete interna ed esterna sono alla medesima temperatura ricavata in assenza del contributo della tubazione

**Determinare i due flussi di calore uscenti dalla tubazione (interno ed esterno)**

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

67



	U-factor W/m <sup>2</sup> K	delta T C	Length mm	Rotation
_Interno	0.1735	60.0	997.986	N/A
_Interno_2	6.9321	60.0	120.459	N/A
_Esterno	0.6618	60.0	1000	N/A

% Error Energy Norm 8.29%

Calcolo complessivo con entrambe le cause di flusso termico:  $\Delta\theta$  sulla parete e tubazione in temperatura.

**SI VERIFICA CHE I FLUSSI COMPLESSIVI SONO LA SOMMA DELLE DUE SITUAZIONI IPOTIZZATE**

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

68

## UNI-TS 11300-1 E PONTI TERMICI

- Abbandonato il metodo tabellare
- Per nuovi edifici obbligatorio, in alternativa
  - il metodo agli elementi finiti (§ 5.2 EN 14683)
  - L'uso di atlanti di ponti termici (§ 5.3 EN 14683)
- Per edifici esistenti
  - Ammissibili metodi manuali (§ 5.4 EN 14683)
  - Esclusi ponti termici della EN 14683 (§ 5.5 EN 14683 → NO)

***... per vecchi edifici o in mancanza di altri dati potevano benissimo essere permessi i ponti termici di default della 14683***

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

69

## Verifica della temperatura critica

- Calcolare la temperatura superficiale critica  
→ da 20 °C 65% UR → 16,8 °C 80% U.R.
- Impostare la temperatura interna a 20 °C
- Impostare la temperatura esterna a quella media mensile del mese più freddo
- Verificare la temperatura del punto critico

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

70

Visualizzando le isoterme si può verificare la temperatura nel punto critico.  
 In questo caso 15,6 °C  
 Il calcolo deve essere ripetuto con la temperatura media esterna di gennaio

18/01/2016 ANTA - Ponti termici 71

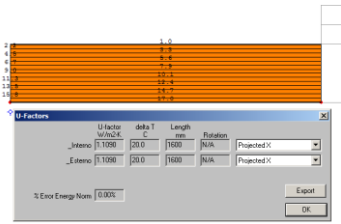
## ... più comodo...

Mese	$\theta_i$ [°C]	$\theta_e$ [°C]	$\theta_{si}$ [°C]	$\theta_{acc}$ [°C]	
October	20,0	13,8	18,7	16,7	●
November	20,0	8,2	17,5	16,7	●
December	20,0	3,6	16,5	16,7	●
January	20,0	1,9	16,2	16,7	●
February	20,0	4,0	16,6	16,7	●
March	20,0	8,4	17,5	16,7	●
April	20,0	13,0	18,5	16,7	●

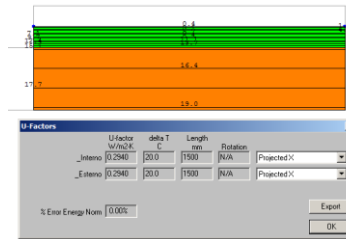
EC 709: abaco ponti termici esteso con interpolazione della temperatura nel punto critico.

18/01/2016 ANTA - Ponti termici 72

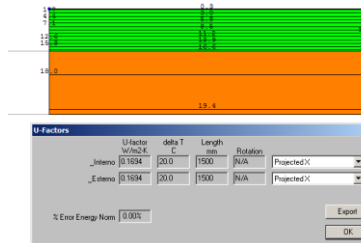
# Strutture di base



+ 10 cm  $\lambda=0,04$   
 $U = 0,294 \text{ W/m}^2\text{K}$



**Muro non isolato**  
 $U = 1,109 \text{ W/m}^2\text{K}$



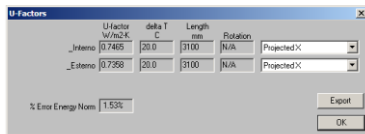
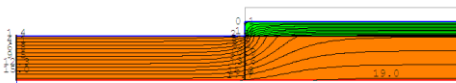
+ 20 cm  $\lambda=0,04$   
 $U = 0,1694 \text{ W/m}^2\text{K}$

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

73

# Fine isolamento in piano



Calcolo base

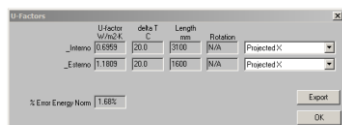
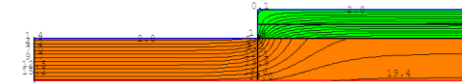
U	W/m²K	1,109	0,294	
L	m	1,6	1,5	
H	W/K	1,7744	0,441	<b>2,22</b>

Calcolo completo

U	W/m²K	0,7465	0,7538	
L	m	3,1	3,1	
H	W/K	2,31415	2,33678	<b>2,33</b>

Ponte termico

W/mK	0,11
------	------



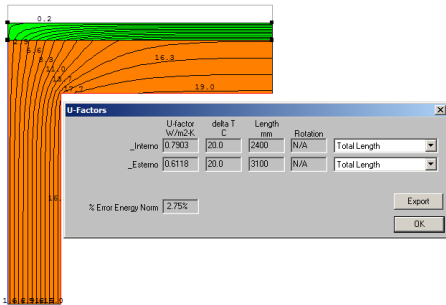
$\Psi = 0,13 \text{ W/mK}$

18/01/2016

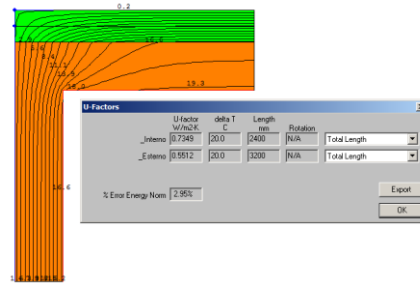
ANTA - Ponti termici

74

# Fine isolamento su angolo



$$\Psi = -0,32 \text{ W/mK}$$



$$\Psi = -0,38 \text{ W/mK}$$

18/01/2016

ANTA - Ponti termici

75