



ASSOCIAZIONE NAZIONALE
PER L'ISOLAMENTO TERMICO E ACUSTICO

Ponti termici

**NORME DI RIFERIMENTO, REQUISITI MINIMI DI EFFICIENZA ENERGETICA
DM 26 GIUGNO 2015 E NOVITÀ IN ARRIVO**

Energy Performance Building Directive

Edizioni/revisioni precedenti della stessa direttiva:

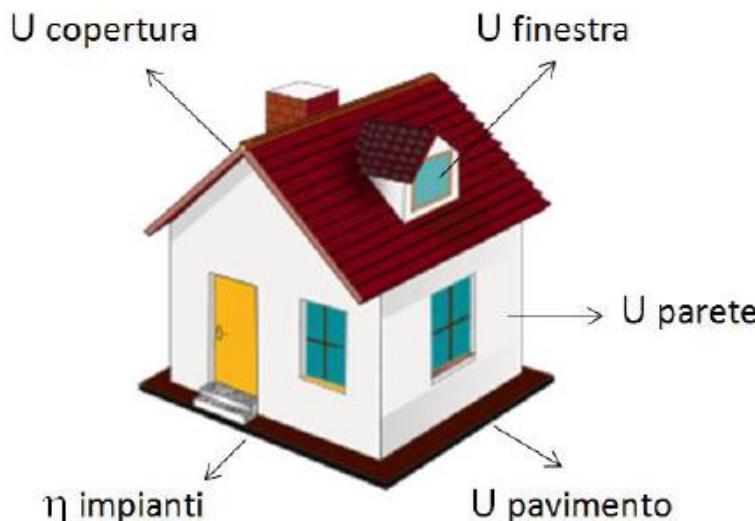
- EPBD 1 Direttiva2002/91/CE -> DLgs 19 agosto 2005, n.192 + relativi decreti attuativi
- EPBD 2 Direttiva2010/31/UE -> Legge 3 agosto 2013, n.90 + relativi decreti attuativi
- **EPBD 3 Direttiva2018/844/UE -> DLgs 10 giugno2020, n.48**

La nuova direttiva EPBD detta anche Direttiva «case green»:

- EPBD 4 in gazzetta ufficiale europea dal 8 maggio 2024

Gli indici di prestazione energetica

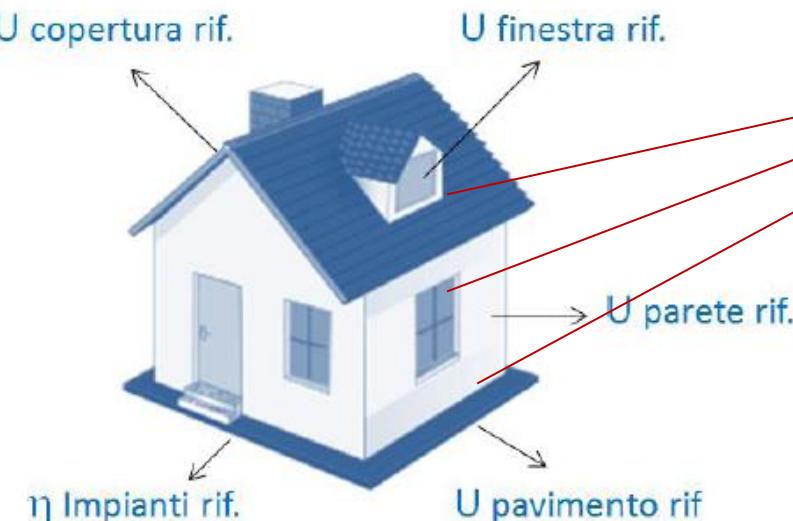
EDIFICIO DI PROGETTO



Calcolo di
 $EP_{H,nd}$
 $EP_{C,nd}$
 $EP_{gl,tot}$



EDIFICIO DI RIFERIMENTO

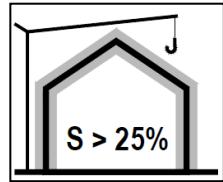


Calcolo di
 $EP_{H,nd, \text{ limite}}$
 $EP_{C,nd, \text{ limite}}$
 $EP_{gl,tot, \text{ limite}}$

NEW!!

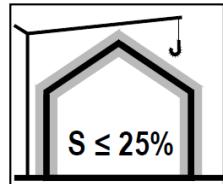
Possibili evoluzioni sui requisiti minimi di involucro

Edifici esistenti: Rispetto di U_{limite}



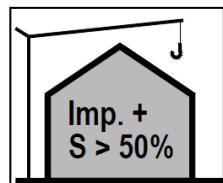
1 - $U_{\text{sezione corrente}} < U_{\text{lim,tabella}}$

2 - $U_{\text{media}} < U_{\text{lim con valutazione punti termici}}$



$U_{\text{sezione corrente}} < U_{\text{lim,tabella}}$

Ristrutturazioni importanti di 1° livello: Rispetto di $H'_{T,\text{tabella}}$ negli edifici molto finestrati



Rimodulazione tabellata di $H'_{T,\text{limite}}$ in funzione della % di superficie finestrata

La verifica della trasmittanza termica U_m

C

$$U_m \leq U_{\text{limite}}$$

$$U_m = \frac{\sum (A_{\text{op}} \cdot U_{\text{op}}) + \sum (\Psi \cdot L\%) }{\sum A_{\text{op}}}$$

- per tipologia strutturale: strutture verticali, orizzontali con flusso di calore ascendente o discendente, componenti finestrati

Nota: i valori di trasmittanza limite si considerano comprensivi dei ponti termici all'interno delle strutture oggetto di riqualificazione e di metà del ponte termico al perimetro della superficie oggetto di riqualificazione (DM 26/6/2015, Appendice B)

Ristrutturazioni importanti di secondo livello- calcolo di U_{lim}

$$1 - U_{sezione\ corrente} < U_{lim,tabella}$$

Tabella 1- Trasmittanza termica U massima delle strutture opache verticali, verso l'esterno soggette a riqualificazione

Zona climatica	U (W/m ² K)
A e B	0,40
C	0,36
D	0,32
E	0,28
F	0,26

$$2 - U_{media} < U_{lim} \text{ con valutazione ponti termici}$$

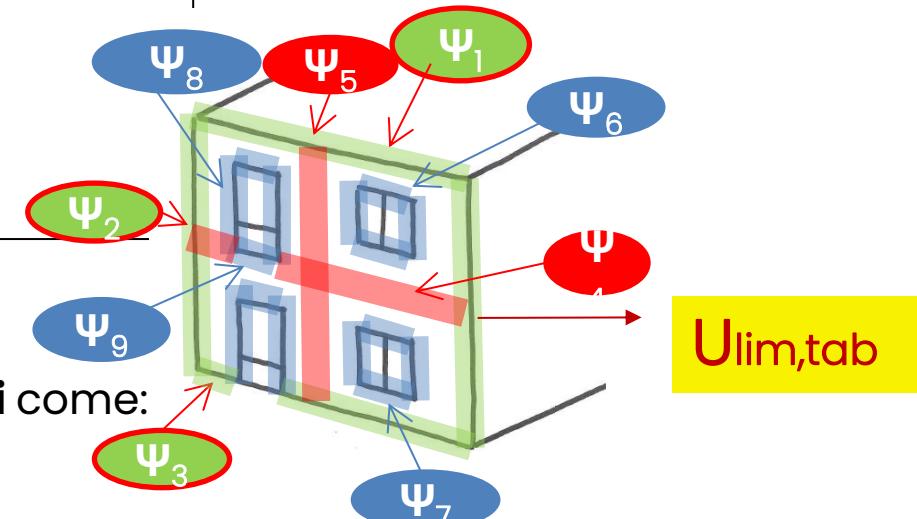
Si calcola la **trasmittanza termica limite comprensiva dei ponti termici** come:

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

dove

- A è l'area di intervento [m²];
- U_{lim} è la trasmittanza limite della sezione corrente che si ricava dalle tabelle 1, 2, 3 e 4 [W/m²K];
- l è la lunghezza del ponte termico [m];
- Ψ_{tab} è il coefficiente lineico di trasmissione riportato nelle tabelle da 5 a 7 [W/mK].

NEW!!



La verifica del coefficiente medio globale di scambio termico H'_T

B

$$H'_T \leq H'_{T,\text{limite}}$$

$$H'_T = \frac{\sum(A_{\text{op}} \cdot U_{\text{op}}) + \sum(A_w \cdot U_w) + \sum(\Psi \cdot L\%)}{\sum(A_{\text{op}}) + \sum(A_w)}$$

TABELLA 10 (Appendice A)

Valore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico H'_T [W/m²K]

N. riga	RAPPORTO DI FORMA (S/V)	Zona climatica				
		A e B	C	D	E	F
1	$S/V \geq 0,7$	0,58	0,55	0,53	0,50	0,48
2	$0,7 > S/V \geq 0,4$	0,63	0,60	0,58	0,55	0,53
3	$0,4 > S/V$	0,80	0,80	0,80	0,75	0,70

N. riga	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	Zona climatica				
		A e B	C	D	E	F
4	Ampliamenti e Ristrutturazioni importanti di secondo livello per tutte le tipologie edilizie	0,73	0,70	0,68	0,65	0,62

- Assenza rischio di muffa
- **Assenza** rischio di condensazione interstiziale
- Condizioni di calcolo secondo la norma **UNI EN ISO 13788**



(FAQ 3.11 di dicembre 2018)

Si intende il rispetto della quantità massima ammissibile e nessun residuo alla fine di un ciclo annuale.



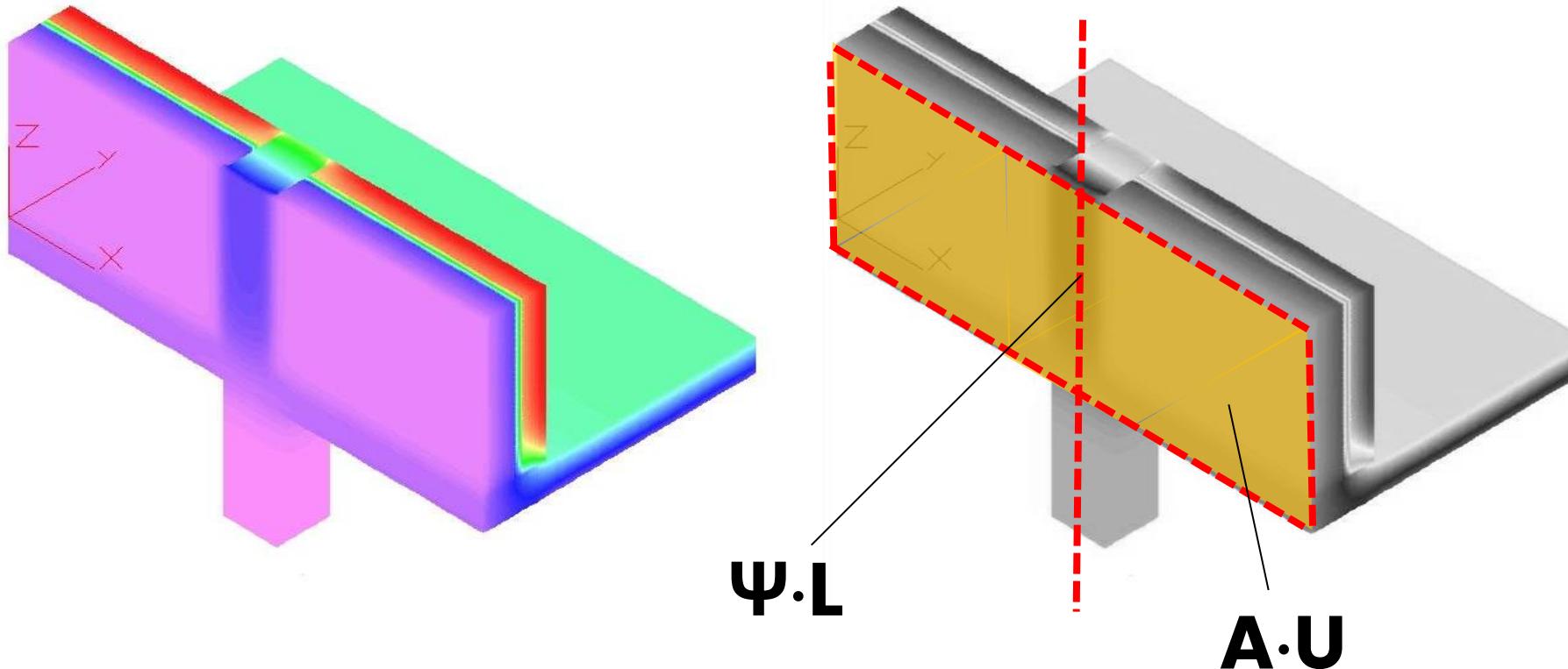
(FAQ 2.24 di Agosto 2016)

Oppure anche con un'analisi igrotermica dinamica secondo UNI EN 15026).

Verifiche igrotermiche

Nella bozza di decreto, oltre ad **integrare le FAQ nel testo** (in merito alla quantità di condensa massima accettabile e all'utilizzo di metodi di calcolo più raffinati), la frase riportata sembra indicare che **le verifiche di rischio muffa debbano essere eseguite sui ponti termici in tutti i casi**, anche negli edifici esistenti.

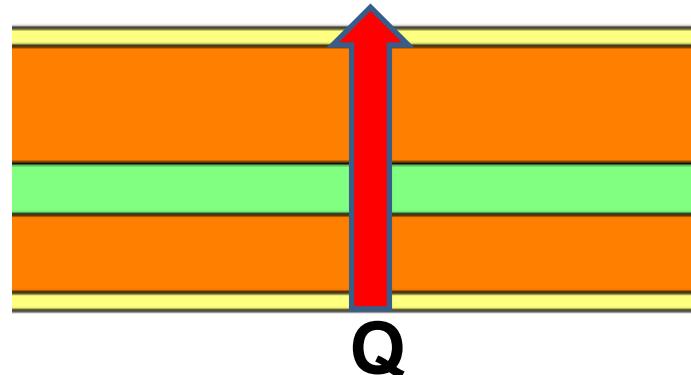
Come considero i ponti termici?



Perché il calcolo ad elementi finiti?

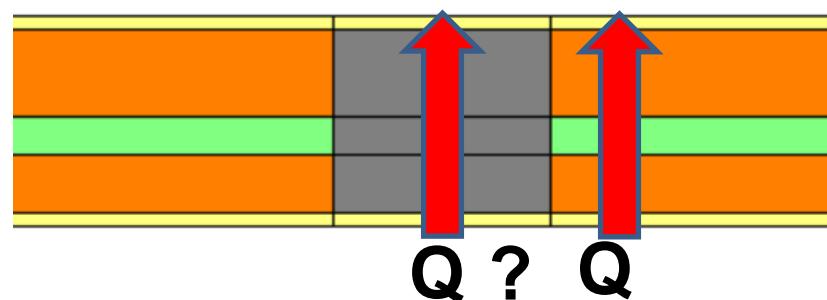
Calcolo del flusso attraverso una parete

$$Q = \frac{A \times U_x \Delta T}{H} \text{ (w)}$$



NB. Ipotesi: il flusso è **monodimensionale** e **perpendicolare alle facce** della parete

Che cosa succede se c'è una discontinuità? Posso ragionare allo stesso modo (come se fossero due diverse pareti affiancate)?

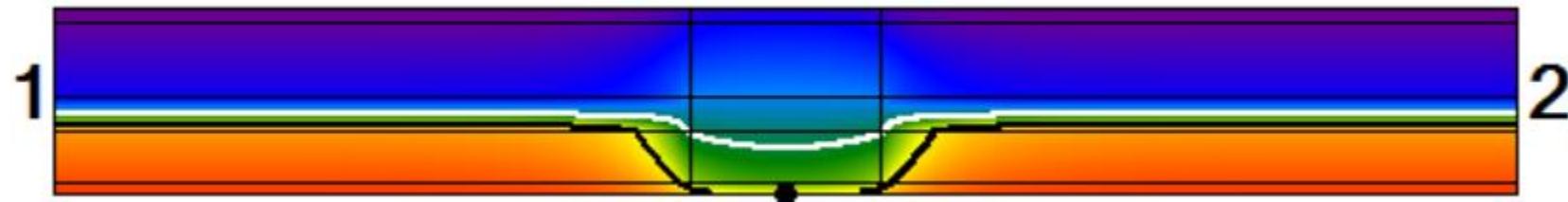


$$H_{\text{parete}} + H_{\text{pilastro}} \\ ??$$

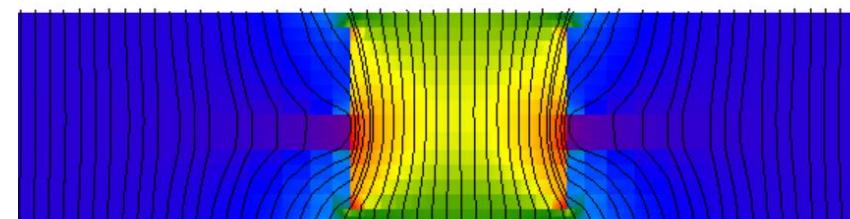
Perché il calcolo ad elementi finiti?

Risultati:

1) Andamento delle temperature



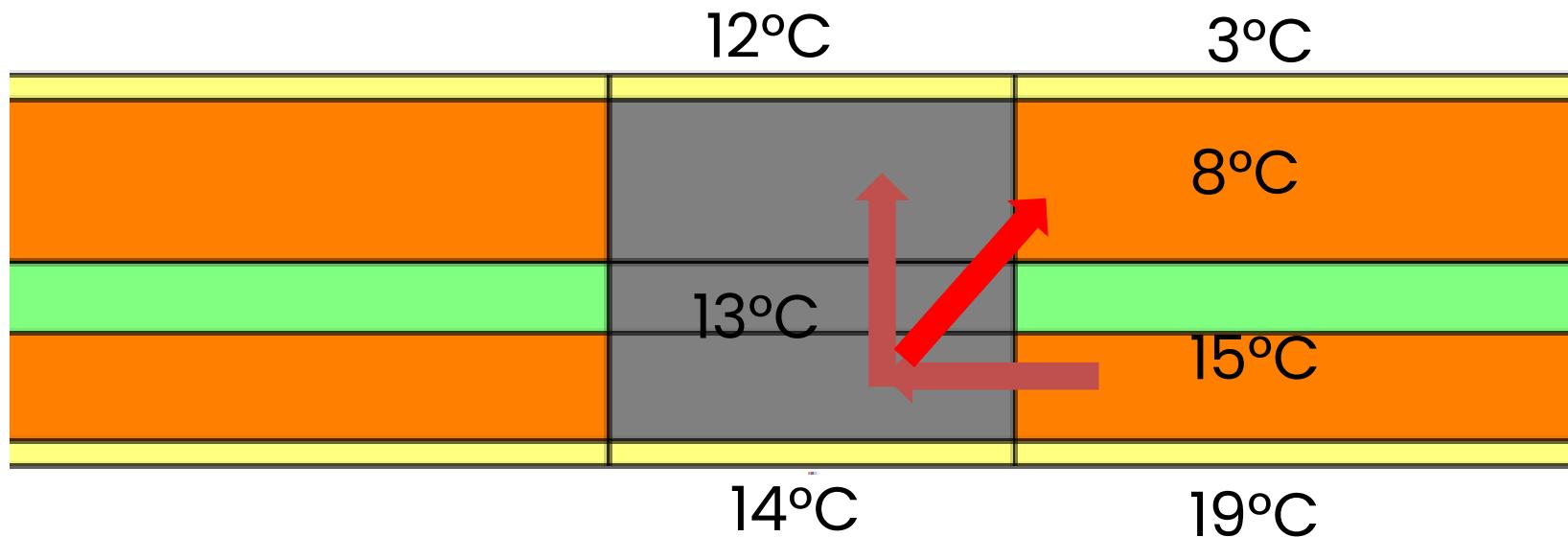
2) Andamento dei flussi



Perché il calcolo ad elementi finiti?

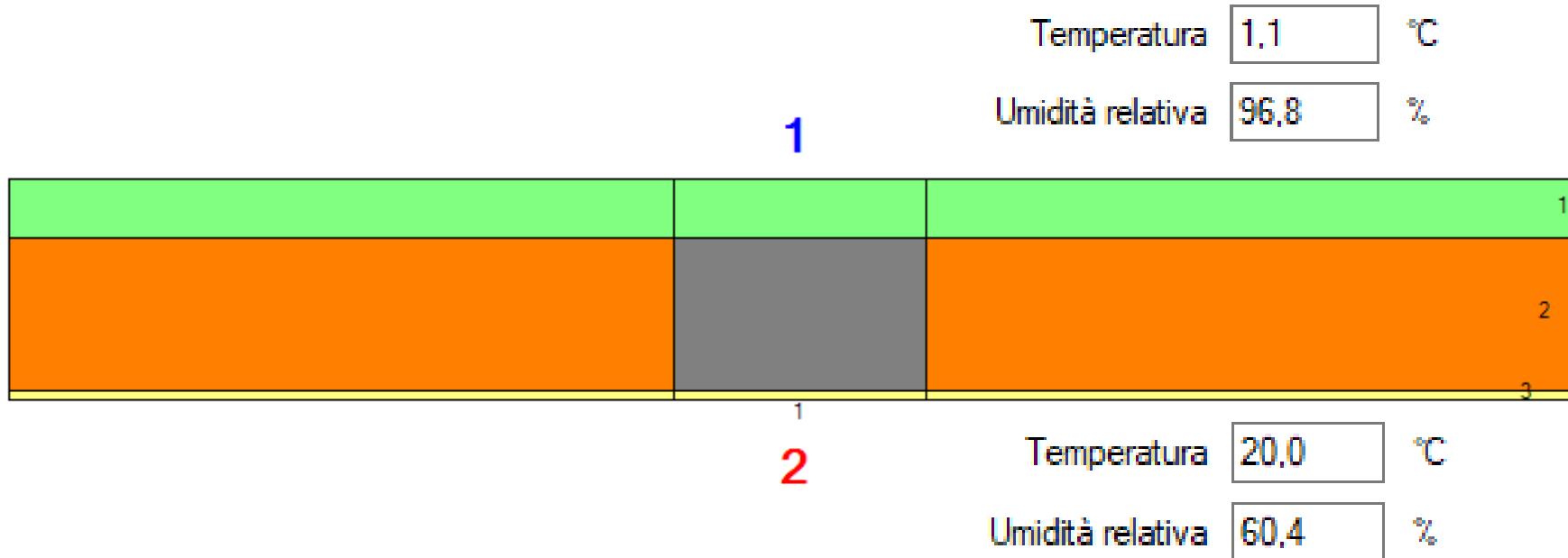
Con l'analisi FEM si riesce a rilevare il flusso aggiuntivo generato dalla discontinuità $F - T_e$

$$E - T_e$$



I - T_{ii}

Dalla FEM alle dispersioni- Significato fisico di ψ



A L'analisi agli elementi finiti risponde a questa domanda:
Quanto vale il flusso attraverso il nodo?

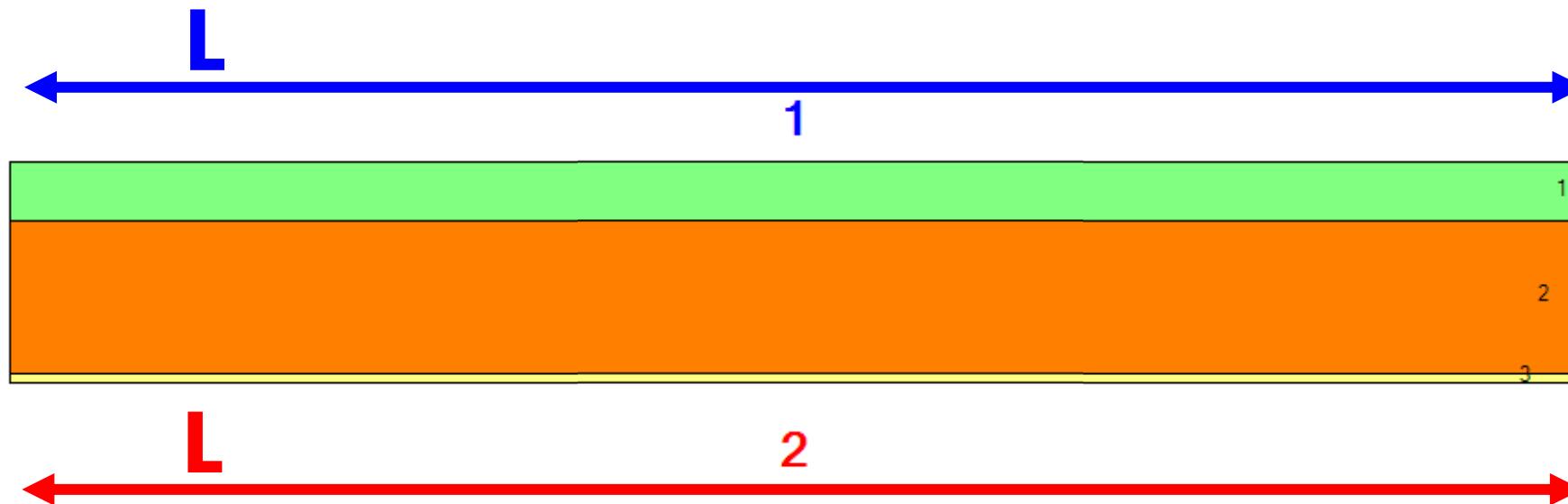
$$\text{Flusso} = 14,762 \text{ [W/m]}$$

$$L2D = \text{Flusso} / \Delta T = 14,762 / (20,0 - 1,1) = 0,781 \text{ [W/mK]}$$

Dalla FEM alle dispersioni- Significato fisico di ψ

B Quanto vale la dispersione in assenza del ponte termico?

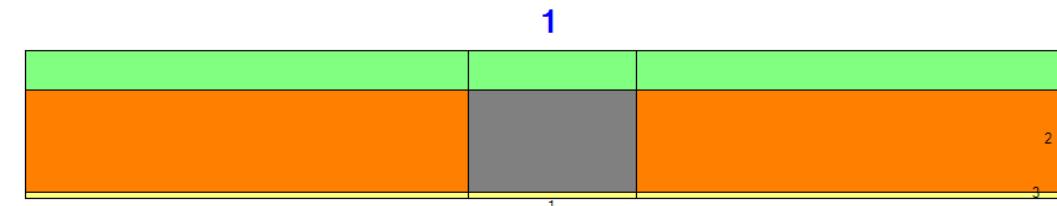
$$\text{Disp.} = U_x A = U_x (L \times 1m) = 0,760 \text{ [W/mK]}$$



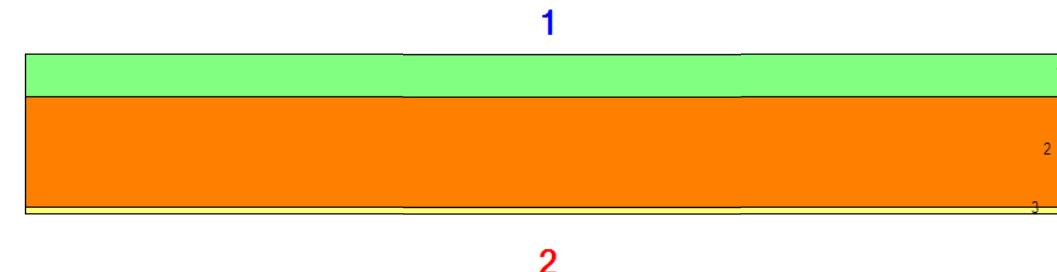
C Quanto pesa energeticamente il pilastro?

Per rispondere confrontiamo il caso **A** e il caso **B**:

(A) $L2D = 0,781$ [W/mK]



(B) $Disp. = 0,760$ [W/mK]



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

Il rischio di formazione di muffa



Spigoli e
pilastri



Cassonetti



Pareti non
isolate

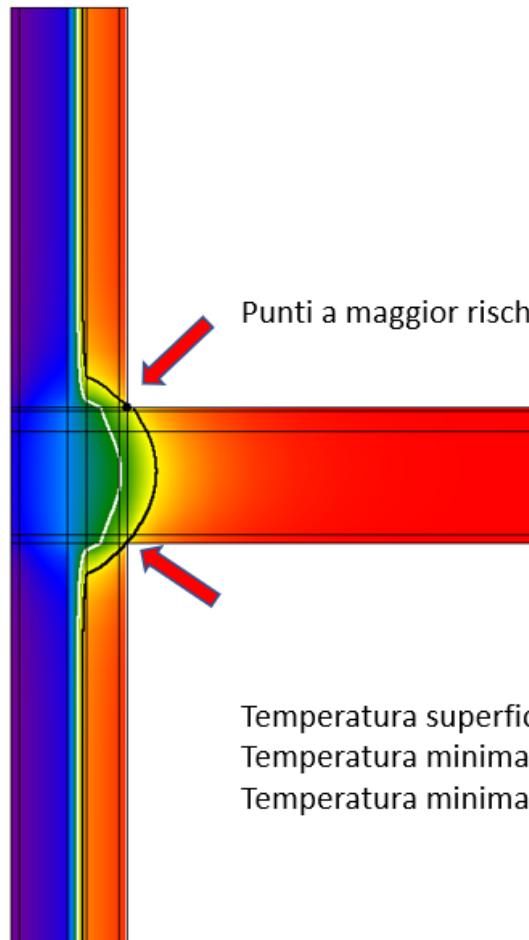


Serramenti

Fonte: TEP srl

Ing. Carlotta Bersani

La verifica del rischio di muffa sui ponti termici



Temperatura superficiale minima **nel nodo 12,7°C**

Temperatura minima superficiale **per evitare condensa 10,1°C - VERIFICATO**

Temperatura minima superficiale **per evitare muffa 13,5°C – NON VERIFICATO**





Grazie per l'attenzione