

I Ponti Termici

E' possibile definire il ponte termico come quella configurazione strutturale o geometrica che produce una deviazione del flusso termico dalla condizione di flusso monodimensionale tra le superfici interna ed esterna di una parete.

Ci possiamo trovare di fronte a due tipologie di ponte termico:

a) ponte termico di forma

incontro tra due pareti esterne di eguale struttura

b) ponte termico di struttura

presenza in una parete piana di una nervatura di struttura diversa

2.4.1 Effetti

- disomogeneità di temperatura sulle superfici interne (in generale diminuzione della temperatura superficiale interna \Rightarrow pericolo di condensa)
- aumento delle dispersioni termiche (ciò è più accentuato con il maggiore isolamento delle pareti dell'edificio)

La caratterizzazione del ponte termico è realizzata con il coefficiente di eterogeneità di temperatura superficiale interna ρ_m ($\rho_m \geq 1$)

$$\rho_m = \frac{T_i - T_{pn}}{T_i - T_{po}} \quad (23)$$

T_i = temperatura aria interna;

T_{pn} = temperatura superficie interna nella zona del ponte termico;

T_{po} = temperatura superficie interna nella zona indisturbata.

2.4.2 Il calcolo dei ponti termici

Il calcolo dei flussi termici dovuti ai ponti termici può essere effettuato con precisione utilizzando metodi numerici dettagliati in accordo con

UNI EN ISO 10211-1 flusso termico tridimensionale

EN ISO 10211-2 flussi termici bidimensionali

UNI EN ISO 14683 consente di calcolare i flussi termici attraverso metodi semplificati in corrispondenza alle giunzioni tra elementi di edifici, ma non si applica a ponti termici associati ai telai di porte e finestre o a facciate continue

UNI EN ISO 14683 consente di calcolare il valore della trasmittanza termica lineica Ψ_k

Generalmente l'influenza dei ponti termici puntuali, esplicitata dal termine χ_i , può essere trascurata.

La trasmittanza termica lineica Ψ può essere determinata con la relazione

$$\Psi = L^{2D} - \sum U_i l_i \quad (24)$$

L^{2D} è il coefficiente di accoppiamento termico lineico ottenuto con un calcolo bidimensionale del componente che separa i due ambienti considerati;

U_i è la trasmittanza termica dell' i -esimo componente monodimensionale che separa i due ambienti considerati;

l_i è la lunghezza del modello geometrico bidimensionale cui si applica il valore U_i .

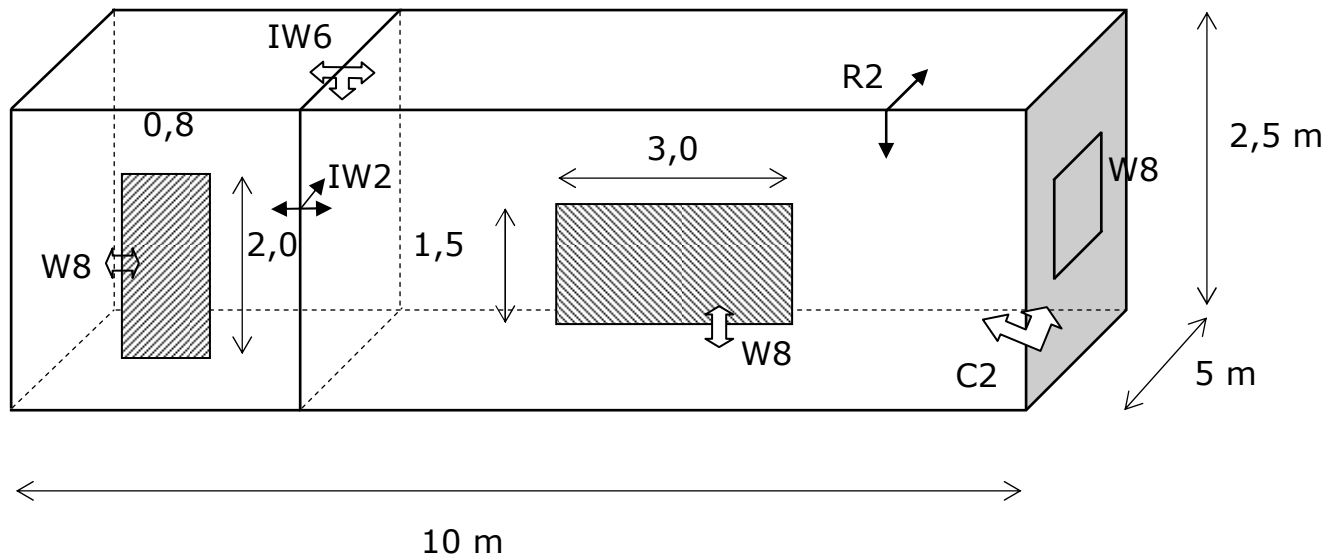
E' necessario precisare il sistema di dimensioni utilizzate per il calcolo della trasmittanza termica lineica Ψ .

Il Prospetto 2 della UNI EN ISO 14683 riporta i valori di progetto per Ψ basati su tre sistemi di valutazioni delle dimensioni dell'edificio:

- dimensioni interne, misurate tra le superfici interne finite di ogni ambiente (escluso lo spessore delle partizioni interne);
- dimensioni interne totali, misurate tra le superfici interne finite degli elementi dell'edificio (incluso lo spessore delle partizioni interne);
- dimensioni esterne, misurate tra le superfici esterne finite degli elementi esterni dell'edificio.

Il Prospetto 2 fornisce inoltre il valore del coefficiente di accoppiamento L^{2D} .

Esempio calcolo ponti termici



Valutazione con le superfici interne

Elemento edilizio	U [W/(m ² K)]	A_{oi} [m ²]	$U A_{oi}$ [W/K]
Pareti	0,40	64,4	25,76
Tetto	0,30	50,0	15,00
Pavimento	0,38	50,0	19,00
Finestre	3,50	9,0	31,50
Porta	3,00	1,6	4,80
Totale			96,06

Ponte termico	Tipologia	Ψ_{oi} [W/(m K)]	l_{oi} [m]	$\Psi_{oi} l_{oi}$ [W/K]
Parete/tetto	R2	0,65	30,0	19,50
Parete/parete	C2	0,10	10,0	1,00
Partizione/parete	IW2	0,50	5,0	2,50
Partizione tetto	IW6	0,00	5,0	0,00
Architrave	W8	0,60	23,6	14,16
Totale				37,16

Valutazione con le superfici esterne

<i>Elemento edilizio</i>	U [W/(m ² K)]	A_e [m ²]	$U A_e$ [W/K]
Pareti	0,40	76,88	30,75
Tetto	0,30	59,36	17,81
Pavimento	0,38	50,0	19,00
Finestre	3,50	9,0	31,50
Porta	3,00	1,6	4,80
Totale			103,86

<i>Ponte termico</i>	Tipologia	Ψ_e [W/(m K)]	l_e [m]	$\Psi_{oi} l_{oi}$ [W/K]
Parete/tetto	R2	0,05	32,4	16,20
Parete/parete	C2	-0,10	10,8	-1,08
Partizione/parete	IW2	0,50	5,4	2,70
Partizione tetto	IW6	0,00	5,6	0,00
Architrave	W8	0,60	23,6	14,16
Totale				31,98

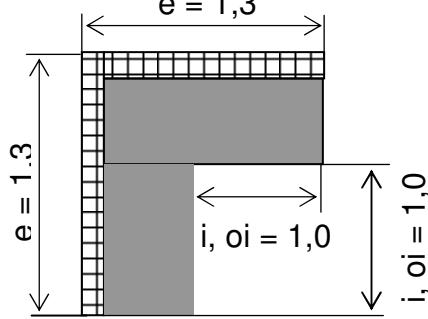
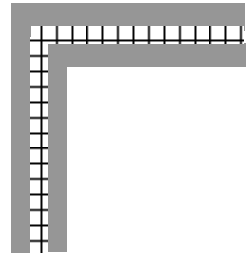
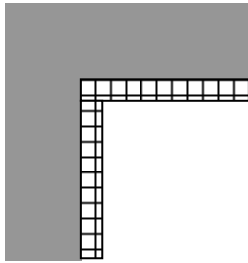
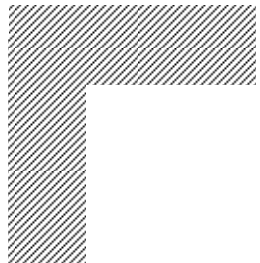
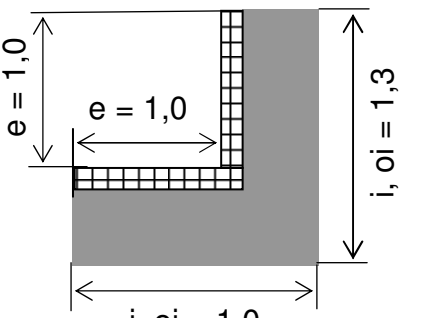
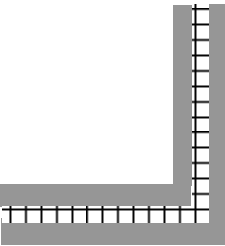
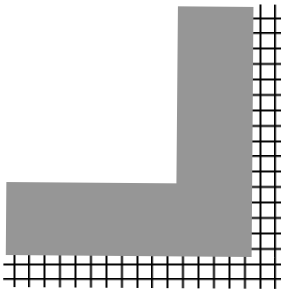





Superfici interne

$$L_D = \sum U_i A_i + \sum \Psi_k l_k = 96,06 + 37,16 = 133,22 \text{ W/K}$$

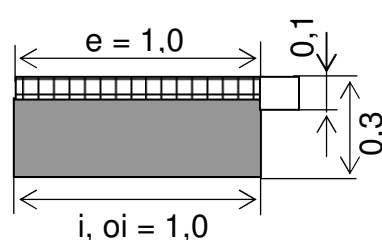
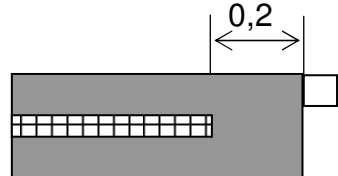

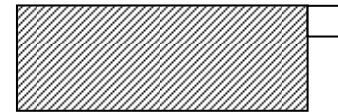
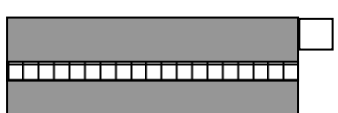






Superfici esterne

$$L_D = \sum U_i A_i + \sum \Psi_k l_k = 103,86 + 31,98 = 135,84 \text{ W/K}$$

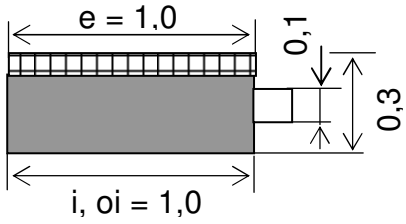
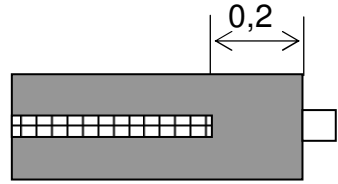


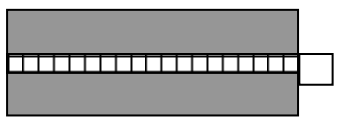
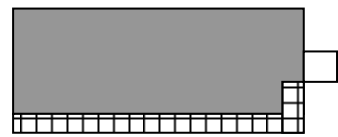





Angoli: le linee con le notazioni i , oi , ed e indicano il sistema di dimensioni – interne, interne globali, esterne - in [m]

<p>C1</p> <p>$\Psi_e = -0,05$ $\Psi_{oi} = 0,15$ $\Psi_i = 0,15$</p> <p>$L^{2D} = 0,84$</p>  <p>$e = 1,3$</p> <p>$i, oi = 1,0$</p> <p>$i, oi = 1,0$</p>	<p>C2</p> <p>$\Psi_e = -0,10$ $\Psi_{oi} = 0,10$ $\Psi_i = 0,10$</p> <p>$L^{2D} = 0,79$</p> 	<p>C3</p> <p>$\Psi_e = -0,20$ $\Psi_{oi} = 0,00$ $\Psi_i = 0,00$</p> <p>$L^{2D} = 0,70$</p> 	<p>C4</p> <p>$\Psi_e = -0,15$ $\Psi_{oi} = 0,05$ $\Psi_i = 0,05$</p> <p>$L^{2D} = 0,81$</p> 
<p>C5</p> <p>$\Psi_e = 0,00$ $\Psi_{oi} = -0,20$ $\Psi_i = -0,20$</p> <p>$L^{2D} = 0,71$</p>  <p>$e = 1,0$</p> <p>$i, oi = 1,0$</p> <p>$i, oi = 1,3$</p>	<p>C6</p> <p>$\Psi_e = 0,10$ $\Psi_{oi} = -0,15$ $\Psi_i = -0,15$</p> <p>$L^{2D} = 0,77$</p> 	<p>C7</p> <p>$\Psi_e = 0,15$ $\Psi_{oi} = -0,05$ $\Psi_i = -0,05$</p> <p>$L^{2D} = 0,83$</p> 	<p>C8</p> <p>$\Psi_e = 0,05$ $\Psi_{oi} = -0,15$ $\Psi_i = -0,15$</p> <p>$L^{2D} = 0,82$</p> 
<p>Parete</p> 	<p>Parete leggera</p> 	<p>Strato isolante</p> 	<p>Soletta/pilastro</p> 

Serramenti di porte e finestre: le linee con le notazioni i , oi , ed e indicano il sistema di dimensioni – interne, interne globali, esterne - in [m]

<p>W1</p> <p>$\Psi_e = 0,00$ $\Psi_{oi} = 0,00$ $\Psi_i = 0,00$</p> <p>$L^{2D} = 0,36$</p> 	<p>W2</p> <p>$\Psi_e = 0,65$ $\Psi_{oi} = 0,65$ $\Psi_i = 0,65$</p> <p>$L^{2D} = 1,00$</p> 	<p>W3</p> <p>$\Psi_e = 0,45$ $\Psi_{oi} = 0,45$ $\Psi_i = 0,45$</p> <p>$L^{2D} = 0,81$</p> 	<p>W4</p> <p>$\Psi_e = 0,05$ $\Psi_{oi} = 0,05$ $\Psi_i = 0,05$</p> <p>$L^{2D} = 0,41$</p> 	
<p>W5</p> <p>$\Psi_e = 0,05$ $\Psi_{oi} = 0,05$ $\Psi_i = 0,05$</p> <p>$L^{2D} = 0,40$</p> 	<p>W6</p> <p>$\Psi_e = 0,10$ $\Psi_{oi} = 0,10$ $\Psi_i = 0,10$</p> <p>$L^{2D} = 0,44$</p> 			
<p>Parete </p>	<p>Parete leggera </p>	<p>Strato isolante </p>	<p>Soletta/pilastro </p>	<p>Telaio </p>

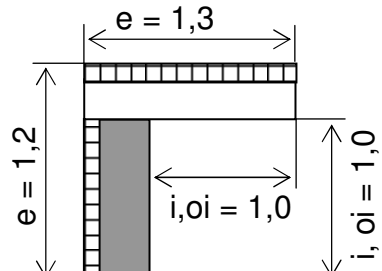
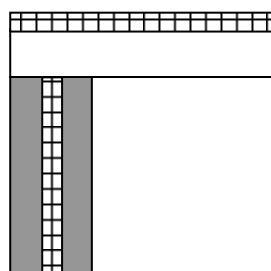
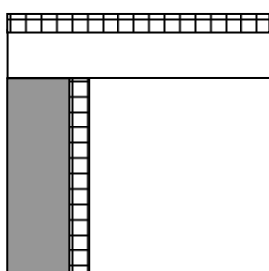
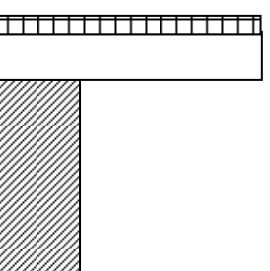
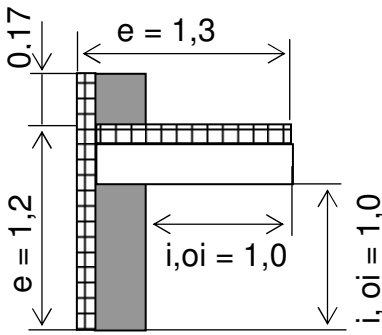
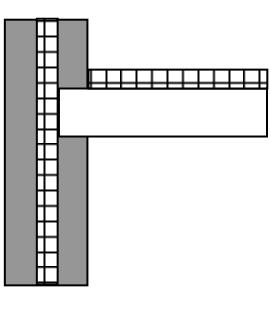
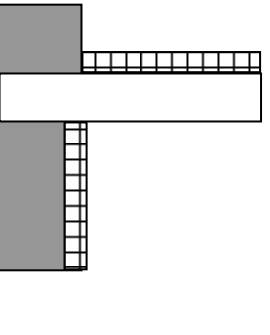
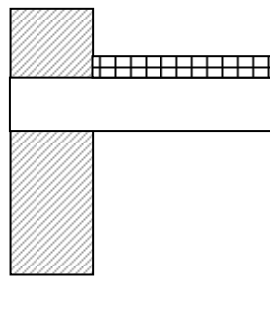





Serramenti di porte e finestre: le linee con le notazioni i , oi , ed e indicano il sistema di dimensioni – interne, interne globali, esterne - in [m]

<p>W7</p> <p>$\Psi_e = 0,35$ $\Psi_{oi} = 0,35$ $\Psi_i = 0,35$</p> <p>$L^{2D} = 0,70$</p>  <p>$e = 1,0$ $0,1$ $0,3$ $i, oi = 1,0$</p>	<p>W8</p> <p>$\Psi_e = 0,60$ $\Psi_{oi} = 0,60$ $\Psi_i = 0,60$</p> <p>$L^{2D} = 0,95$</p>  <p>$0,2$</p>	<p>W9</p> <p>$\Psi_e = 0,20$ $\Psi_{oi} = 0,20$ $\Psi_i = 0,20$</p> <p>$L^{2D} = 0,56$</p> 	<p>W10</p> <p>$\Psi_e = 0,00$ $\Psi_{oi} = 0,00$ $\Psi_i = 0,00$</p> <p>$L^{2D} = 0,39$</p> 	
<p>W11</p> <p>$\Psi_e = 0,00$ $\Psi_{oi} = 0,00$ $\Psi_i = 0,00$</p> <p>$L^{2D} = 0,36$</p> 	<p>W12</p> <p>$\Psi_e = 0,05$ $\Psi_{oi} = 0,05$ $\Psi_i = 0,05$</p> <p>$L^{2D} = 0,41$</p> 			
<p>Parete </p>	<p>Parete leggera </p>	<p>Strato isolante </p>	<p>Soletta/pilastro </p>	<p>Telaio </p>

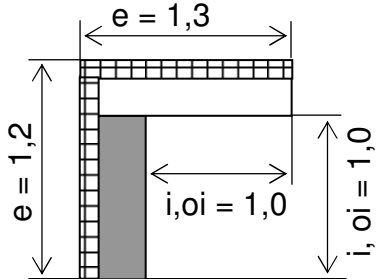
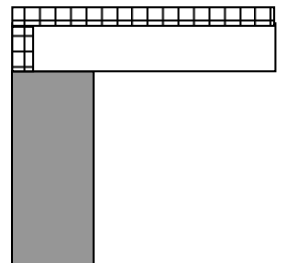
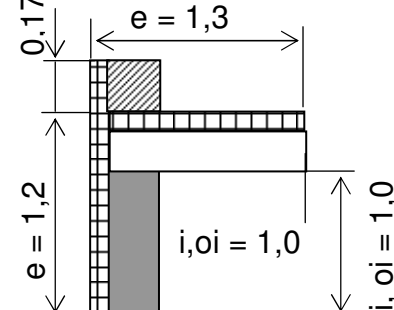
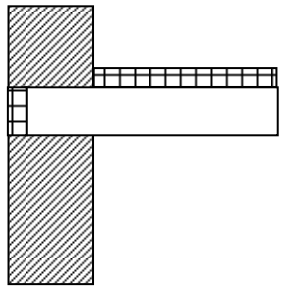
Serramenti di porte e finestre: le linee con le notazioni i , oi , ed e indicano il sistema di dimensioni – interne, interne globali, esterne - in [m]

<p>W13</p> <p>$\Psi_e = 0,60$ $\Psi_{oi} = 0,60$ $\Psi_i = 0,60$</p> <p>$L^{2D} = 0,93$</p>	<p>W14</p> <p>$\Psi_e = 0,65$ $\Psi_{oi} = 0,65$ $\Psi_i = 0,65$</p> <p>$L^{2D} = 1,02$</p>	<p>W15</p> <p>$\Psi_e = 0,00$ $\Psi_{oi} = 0,00$ $\Psi_i = 0,00$</p> <p>$L^{2D} = 0,35$</p>	<p>W16</p> <p>$\Psi_e = 0,05$ $\Psi_{oi} = 0,05$ $\Psi_i = 0,05$</p> <p>$L^{2D} = 0,42$</p>	
<p>W17</p> <p>$\Psi_e = 0,40$ $\Psi_{oi} = 0,40$ $\Psi_i = 0,40$</p> <p>$L^{2D} = 0,72$</p>	<p>W18</p> <p>$\Psi_e = 0,20$ $\Psi_{oi} = 0,20$ $\Psi_i = 0,20$</p> <p>$L^{2D} = 0,57$</p>			
<p>Parete</p>	<p>Parete leggera</p>	<p>Strato isolante</p>	<p>Soletta/pilastro</p>	<p>Telaio</p>

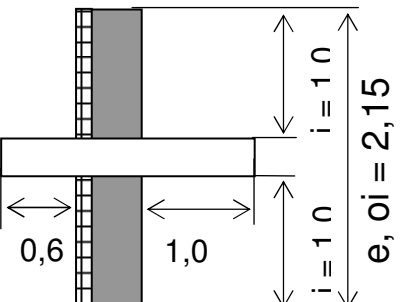
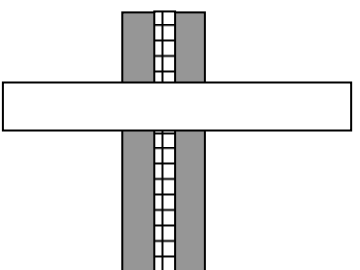
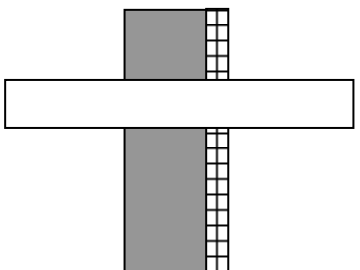
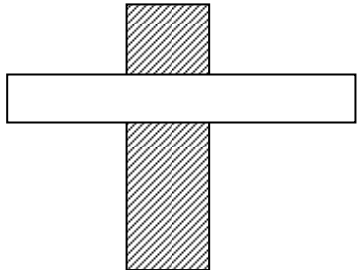
Coperture: le linee con le notazioni i , oi , ed e indicano il sistema di dimensioni – interne, interne globali, esterne - in [m]

<p>R1</p> <p>$\Psi_e = 0,55$ $\Psi_{oi} = 0,70$ $\Psi_i = 0,70$</p> <p>$L^{2D} = 1,42$</p> 	<p>R2</p> <p>$\Psi_e = 0,50$ $\Psi_{oi} = 0,65$ $\Psi_i = 0,65$</p> <p>$L^{2D} = 1,38$</p> 	<p>R3</p> <p>$\Psi_e = 0,40$ $\Psi_{oi} = 0,55$ $\Psi_i = 0,55$</p> <p>$L^{2D} = 1,28$</p> 	<p>R4</p> <p>$\Psi_e = 0,30$ $\Psi_{oi} = 0,50$ $\Psi_i = 0,50$</p> <p>$L^{2D} = 1,25$</p> 
<p>R5</p> <p>$\Psi_e = 0,55$ $\Psi_{oi} = 0,70$ $\Psi_i = 0,70$</p> <p>$L^{2D} = 1,42$</p> 	<p>R6</p> <p>$\Psi_e = 0,40$ $\Psi_{oi} = 0,55$ $\Psi_i = 0,55$</p> <p>$L^{2D} = 1,29$</p> 	<p>R7</p> <p>$\Psi_e = 0,55$ $\Psi_{oi} = 0,75$ $\Psi_i = 0,75$</p> <p>$L^{2D} = 1,44$</p> 	<p>R8</p> <p>$\Psi_e = 0,35$ $\Psi_{oi} = 0,55$ $\Psi_i = 0,55$</p> <p>$L^{2D} = 1,28$</p> 
<p>Parete </p> <p>Parete leggera </p>		<p>Strato isolante </p> <p>Soletta/pilastro </p> <p>Telaio </p>	

Coperture: le linee con le notazioni i , oi , ed e indicano il sistema di dimensioni – interne, interne globali, esterne - in [m]

<p>R9</p> <p>$\Psi_e = -0,05$ $\Psi_{oi} = 0,15$ $\Psi_i = 0,15$</p> <p>$L^{2D} = 0,84$</p> 	<p>R10</p> <p>$\Psi_e = 0,00$ $\Psi_{oi} = 0,20$ $\Psi_i = 0,20$</p> <p>$L^{2D} = 0,92$</p> 	<p>R11</p> <p>$\Psi_e = 0,05$ $\Psi_{oi} = 0,20$ $\Psi_i = 0,20$</p> <p>$L^{2D} = 0,93$</p> 	<p>R12</p> <p>$\Psi_e = 0,10$ $\Psi_{oi} = 0,30$ $\Psi_i = 0,30$</p> <p>$L^{2D} = 1,02$</p> 
---	--	---	---

Balconi, poggiali

<p>B1</p> <p>$\Psi_e = 0,85$ $\Psi_{oi} = 0,85$ $\Psi_i = 0,90$</p> <p>$L^{2D} = 1,57$</p> 	<p>B2</p> <p>$\Psi_e = 0,80$ $\Psi_{oi} = 0,80$ $\Psi_i = 0,85$</p> <p>$L^{2D} = 1,56$</p> 	<p>B3</p> <p>$\Psi_e = 0,75$ $\Psi_{oi} = 0,75$ $\Psi_i = 0,80$</p> <p>$L^{2D} = 1,50$</p> 	<p>B4</p> <p>$\Psi_e = 0,70$ $\Psi_{oi} = 0,70$ $\Psi_i = 0,75$</p> <p>$L^{2D} = 1,49$</p> 
---	--	---	---

Parete



Parete leggera



Strato isolante



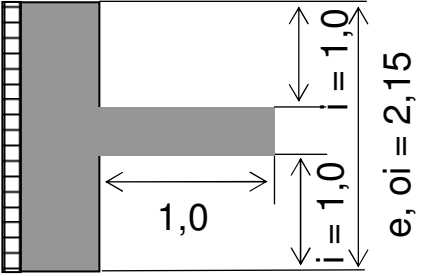
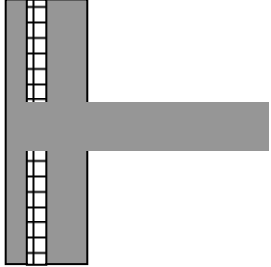
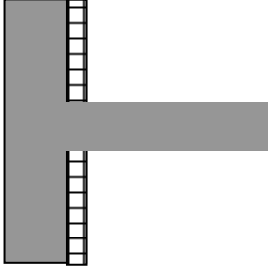
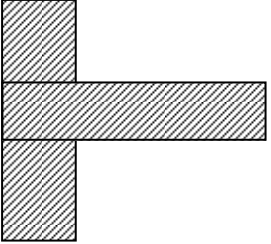
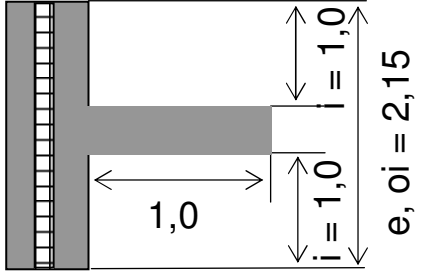
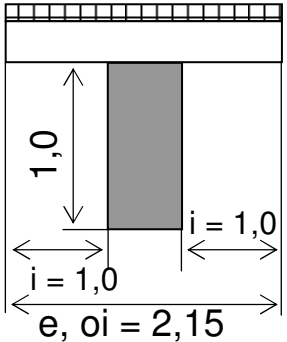





Soletta/pilastro



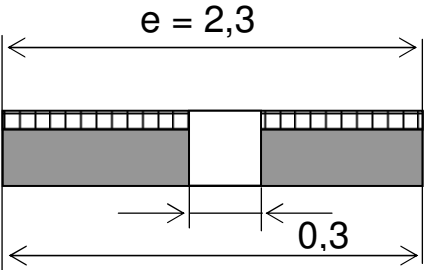








Telaio



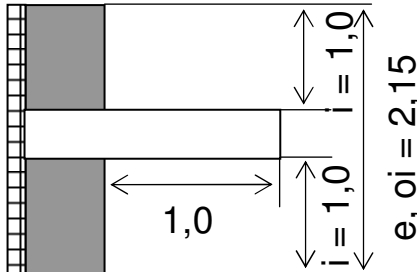
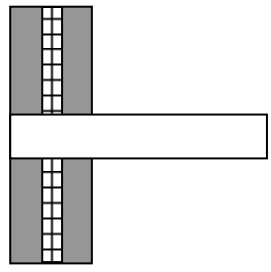
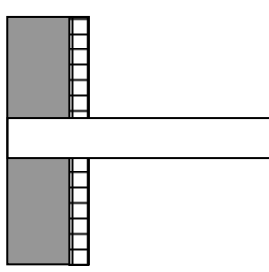
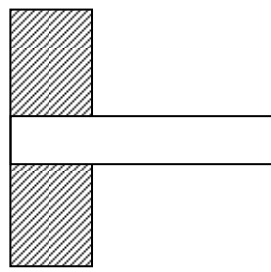
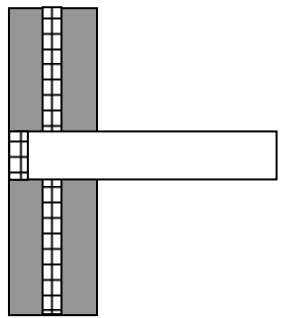
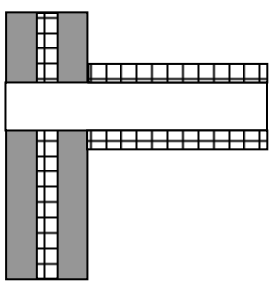
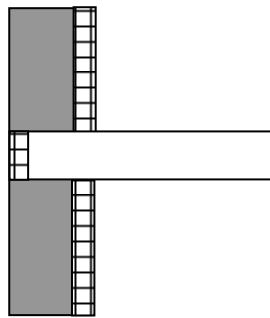
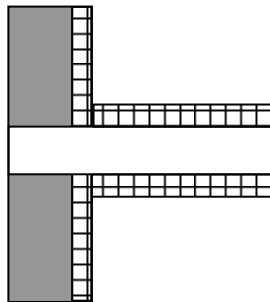





Pareti interne: le linee con le notazioni i , oi , ed e indicano il sistema di dimensioni – interne, interne globali, esterne - in [m]

<p>IW1</p> <p>$\Psi_e = 0,00$ $\Psi_{oi} = 0,00$ $\Psi_i = 0,05$</p> <p>$L^{2D} = 0,74$</p> 	<p>IW2</p> <p>$\Psi_e = 0,50$ $\Psi_{oi} = 0,50$ $\Psi_i = 0,55$</p> <p>$L^{2D} = 1,26$</p> 	<p>IW3</p> <p>$\Psi_e = 0,50$ $\Psi_{oi} = 0,50$ $\Psi_i = 0,55$</p> <p>$L^{2D} = 1,22$</p> 	<p>IW4</p> <p>$\Psi_e = 0,00$ $\Psi_{oi} = 0,00$ $\Psi_i = 0,05$</p> <p>$L^{2D} = 0,81$</p> 
<p>IW5</p> <p>$\Psi_e = 0,00$ $\Psi_{oi} = 0,00$ $\Psi_i = 0,05$</p> <p>$L^{2D} = 0,74$</p> 	<p>IW6</p> <p>$\Psi_e = 0,00$ $\Psi_{oi} = 0,00$ $\Psi_i = 0,05$</p> <p>$L^{2D} = 0,79$</p> 		
<p>Parete </p> <p>Parete leggera </p>		<p>Strato isolante </p> <p>Soletta/pilastro </p> <p>Telaio </p>	

Pilastri: le linee con le notazioni i , oi , ed e indicano il sistema di dimensioni – interne, interne globali, esterne - in [m]

<p>P1</p> <p>$\Psi_e = 1,30$ $\Psi_{oi} = 1,30$ $\Psi_i = 1,30$</p> <p>$L^{2D} = 2,09$</p> <p>$e = 2,3$</p>  <p>$i, oi = 2,3$</p>	<p>P2</p> <p>$\Psi_e = 1,20$ $\Psi_{oi} = 1,20$ $\Psi_i = 1,20$</p> <p>$L^{2D} = 2,01$</p> 	<p>P3</p> <p>$\Psi_e = 1,05$ $\Psi_{oi} = 1,05$ $\Psi_i = 1,05$</p> <p>$L^{2D} = 1,83$</p> 	<p>P4</p> <p>$\Psi_e = 0,90$ $\Psi_{oi} = 0,90$ $\Psi_i = 0,90$</p> <p>$L^{2D} = 1,76$</p> 	
<p>Parete </p>	<p>Parete leggera </p>	<p>Strato isolante </p>	<p>Soletta/pilastro </p>	<p>Telaio </p>

Pavimenti: le linee con le notazioni i , oi , ed e indicano il sistema di dimensioni – interne, interne globali, esterne - in [m]

<p>F1</p> <p>$\Psi_e = 0,00$ $\Psi_{oi} = 0,00$ $\Psi_i = 0,05$</p> <p>$L^{2D} = 0,74$</p> 	<p>F2</p> <p>$\Psi_e = 0,80$ $\Psi_{oi} = 0,80$ $\Psi_i = 0,90$</p> <p>$L^{2D} = 1,56$</p> 	<p>F3</p> <p>$\Psi_e = 0,75$ $\Psi_{oi} = 0,75$ $\Psi_i = 0,80$</p> <p>$L^{2D} = 1,50$</p> 	<p>F4</p> <p>$\Psi_e = 0,55$ $\Psi_{oi} = 0,55$ $\Psi_i = 0,60$</p> <p>$L^{2D} = 1,36$</p> 
<p>F5</p> <p>$\Psi_e = 0,60$ $\Psi_{oi} = 0,60$ $\Psi_i = 0,65$</p> <p>$L^{2D} = 1,33$</p> 	<p>F6</p> <p>$\Psi_e = 0,65$ $\Psi_{oi} = 0,65$ $\Psi_i = 0,70$</p> <p>$L^{2D} = 1,40$</p> 	<p>F7</p> <p>$\Psi_e = 0,65$ $\Psi_{oi} = 0,65$ $\Psi_i = 0,70$</p> <p>$L^{2D} = 1,41$</p> 	<p>F8</p> <p>$\Psi_e = 0,20$ $\Psi_{oi} = 0,20$ $\Psi_i = 0,30$</p> <p>$L^{2D} = 0,99$</p> 
<p>Parete </p> <p>Parete leggera </p>		<p>Strato isolante </p> <p>Soletta/pilastro </p> <p>Telaio </p>	

