



**LA TRASMITTANZA  
TERMICA DI  
STRUTTURE OPACHE**

# La trasmittanza termica dell'involucro edilizio - Introduzione



Le chiusure hanno il compito di:

- Proteggere l'interno dal clima esterno
- Implementare le prestazioni dell'edificio

*elementi opachi*

*elementi vetrati*

## RESISTENZA TERMICA E TRASMITTANZA TERMICA: **UNI EN ISO 6946:2008**

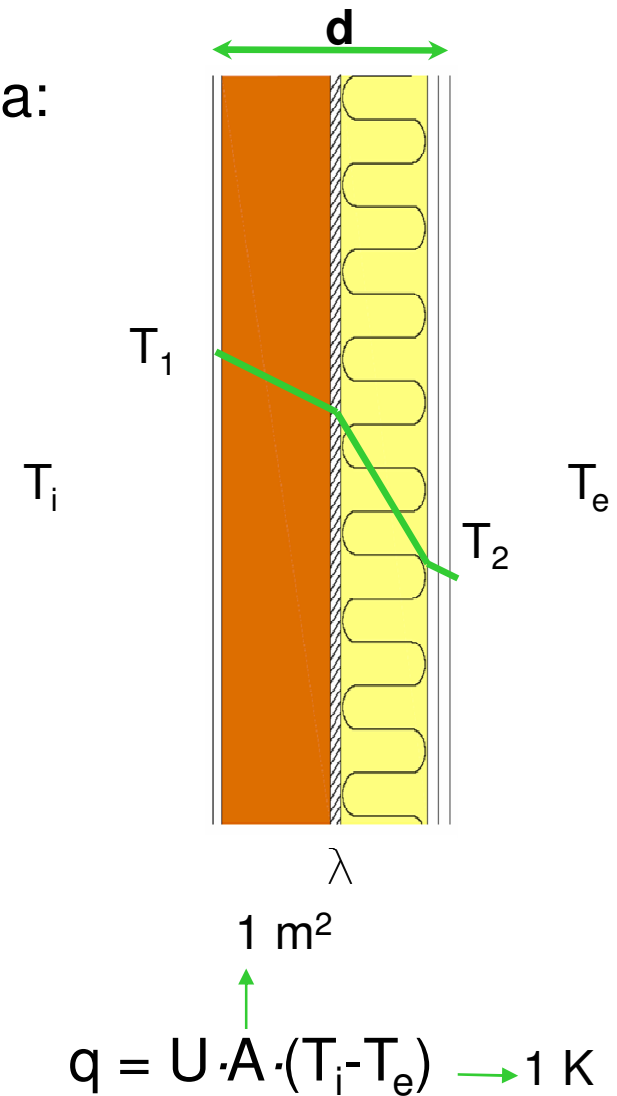
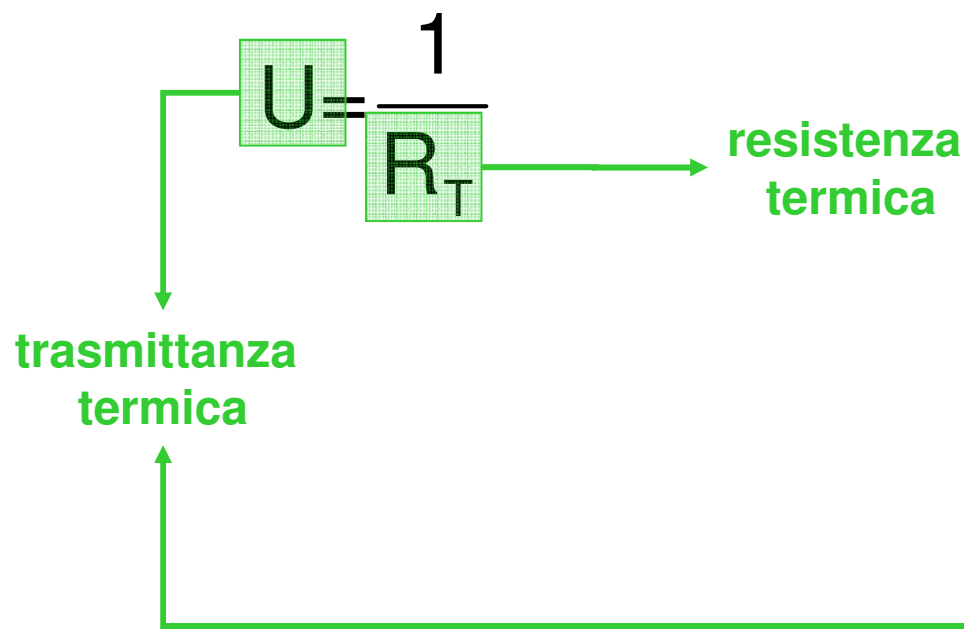
La presente norma prescrive un **metodo di calcolo** per la determinazione della **resistenza termica** e della **trasmittanza termica** idonee per definire il flusso di calore attraverso vari componenti edilizi

Nella presente non vengono presi in considerazione:

- porte [UNI EN ISO 10077-1]
  - finestre (tutte le parti vetrate) [UNI EN ISO 10077-1]
  - componenti che implicano uno scambio termico con il terreno [UNI EN ISO 13370]
-

La trasmittanza termica risulta così definita:

Flusso di calore [W/m<sup>2</sup>K] che passa attraverso una struttura di 1 m<sup>2</sup> di superficie e con una differenza di temperatura tra i lati della struttura stessa pari ad 1K.



## La trasmittanza termica risulta così definita:

Flusso di calore [W/m<sup>2</sup>K] che passa attraverso una struttura di 1 m<sup>2</sup> di superficie e con una differenza di temperatura tra i lati della struttura stessa pari ad 1K.

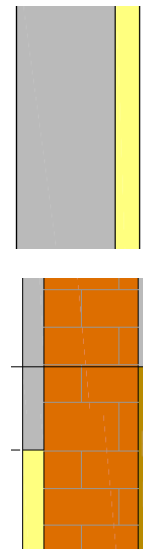
$$U = \frac{1}{R_T}$$

Strati omogenei

$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

Strati omogenei ed eterogenei

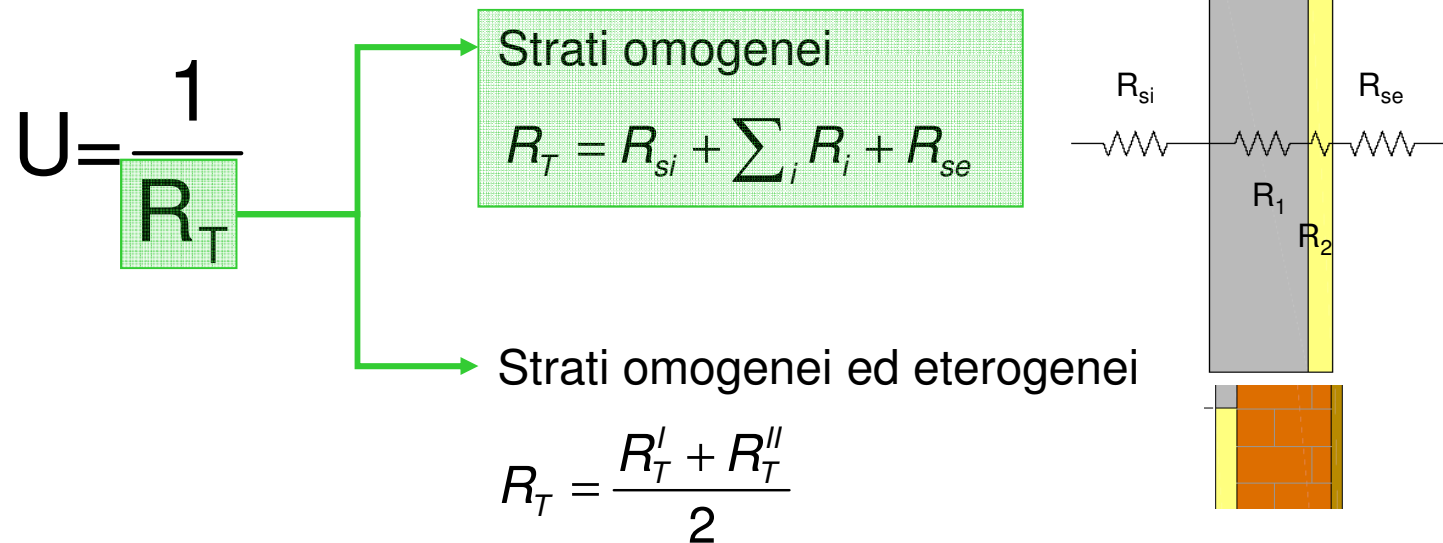
$$R_T = \frac{R_T' + R_T''}{2}$$



Per il calcolo di **U** e di **R<sub>T</sub>** di strati di spessore variabile si rimanda all'APPENDICE C

## La trasmittanza termica risulta così definita:

Flusso di calore [W/m<sup>2</sup>K] che passa attraverso una struttura di 1 m<sup>2</sup> di superficie e con una differenza di temperatura tra i lati della struttura stessa pari ad 1K.



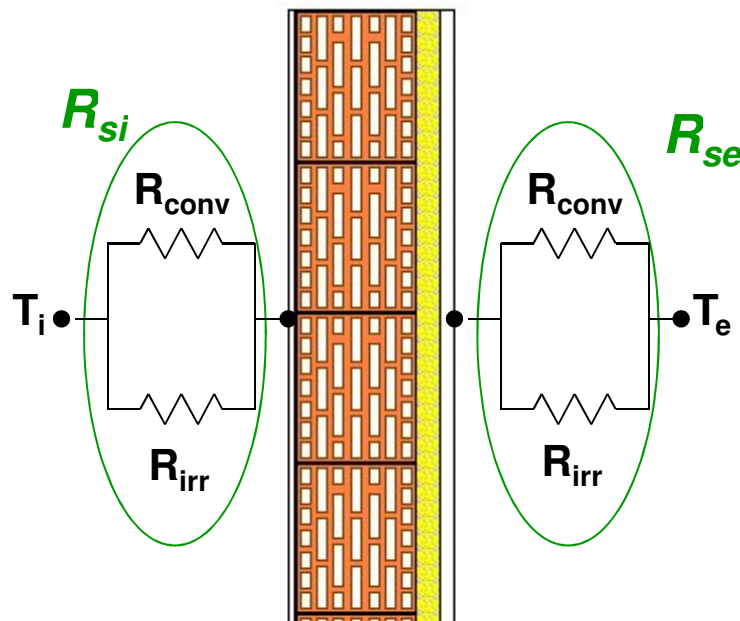
Per il calcolo di **U** e di **R<sub>T</sub>** di strati di spessore variabile si rimanda all'APPENDICE C

Strati omogenei

$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

$R_{si}$  = resistenza termica superficiale interna

$R_{se}$  = resistenza termica superficiale esterna



Una superficie esposta all'aria è soggetta simultaneamente scambio termico per convezione e per irraggiamento

Strati omogenei

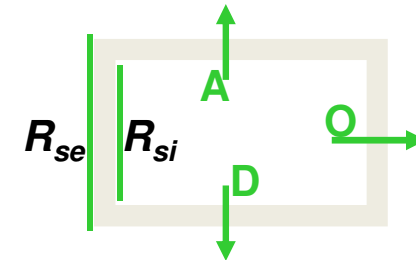
$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

$R_{si}$  = resistenza termica superficiale interna

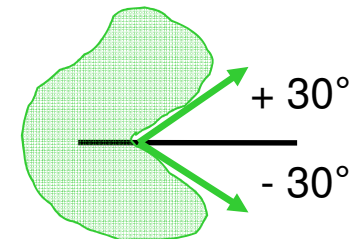
$R_{se}$  = resistenza termica superficiale esterna

In *condizioni normali* si possono usare i valori di **resistenza termica superficiale interna** ( $R_{si}$ ) e di **resistenza termica superficiale esterna** ( $R_{se}$ ) forniti dalla norma:

		Direzione del flusso termico		
		Ascendente	Orizzontale	Discendente
Resistenze superficiali	$R_{si}$	0,10	0,13	0,17
	$R_{se}$	0,04	0,04	0,04



- ✓ per quei casi in cui è richiesta la trasmittanza indipendentemente dal senso del flusso termico
- ✓ per flussi termici inclinati fino a  $\pm 30^\circ$  sull'orizzontale



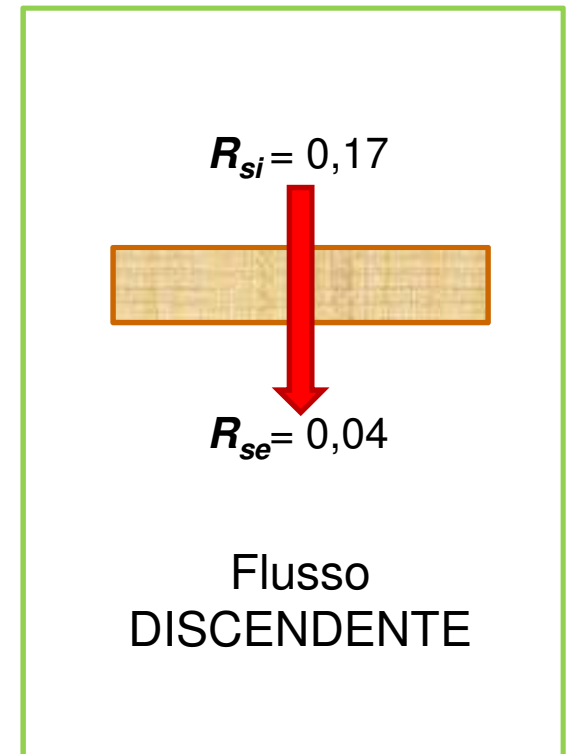
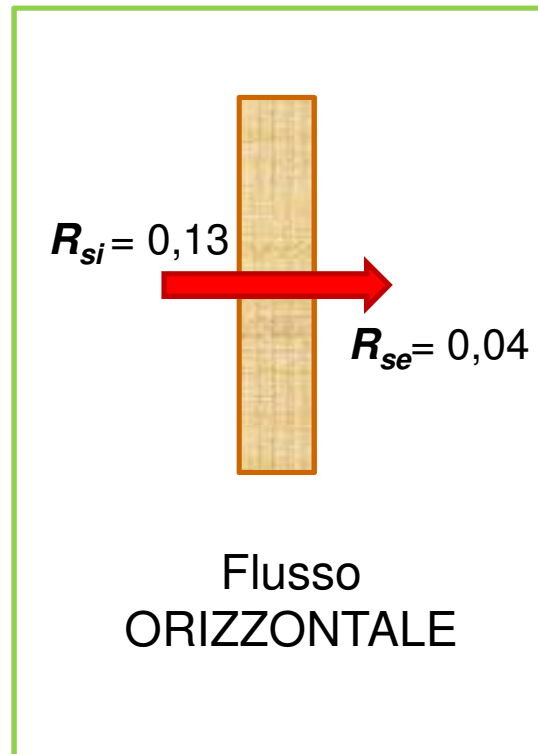
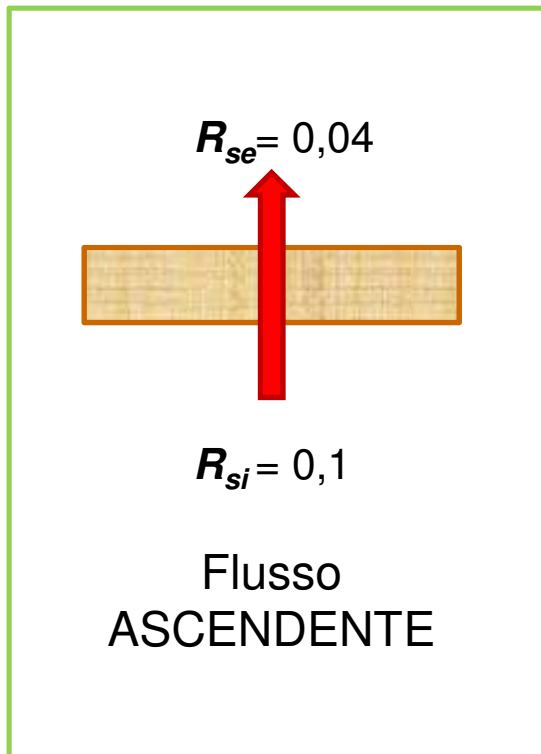


Strati omogenei

$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

$R_{si}$  = resistenza termica superficiale interna

$R_{se}$  = resistenza termica superficiale esterna



Strati omogenei

$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

$R_{si}$  = resistenza termica superficiale interna

$R_{se}$  = resistenza termica superficiale esterna

In *condizioni normali* si possono usare i valori di **resistenza termica superficiale interna** ( $R_{si}$ ) e di **resistenza termica superficiale esterna** ( $R_{se}$ ) forniti dalla norma:

		Direzione del flusso termico		
		Ascendente	Orizzontale	Discendente
Resistenze superficiali	$R_{si}$	0,10	0,13	0,17
	$R_{se}$	0,04	0,04	0,04

**CONDIZIONI NORMALI INTERNE**

$\varepsilon \rightarrow 0,9$

$h_{ro} \rightarrow$  relativo a  $20^\circ\text{C}$

**CONDIZIONI NORMALI ESTERNE**

$\varepsilon \rightarrow 0,9$

$h_{ro} \rightarrow$  relativo a  $0^\circ\text{C}$

$v \rightarrow 4 \text{ m/s}$

Strati omogenei

$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

$R_{si}$  = resistenza termica superficiale interna

$R_{se}$  = resistenza termica superficiale esterna

In *condizioni normali* si possono usare i valori di **resistenza termica superficiale interna** ( $R_{si}$ ) e di **resistenza termica superficiale esterna** ( $R_{se}$ ) forniti dalla norma:

		Direzione del flusso termico		
		Ascendente	Orizzontale	Discendente
Resistenze superficiali	$R_{si}$	0,10	0,13	0,17
	$R_{se}$	0,04	0,04	0,04

In *condizioni NON normali*:

- superficie a diversa emissività
- velocità del vento particolari
- superfici non piane

**APPENDICE A**

Strati omogenei

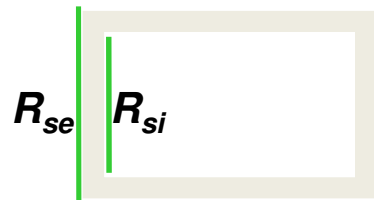
$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

$R_{si}$  = resistenza termica superficiale interna

$R_{se}$  = resistenza termica superficiale esterna

## APPENDICE A

La norma ci fornisce un metodo di calcolo per queste due resistenze superficiali facendo però la differenza tra due probabili situazioni:



Strati omogenei

$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

$R_{si}$  = resistenza termica superficiale interna

$R_{se}$  = resistenza termica superficiale esterna

## APPENDICE A

La norma ci fornisce un metodo di calcolo per queste due resistenze superficiali facendo però la differenza tra due probabili situazioni:

Superfici **piane**

$$R_{si,se} = \frac{1}{h_c + h_r}$$

Superfici con parti sporgenti

Strati omogenei

$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

$R_{si}$  = resistenza termica superficiale interna

$R_{se}$  = resistenza termica superficiale esterna

## APPENDICE A

La norma ci fornisce un metodo di calcolo per queste due resistenze superficiali facendo però la differenza tra due probabili situazioni:

Superfici **piane**

$$R_{si,se} = \frac{1}{h_c + h_r}$$

Superfici con parti sporgenti

		Direzione del flusso termico		
		Ascendente	Orizzontale	Discendente
Resistenze superficiali	$R_{si}$	0,10	0,13	0,17
	$R_{se}$	0,04	0,04	0,04

Strati omogenei

$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

$R_{si}$  = resistenza termica superficiale interna

$R_{se}$  = resistenza termica superficiale esterna

## APPENDICE A

La norma ci fornisce un metodo di calcolo per queste due resistenze superficiali facendo però la differenza tra due probabili situazioni:

Superfici piane

Superfici **con parti sporgenti**

$$R_{sp} = R_s \frac{A_p}{A}$$

Strati omogenei

$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

## APPENDICE A (Resistenza superficiale di superfici non piane)

Calcolo della **resistenza superficiale** ( $R_{sp}$ ) in presenza di una parte **sporgente** costituita da materiale con  $\lambda > 2 \text{ W/(mK)}$

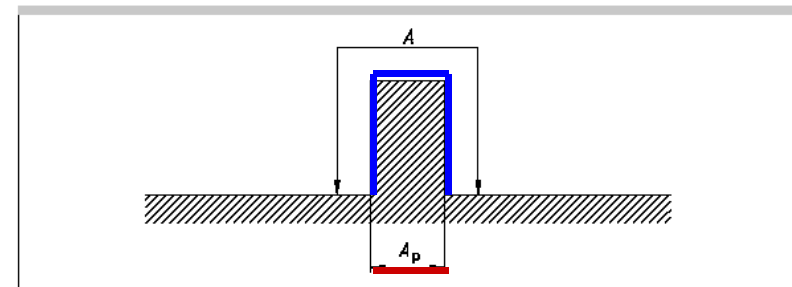
	Conducibilità
POLIURETANO	0,034
CALCESTRUZZO ALTA DENSITÀ	1,06
MALTA DI CEMENTO	1,40
MARMO	3,00

$$R_{sp} = R_s \frac{A_p}{A}$$

Resistenza superficiale	$R_{se}$	Direzione del flusso termico		
		Ascendente	Orizzontale	Discendente
		0,04	0,04	0,04

$A$  = area effettiva della parete sporgente

Arete reale e proiettata



$A_p$  = area della proiezione della parte sporgente



Strati omogenei

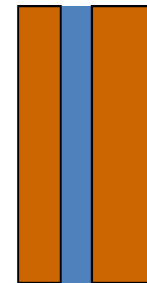
$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

Le ( $R_i$ ) sono le **resistenze termiche dei singoli strati** di un componente, questi strati possono essere costituiti da:

✓ materiali omogenei



✓ intercapedini d'aria



Strati omogenei

$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

Le ( $R_i$ ) sono le **resistenze termiche dei singoli strati** di un componente, questi strati possono essere costituiti da:

✓ **materiali omogenei**

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

spessore dello strato  
del componente

conducibilità termica utile  
ricavata da valori tabulati  
riportati ad esempio nella  
**UNI 10351**

e **UNI EN ISO 10456**

# La trasmittanza termica dell'involucro edilizio - La trasmittanza termica di strutture opache

NORMA ITALIANA

## Materiali da costruzione Conduttività termica e permeabilità al vapore

UNI 10351:1994  
/EC

DICEMBRE 1997

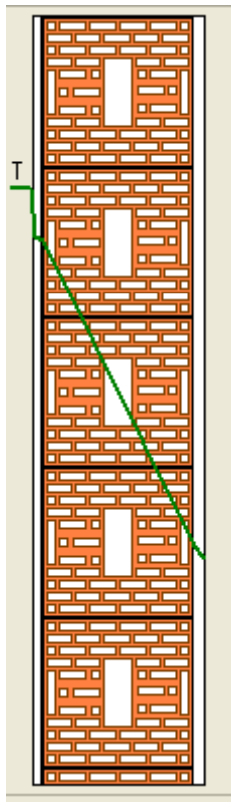
(segue del prospetto)

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>Pannelli e lastre varie</b>						
— lastre a base di perlite espanso, fibre e leganti bituminosi	190	$\cong 26$	$\cong 36$	0,069	20	0,071
— pannelli di fibre di legno duri ed extraduri (contenuto di umidità 10%)	800	$\cong 2,6$		0,12	20	0,14
	900			0,13		0,16
	1 000			0,15		0,18
— pannelli di lana di legno con leganti inorganici (contenuto di umidità 15%)	300	36 a 90		0,071	20	0,085
	350			0,076		0,091
	400			0,081		0,097
	500			0,091		0,11
— pannelli di spaccato di legno e leganti inorganici (contenuto di umidità 15%)	400			0,09	30	0,12
	500			0,11		0,14
	600			0,12		0,16
— pannelli di particelle (contenuto di umidità 10%)		1,8 a 3,6			20	
— pressati	500			0,083		0,10
	600			0,10		0,12
	700			0,13		0,15
— estrusi	700	$\cong 9$		0,14		0,17
— pannelli di legno compensato: usare per la conduttività i valori relativi ai legnami con cui sono prodotti	600	0,45 a 3,6				
— sughero (contenuto di umidità dal 2 al 4%)						

## Calcolo della trasmittanza di una chiusura verticale

Strati omogenei

$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$



	s	$\lambda$	C	R
	m	W/mK	W/m <sup>2</sup> K	m <sup>2</sup> k/W
<b>aria interna</b>				0.13
<b>1</b>	0.015	0.9		0.017
<b>2</b>	0.37		0.94	1.064
<b>3</b>	0.015	0.35		0.043
<b>aria esterna</b>				0.04
			<b>Rtot</b>	<b>1.29</b>
			<b>Utot</b>	<b>0.77</b>

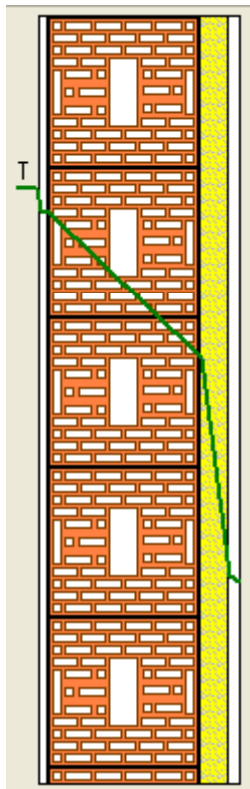
$$R_T = 0,13 + \frac{0,015}{0,90} + \frac{1}{0,94} + \frac{0,015}{0,35} + 0,04 = 1,29 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_T = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{1,29} = 0,77 \text{ W/m}^2\text{K}$$

## Calcolo della trasmittanza di una chiusura verticale

Strati omogenei

$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$



Trasmittanza per ottenere un EDIFICIO  
**ENERGETICAMENTE EFFICIENTE**

$$U=0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R=2,78 \text{ m}^2\text{K/W}$$

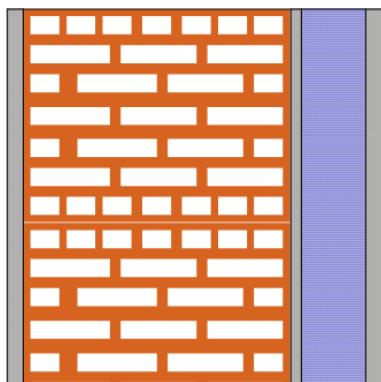
$$\Delta R=R_{fin}-R_{in}=2,78-1,29=1,49 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$d = \Delta R \cdot \lambda = 1,49 \cdot 0,039 = 0,058 \text{ m} \quad \text{d} = \mathbf{6 \text{ cm}}$$

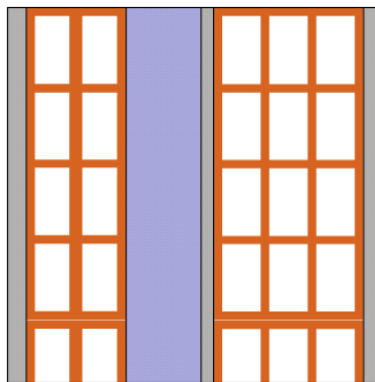
Lana di roccia

**Che trasmittanza hanno queste strutture?**

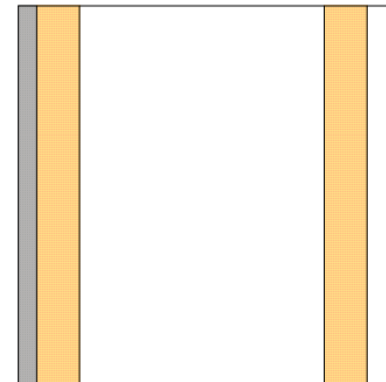
**Parete 1**



**Parete 2**

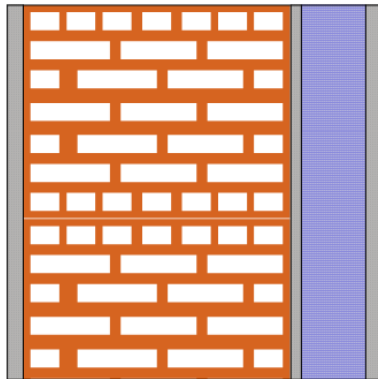


**Parete 3**



## Che trasmittanza hanno queste strutture?

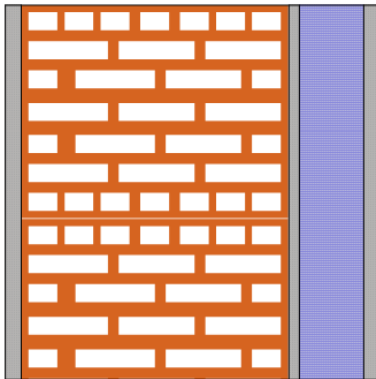
### Parete 1



	Spessore cm	Conducibilità W/m K	Resistenza m <sup>2</sup> K/W
Res.sup. INTERNA			
intonaco interno	1,50	1,00	
laterizio 25 cm	25,00	0,33	
Malta	1,00	0,91	
polistirene	8,00	0,04	
intonaco esterno	1,50	0,88	
Res.sup. ESTERNA			
<b>RESISTENZA TOTALE</b>			
<b>TRASMITTANZA TERMICA</b>			

## Che trasmittanza hanno queste strutture?

### Parete 1

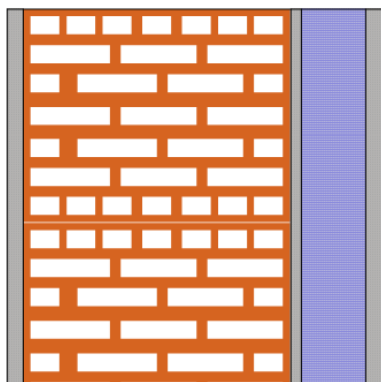


	Spessore cm	Conducibilità W/m K	Resistenza m <sup>2</sup> K/W
Res.sup. INTERNA			0,130
intonaco interno	1,50	1,00	0,015
laterizio 25 cm	25,00	0,33	0,769
Malta	1,00	0,91	0,011
polistirene	8,00	0,04	1,949
intonaco esterno	1,50	0,88	0,017
Res.sup. ESTERNA			0,040
<b>RESISTENZA TOTALE</b>			<b>2,931</b>
<b>TRASMITTANZA TERMICA</b>			<b>0,341</b>



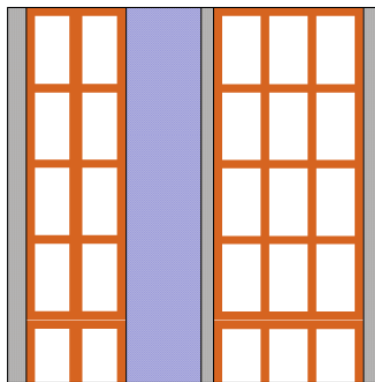
**Che trasmittanza hanno queste strutture?**

**Parete 1**

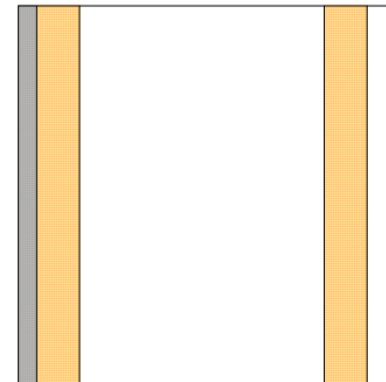


**0,341 W /m<sup>2</sup> K**

**Parete 2**

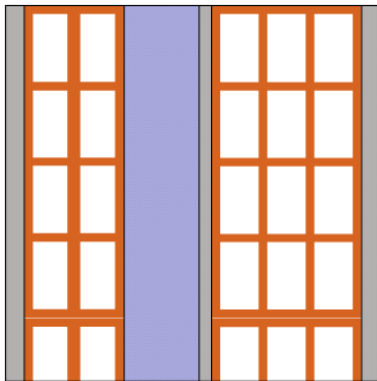


**Parete 3**



## Che trasmittanza hanno queste strutture?

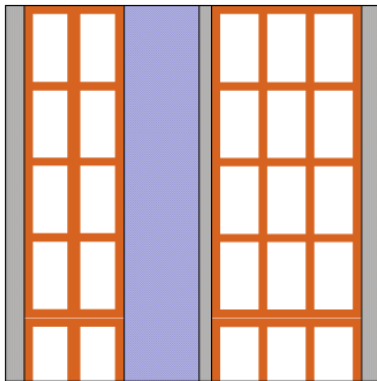
### Parete 2



	Spessore cm	Conducibilità W/m K	Resistenza m <sup>2</sup> K/W
Res.sup. INTERNA			
intonaco interno	1,50	1,00	
Matt. forato 8 cm	8,00	0,40	
Polistirene	9,00	0,04	
Matt. forato 12 cm	12,00	0,39	
intonaco esterno	1,50	0,88	
Res.sup. ESTERNA			
<b>RESISTENZA TOTALE</b>			
<b>TRASMITTANZA TERMICA</b>			

## Che trasmittanza hanno queste strutture?

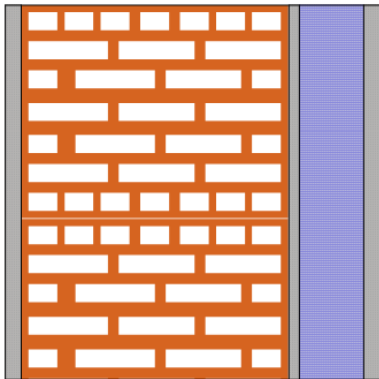
### Parete 2



	Spessore cm	Conducibilità W/m K	Resistenza m <sup>2</sup> K/W
Res.sup. INTERNA			0,130
intonaco interno	1,50	1,00	0,015
Matt. forato 8 cm	8,00	0,40	0,200
Polistirene	9,00	0,04	2,193
Matt. forato 12 cm	12,00	0,39	0,311
intonaco esterno	1,50	0,88	0,017
Res.sup. ESTERNA			0,040
<b>RESISTENZA TOTALE</b>			<b>2,906</b>
<b>TRASMITTANZA TERMICA</b>			<b>0,344</b>

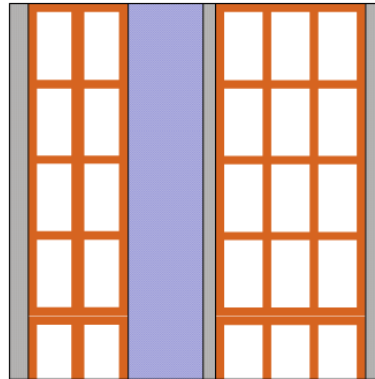
**Che trasmittanza hanno queste strutture?**

**Parete 1**



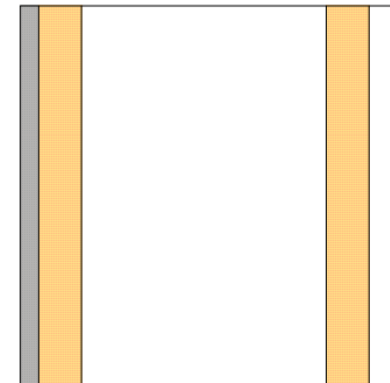
**0,341 W /m<sup>2</sup> K**

**Parete 2**



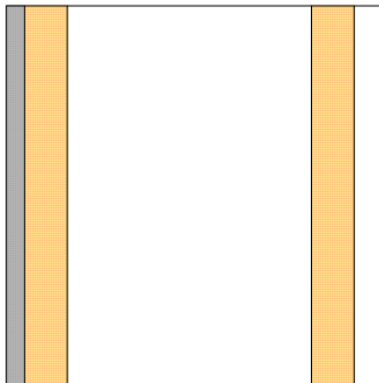
**0,344 W /m<sup>2</sup> K**

**Parete 3**



## Che trasmittanza hanno queste strutture?

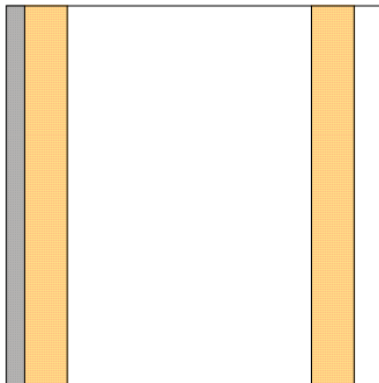
### Parete 3



	Spessore cm	Conducibilità W/m K	Resistenza m <sup>2</sup> K/W
Res.sup. INTERNA			
intonaco interno ges.	1,50	0,41	
Tavole	3,50	0,13	
Pannelli lana legno	10,00	0,051	
Tavole	3,50	0,13	
Riv. in legno	2,50	0,12	
Res.sup. ESTERNA			
<b>RESISTENZA TOTALE</b>			
<b>TRASMITTANZA TERMICA</b>			

## Che trasmittanza hanno queste strutture?

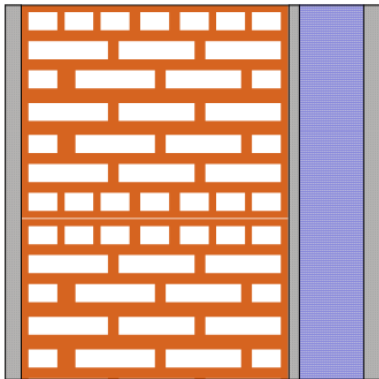
### Parete 3



	Spessore cm	Conducibilità W/m K	Resistenza m <sup>2</sup> K/W
Res.sup. INTERNA			0,130
intonaco interno ges.	1,50	0,41	0,037
Tavole	3,50	0,13	0,269
Pannelli lana legno	10,00	0,051	1,961
Tavole	3,50	0,13	0,269
Riv. in legno	2,50	0,12	0,208
Res.sup. ESTERNA			0,040
<b>RESISTENZA TOTALE</b>			<b>2,914</b>
<b>TRASMITTANZA TERMICA</b>			<b>0,343</b>

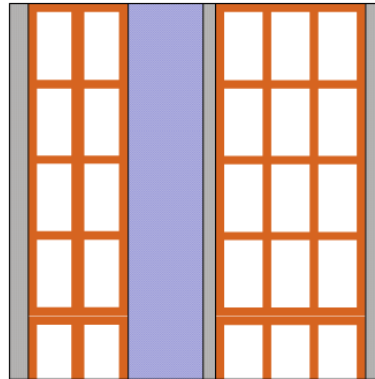
**Che trasmittanza hanno queste strutture?**

**Parete 1**



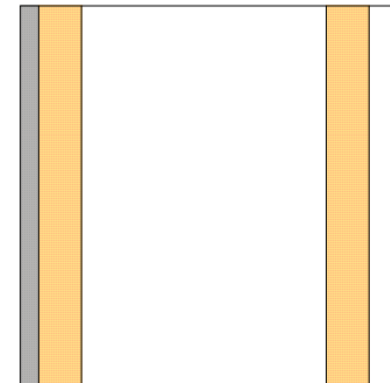
**0,341 W /m<sup>2</sup> K**

**Parete 2**



**0,344 W /m<sup>2</sup> K**

**Parete 3**



**0,343 W /m<sup>2</sup> K**

Strati omogenei

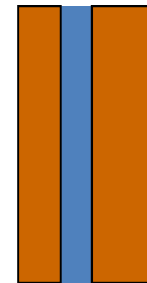
$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

Le ( $R_i$ ) sono le **resistenze termiche dei singoli strati** di un componente, questi strati possono essere costituiti da:

✓ materiali omogenei



✓ intercapedini d'aria





Strati omogenei

$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

Le ( $R_i$ ) sono le **resistenze termiche dei singoli strati** di un componente, questi strati possono essere costituiti da:

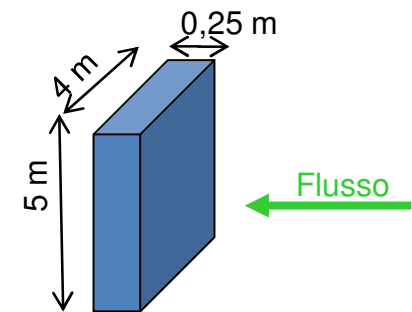
✓ se limitate da due facce effettivamente parallele e perpendicolari alla direzione del flusso termico, con un'emissività non minore di 0,8

✓ se lo spessore nella direzione del flusso termico è minore del 10% delle altre due dimensioni e comunque minore di 0,3 m; per dimensioni superiori si rimanda alla UNI EN ISO 13789:2001 (locale non riscaldato)

✓ se non scambino aria con l'ambiente interno

✓ **intercapedini d'aria**

Legno di faggio	0,94
Intonaco bianco	0,93
Muratura	0,80
Lana di roccia	0,75
Alluminio lucido	0,06



Se non sono soddisfatte queste condizioni bisogna utilizzare i procedimenti riportati in APPENDICE B

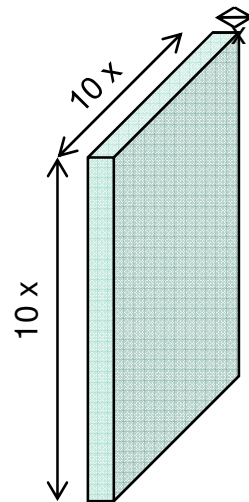
Strati omogenei

$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

## APPENDICE B (Resistenza di intercapedini d'aria non ventilate)

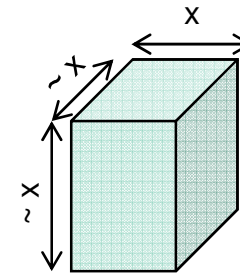
### LAME D'ARIA

Larghezza e Lunghezza  
*10 volte maggiori dello*  
Spessore



### CAVITÀ

Larghezza e Lunghezza  
*paragonabili allo*  
Spessore



Se varia, per il calcolo della resistenza deve essere considerato il valore medio

Strati omogenei

$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

## APPENDICE B (Resistenza di intercapedini d'aria non ventilate)

LAME D'ARIA

CAVITÀ

RESISTENZA TERMICA DELL'INTERCAPEDINE

$$R_g = \frac{1}{h_a + h_r}$$

Coefficiente di conduzione/convezione

Coefficiente d'irraggiamento

$$h_r = E h_{ro}$$

Valori del coefficiente di irraggiamento  $h_{ro}$  del corpo nero

Temperatura °C	$h_{ro}$ W/(m <sup>2</sup> · K)
-10	4,1
0	4,6
10	5,1
20	5,7
30	6,3

Emittanza tra le due superfici

$$E = \frac{1}{1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1}$$

Emissività emisferiche delle superfici che delimitano l'intercapedine

Strati omogenei

$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

## APPENDICE B (Resistenza di intercapedini d'aria non ventilate)

LAME D'ARIA

CAVITÀ

RESISTENZA TERMICA  
DELL'INTERCAPEDINE

$$R_g = \frac{1}{h_a + h_r}$$

Coefficiente  
d'irraggiamento

Coefficiente di  
conduzione/convezione

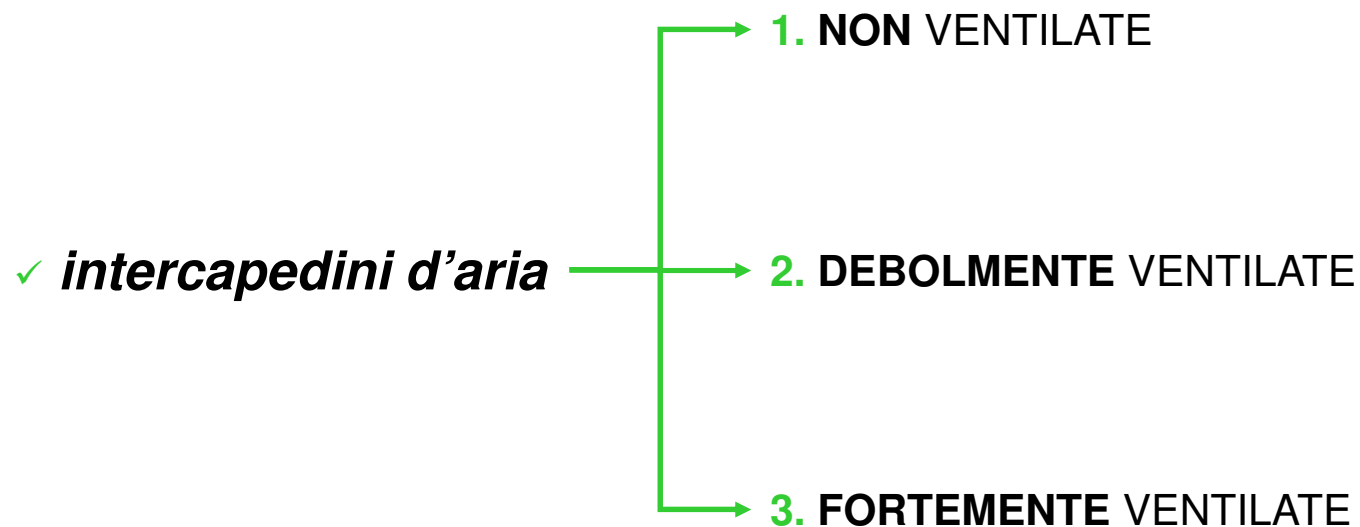
	$h_a$ il più grande tra i due valori	
ASCENDENTE	1,95 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,025/d W/(m <sup>2</sup> ·K)
ORIZZONTALE	1,25 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,025/d W/(m <sup>2</sup> ·K)
DISCENDENTE	0,12d <sup>-0,44</sup> W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,025/d W/(m <sup>2</sup> ·K)

d spessore dell'intercapedine d'aria nella direzione del flusso

Strati omogenei

$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

Le ( $R_i$ ) sono le **resistenze termiche dei singoli strati** di un componente, questi strati possono essere costituiti da:



Strati omogenei

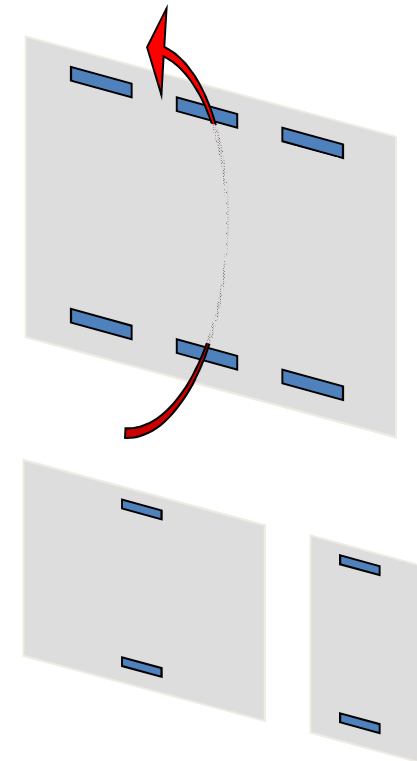
$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

Le ( $R_i$ ) sono le **resistenze termiche dei singoli strati** di un componente, questi strati possono essere costituiti da:

### 1. NON VENTILATE

intercapedine d'aria con delle aperture verso l'esterno viene definita non ventilata se:

- ✓ le aperture sono disposte in modo da non permettere un flusso d'aria attraverso l'intercapedine
- ✓ se le aperture non sono maggiori di 500 mm<sup>2</sup> per metro di lunghezza per intercapedini d'aria verticali
- ✓ se le aperture non sono maggiori di 500 mm<sup>2</sup> per metro quadrato di superficie (parete) per intercapedini d'aria orizzontali



Strati omogenei

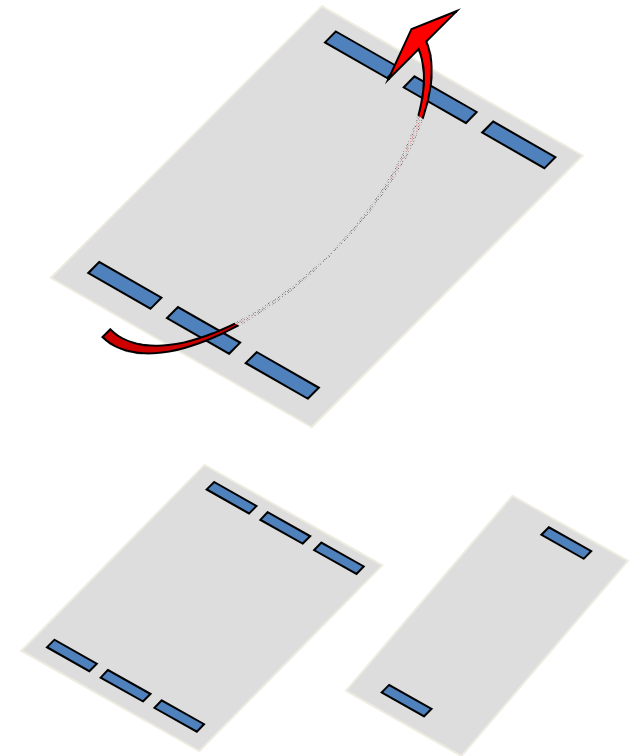
$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

Le ( $R_i$ ) sono le **resistenze termiche dei singoli strati** di un componente, questi strati possono essere costituiti da:

### 1. NON VENTILATE

intercapedine d'aria con delle aperture verso l'esterno viene definita non ventilata se:

- ✓ le aperture sono disposte in modo da non permettere un flusso d'aria attraverso l'intercapedine
- ✓ se le aperture non sono maggiori di 500 mm<sup>2</sup> per metro di lunghezza per intercapedini d'aria verticali
- ✓ se le aperture non sono maggiori di 500 mm<sup>2</sup> per metro quadrato di superficie (parete) per intercapedini d'aria orizzontali



Strati omogenei

$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

Le ( $R_i$ ) sono le **resistenze termiche dei singoli strati** di un componente, questi strati possono essere costituiti da:

## 1. NON VENTILATE

Le resistenze sono fornite dal PROSPETTO 2

Resistenza termica (in  $m^2 \cdot K/W$ ) di intercapedini d'aria non ventilate: superfici ad alta emissività

Spessore intercapedine d'aria mm	Senso del flusso termico		
	Ascendente	Orizzontale	Discendente
0	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,11	0,11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,15	0,15	0,15
15	0,16	0,17	0,17
25	0,16	0,18	0,19
50	0,16	0,18	0,21
100	0,16	0,18	0,22
300	0,16	0,18	0,23

Nota - I valori intermedi possono essere ottenuti per interpolazione lineare.

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0,9$$

$h_{ro}$  relativo a  $10^\circ C$

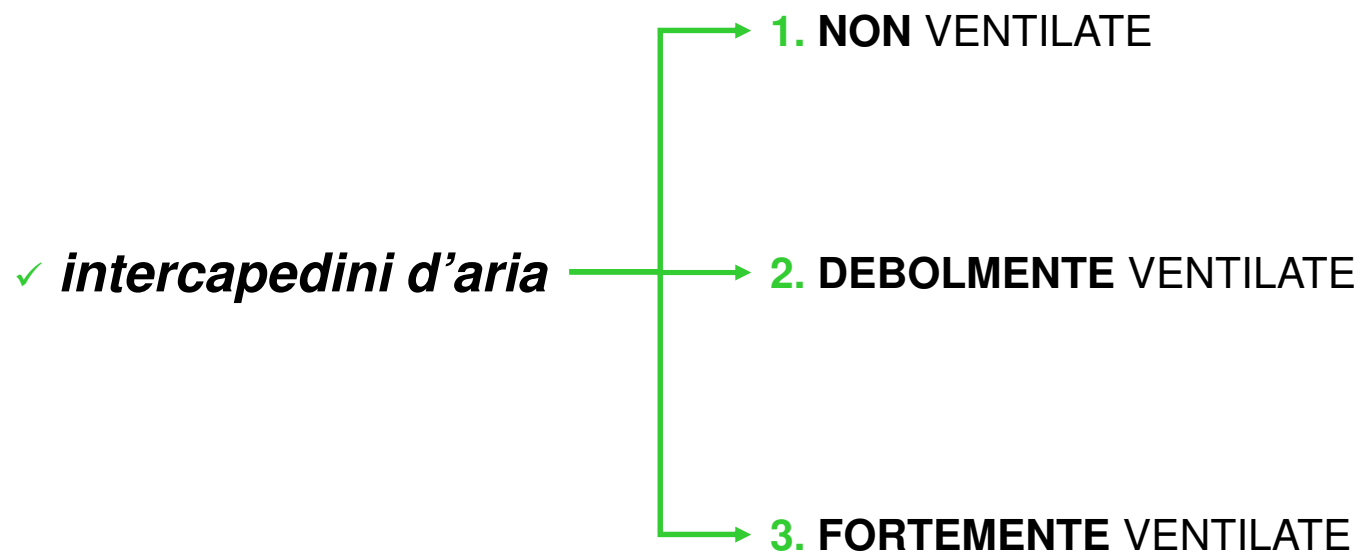
I valori intermedi devono essere ottenuti per interpolazione lineare o come si è appena visto



Strati omogenei

$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

Le ( $R_i$ ) sono le **resistenze termiche dei singoli strati** di un componente, questi strati possono essere costituiti da:



Strati omogenei

$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

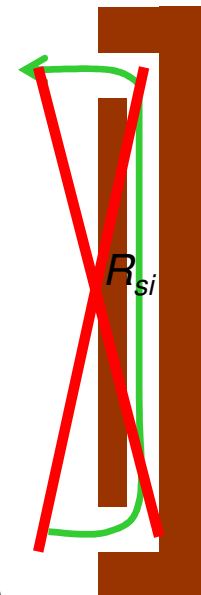
Le ( $R_i$ ) sono le **resistenze termiche dei singoli strati** di un componente, questi strati possono essere costituiti da:

### 3. FORTEMENTE VENTILATE

Sono così chiamate le intercapedini in cui le aperture sono maggiori di :

- ✓ 1500mm<sup>2</sup> per metro di lunghezza per intercapedini d'aria verticali
- ✓ 1500mm<sup>2</sup> per metro quadrato di superficie (parete) per intercapedini d'aria orizzontali

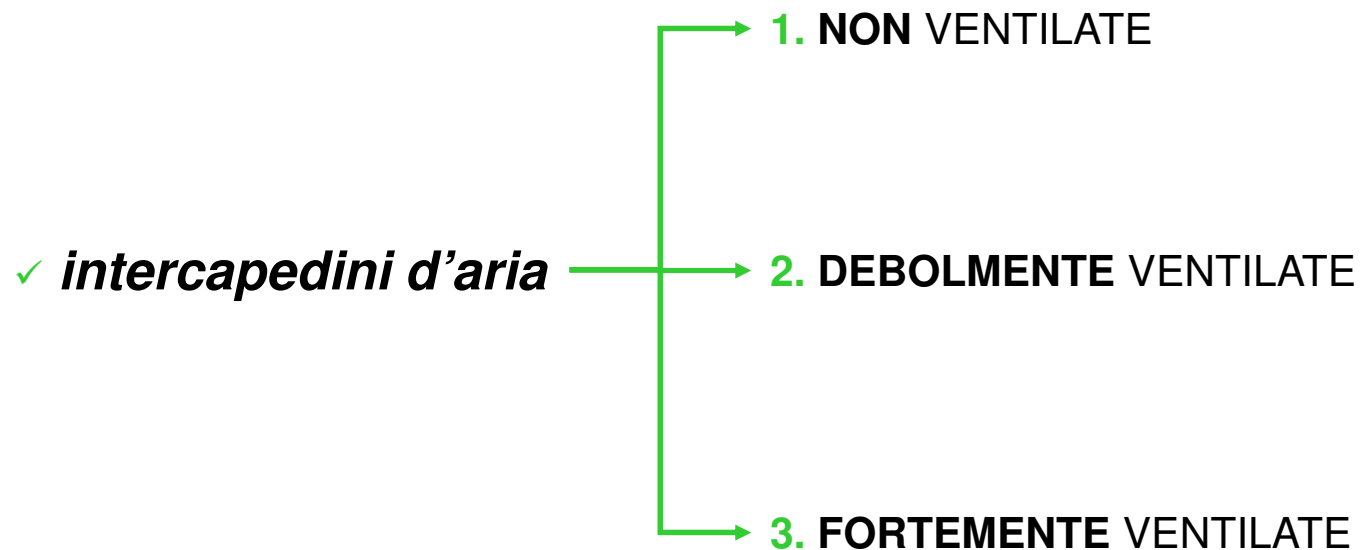
in questi casi viene **trascurata la resistenza termica dell'intercapedine d'aria** e di tutti gli strati che lo separano dall'ambiente esterno e includendo una **resistenza termica superficiale esterna corrispondente all'aria immobile** ( $R_{si}$ )



Strati omogenei

$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

Le ( $R_i$ ) sono le **resistenze termiche dei singoli strati** di un componente, questi strati possono essere costituiti da:



Strati omogenei

$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

Le ( $R_i$ ) sono le **resistenze termiche dei singoli strati** di un componente, questi strati possono essere costituiti da:

## 2. DEBOLMENTE VENTILATE

Si definiscono in questo modo le intercapedini in cui vi è un passaggio d'aria limitato, proveniente dall'ambiente esterno attraverso aperture aventi le seguenti caratteristiche:

- ✓  $500\text{mm}^2 <$  aperture  $< 1500\text{mm}^2$  per metro di lunghezza per intercapedini d'aria verticali
- ✓  $500\text{mm}^2 <$  aperture  $< 1500\text{mm}^2$  per metro quadrato di superficie per intercapedini d'aria orizzontali

Strati omogenei

$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

Le ( $R_i$ ) sono le **resistenze termiche dei singoli strati** di un componente, questi strati possono essere costituiti da:

## 2. DEBOLMENTE VENTILATE

L'effetto della ventilazione dipende dalla dimensione e dalla distribuzione delle aperture, un **valore approssimativo** della **resistenza termica** di tale componente può essere:

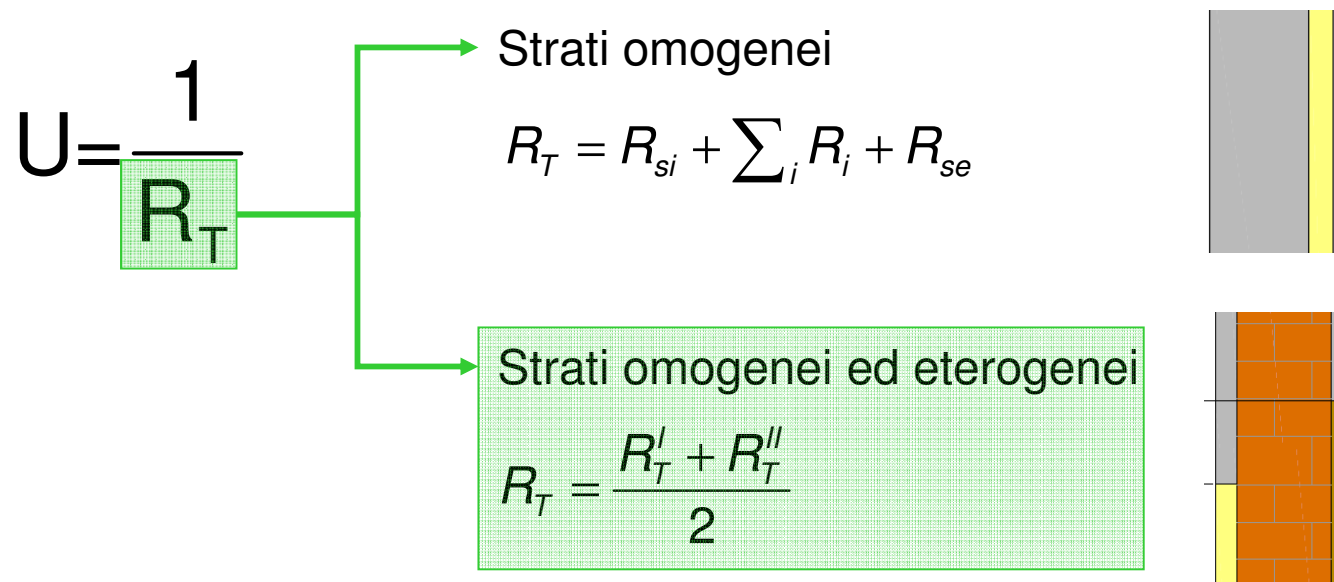
$$R_T = \frac{1500 - A_v}{1000} \cdot R_{T,u} + \frac{A_v - 500}{1000} \cdot R_{T,v}$$

$R_{T,u}$  è la resistenza totale del componente in presenza di un'intercapedine non ventilata

$R_{T,v}$  è la resistenza totale del componente in presenza di un'intercapedine fortemente ventilata

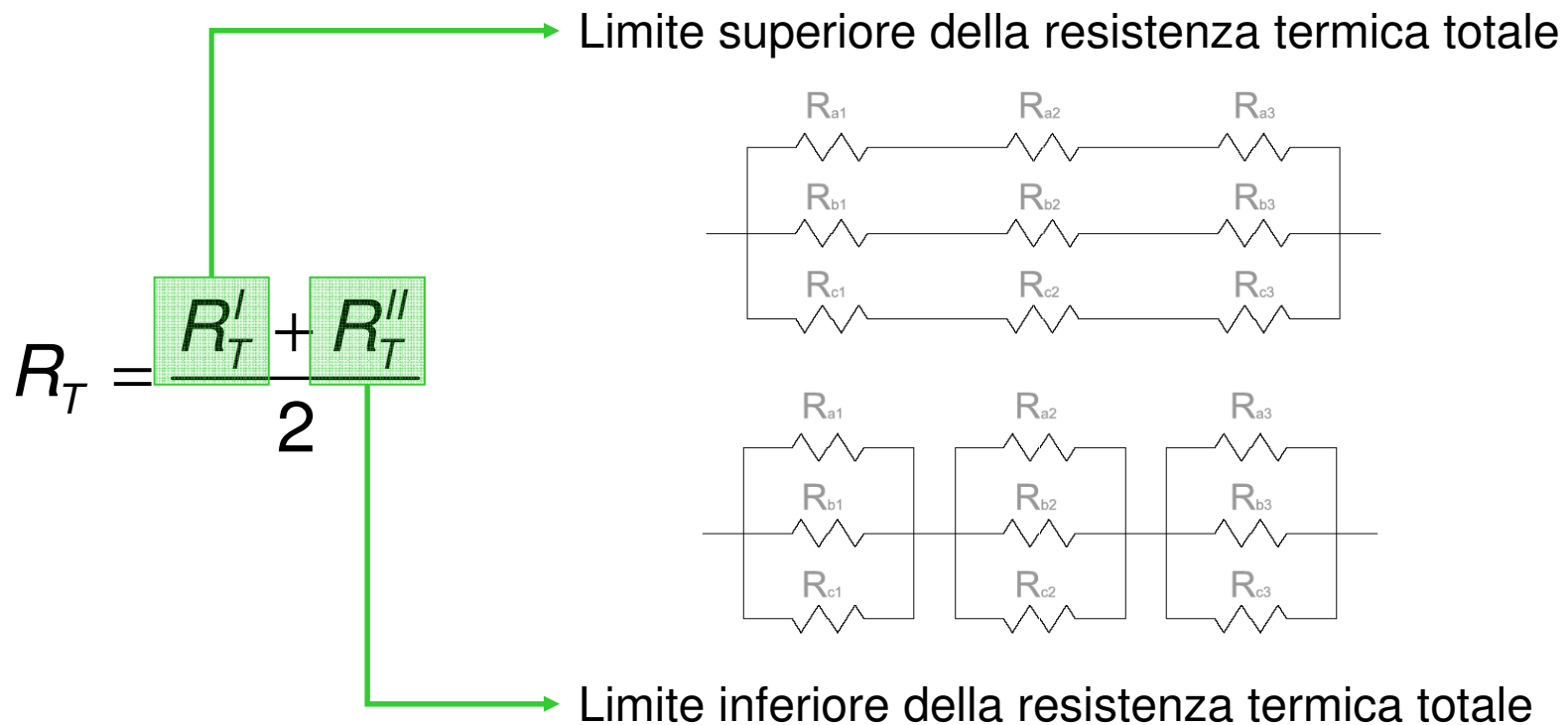
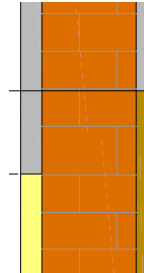
La trasmittanza termica risulta così definita:

Flusso di calore che passa attraverso una struttura di 1 m<sup>2</sup> di superficie e con una differenza di temperatura tra i lati della struttura stessa pari ad 1K [W/m<sup>2</sup>K].



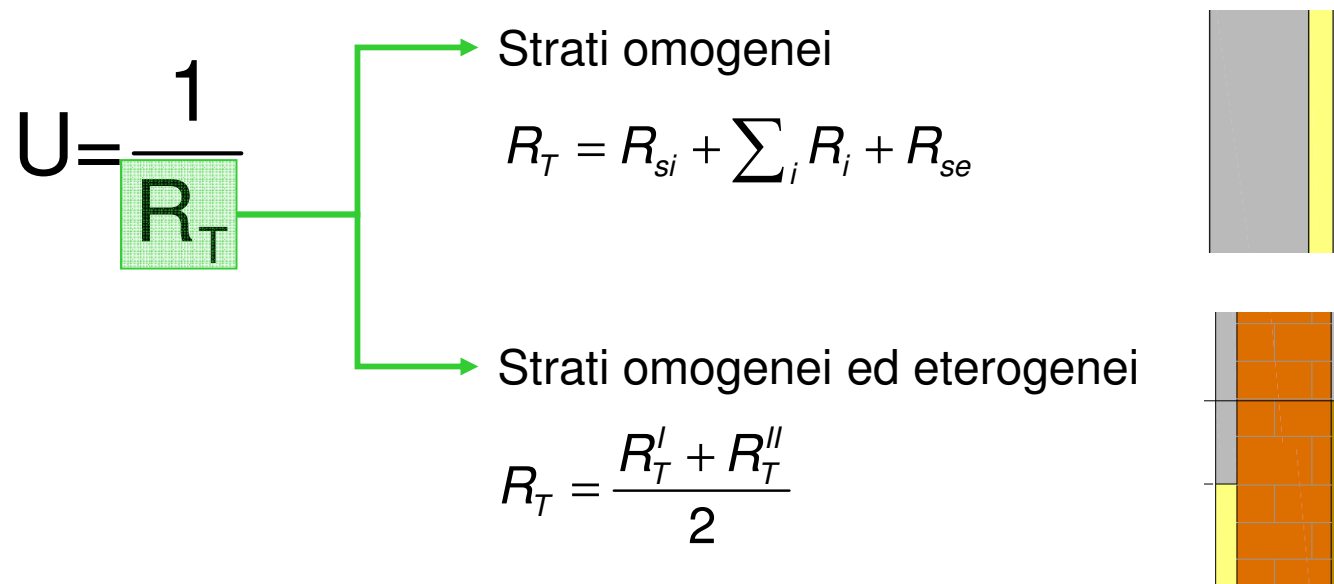
Per il calcolo di **U** e di **R<sub>T</sub>** di strati di spessore variabile si rimanda all'APPENDICE C

## La trasmittanza termica di strutture eterogenee:



La trasmittanza termica risulta così definita:

Flusso di calore che passa attraverso una struttura di 1 m<sup>2</sup> di superficie e con una differenza di temperatura tra i lati della struttura stessa pari ad 1K [W/m<sup>2</sup>K].

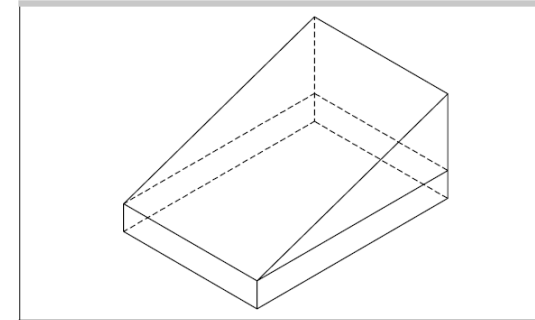


Per il calcolo di **U** e di **R<sub>T</sub>** di strati di spessore variabile si rimanda all'APPENDICE C



**strati di spessore variabile (pendenza  $\leq 5\%$ )**

Si parla di strati di spessore variabile quando si ha a che fare per esempio con un sottotetto in presenza di **massetto delle pendenze**



Se ci troviamo di fronte ad un caso complesso dobbiamo scomporlo in **sottosistemi elementari**, ad esempio in questo modo:

