

# Fabbisogno termico estivo

- ▶ Nelle stagioni estive la forte variazione diurna dell'irraggiamento solare determina condizioni di carico termico anch'esse variabili e fa sì che la struttura interferisca nello scambio termico tra interno ed esterno non solo attraverso le sue "proprietà" isolanti ma anche attraverso la sua "inerzia" (capacità) termica.
- ▶ È quindi necessario valutare il fabbisogno di potenza di raffrescamento per ogni singolo ambiente e per l'edificio nel suo complesso in più ore del giorno, individuando le condizioni di picco. ⇒ **CONDIZIONI DINAMICHE**
- ▶ Potremo così valutare il fabbisogno dei singoli ambienti e la potenza del gruppo frigorifero (quest'ultima corrispondente al carico termico di picco per l'intero edificio).

Nota : il picco di carico termico trasferito verso i locali non corrisponde al momento di massimo irraggiamento solare. Le strutture, con la loro inerzia termica, causano un ritardo nel trasferimento di energia verso l'interno (sfasamento).

## Osservazioni riguardanti il regime estivo

- 1) Ingressamento solare è un contributo rilevante e, nel caso in cui la superficie vetrata sia consistente, talvolta preponderante al carico termico
- 2) Lo scambio termico per convezione con l'aria esterna è in genere un contributo minoritario
- 3) La complessità del modello matematico per i calcoli del carico termico estivo si riduce adottando la cosiddetta Temperature Sole-aria.

# Fabbriquo termico totale:

app. protetto illuminazione  
+ disp. elettrici

$$\dot{Q}_T = \dot{Q}_{st} + \dot{Q}_{so} + \dot{Q}_d + \dot{Q}_{el} + \dot{Q}_{me} + \dot{Q}_p + \dot{Q}_v$$

↑  
pot. termico in ingresso  
altro verso sup. trasp.

↑  
pot. termico ingresso  
altro verso sup. opache

↑  
pot. termico  
scambiato con  
locali confinanti  
non condizionati

↑  
occupanti

↑  
pot. termico  
ventilazione  
up

# La temperatura esterna $t_e$ :

Nell'arco diurno la  $t_e$  può essere valutata (UNI 10349) con:

$$t_e = t_{\max} - F(\tau) \cdot \Delta t_{\max}$$

ove:

$t_{\max}$  = massima temperatura giornaliera aria esterna;

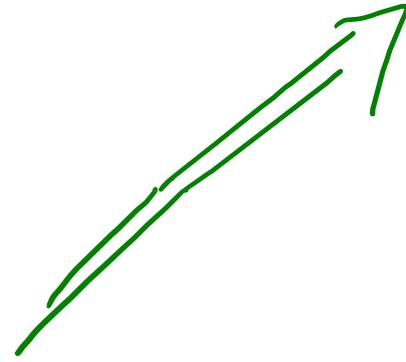
$\Delta t_{\max}$  = escursione giornaliera della temperatura aria esterna;

$F(\tau)$  = fattore orario di distribuzione della temperatura (cfr. tabella).

<b>Ora</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>F(<math>\tau</math>)</b>	0.87	0.92	0.96	0.99	1	0.98	0.93	0.84	0.71	0.56	0.39	0.23
<b>Ora</b>	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<b>F(<math>\tau</math>)</b>	0.11	0.03	0	0.03	0.10	0.21	0.34	0.47	0.58	0.68	0.6	0.82

# Q<sub>so</sub>

$$\dot{Q}_{so} = UA \boxed{\Delta t_e}$$



"differenza di temperatura equivalente".  
Dipende da  $t_i$ , esposizione e orientazione,  
latitudine, temperatura esterna massima ed  
escursione termica,  
ora del giorno, colore della superficie,  
capacità termica, area delle pareti, ...

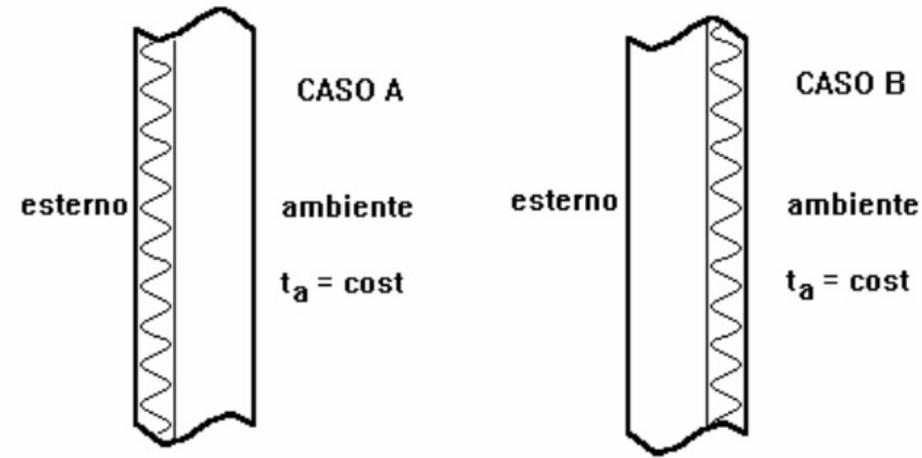
Considera in modo approssimato  
l'accumulo di energia all'interno  
delle pareti/coperture

Alcune tabelle (vedi un esempio qui di seguito) riportano valori orari di  $\Delta t_{eq}$  ( $\tau$ ) calcolati in corrispondenza al **21 Luglio**, data di riferimento per il dimensionamento degli impianti di condizionamento. Le tabelle suddette sono, a rigori, **valide solo** per le **tipologie** cui si riferiscono e tengono conto dell'esposizione, della massa specifica della parete [ $kg/m^2$ ] e del colore della parete.

differenze di temperatura equivalenti per le pareti verticali ( $^{\circ}C$ )

esposizione	peso col muro ( $kg/m^2$ )	ora solare										
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Est	100	0,2	9,2	16,4	18,1	19,7	19,2	17,4	10,8	6,4	6,9	7,4
	300	-0,8	-0,8	-0,3	11,3	16,4	15,9	16,9	10,2	7,4	6,9	6,4
	500	2,5	2,5	3,0	4,2	7,4	10,8	13,1	13,6	13,1	10,8	9,7
	700	5,8	5,3	5,3	4,7	4,2	4,7	5,3	8,1	9,7	10,2	9,7
Sud	100	-0,8	-1,4	-2,5	0,2	1,9	7,4	11,9	14,7	16,8	15,2	14,1
	300	-0,8	-1,9	-2,5	-1,9	-1,4	3,6	6,4	10,8	13,1	13,6	14,1
	500	1,9	1,9	0,8	0,8	0,8	1,3	1,9	4,1	6,4	8,1	8,5
	700	3,6	3,0	3,0	2,5	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	3,6	5,3
Ovest	100	-1,4	-1,9	-2,5	-1,4	-0,3	1,3	3,0	7,4	10,8	17,5	21,9
	300	0,8	0,2	-0,3	-0,3	-0,3	0,8	1,9	3,6	5,3	10,2	14,1
	500	3,6	3,6	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,6	4,7	5,3	6,4
	700	6,4	5,8	5,3	4,7	4,2	4,2	4,2	4,7	5,3	5,3	5,3
Nord (ombra)	100	-1,9	-1,9	-2,5	-1,9	-1,4	0,2	1,9	4,2	5,3	6,4	7,4
	300	-1,5	-1,9	-2,5	-1,9	-1,4	-0,8	-0,3	1,3	3,0	4,2	5,3
	500	0,2	0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	0,2	0,8	1,3	1,9
	700	0,2	0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	0,3	0,8

Per ribadire il concetto or ora esposto, e cioè che le tabelle relative alle differenze di temperatura equivalenti sono valide solo per le tipologie cui si riferiscono, si può fare riferimento a due casi riportati in figura.



Le pareti (**caso A** e **caso B**) sono costituite da due strati, uno pesante ( ad esempio calcestruzzo) e l'altro leggero (isolante termico) come mostrato nella figura. Come si può osservare le due pareti si differenziano solamente per la disposizione dello strato isolante sul lato esterno (**caso A**) e sul lato interno (**caso B**) e quindi le due pareti verranno ad essere anche caratterizzate dalla stessa trasmittanza  $K_A = K_B$  che non dipende dalla disposizione degli strati. In regime variabile, tuttavia, le due tipologie si comportano diversamente. Ciò è comprensibile considerando che un setto in calcestruzzo sul lato interno della parete (caso A) esplica un'azione di *volano termico* sulle oscillazioni di temperatura  $t_{pi}$  maggiore di un materiale isolante in genere alquanto "leggero" (caso B). Per trattare correttamente questo problema tramite le differenze di temperatura equivalenti, occorrerà far uso di  $\Delta t_{eq}$  equivalenti **diverse**.

# Ancora qualche esempio e tabelle per il calcolo di $\Delta T_{eq}$ (see correction!)

## Differenze di Temperature equivalenti per il calcolo del carico termico estivo

Tabella IV: Valutazione differenze di temperature equivalenti per pareti verticali opache (Ora solare  $\Delta T_{equiv}$  per muri di colore scuro, mese di LUGLIO, escursione termica giornaliera 11°C,  $T_{a,e} = 34^\circ\text{C}$  e  $T_{a,i} = 26^\circ\text{C}$ , 40° Latitudine NORD)

Parete rivolta a	Piano del muro (kg/m <sup>2</sup> ) (1)	Ora solare																								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nord-Est	100	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3
	200	0,4	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
	300	0,6	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
Est	100	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3
	200	0,4	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
	300	0,6	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
Sud-Est	100	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3
	200	0,4	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
	300	0,6	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
Sud	100	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3
	200	0,4	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
	300	0,6	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
Sud-Ovest	100	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3
	200	0,4	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
	300	0,6	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
Ovest	100	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3
	200	0,4	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
	300	0,6	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
Nord-Ovest	100	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3
	200	0,4	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
	300	0,6	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
Nord	100	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3
	200	0,4	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
	300	0,6	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5

Per tetti di colore scuro, nelle stesse condizioni della Tabella IV, i valori di  $\Delta T_{equiv}$  sono riportati nella tabella V.

Tabella V: Valutazione differenze di temperature equivalenti per Tetti (Ora solare  $\Delta T_{equiv}$  per Tetti di colore scuro, mese di LUGLIO, escursione termica giornaliera 11°C,  $T_{a,e} = 34^\circ\text{C}$  e  $T_{a,i} = 26^\circ\text{C}$ , 40° Latitudine NORD)

Tetto	Piano del tetto (kg/m <sup>2</sup> ) (1)	Ora solare																								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
In ombra	100	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
	200	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
	300	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3
Intorno di acqua	100	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
	200	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
	300	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3
Intorno di acqua	100	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
	200	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
	300	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3

Tabella V: Correzione alle Tabelle IV e V (fornita in ausilio agli allievi).

Tab. 20 - Correzioni da apportare alle differenze di temperatura equivalente, al variare dell'escursione termica giornaliera  $\Delta t_e$  [°C] e della differenza  $\Delta t_a$  [°C] tra la temperatura esterna massima e la temperatura interna.

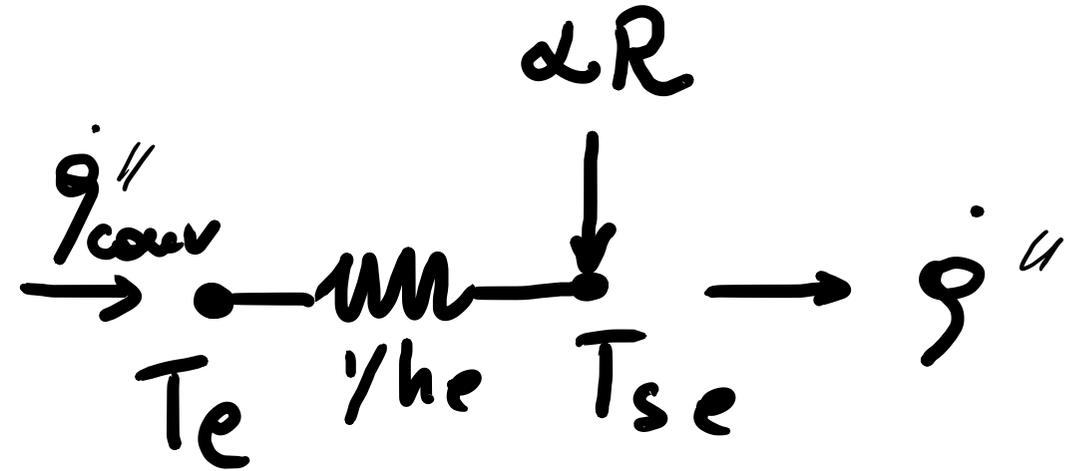
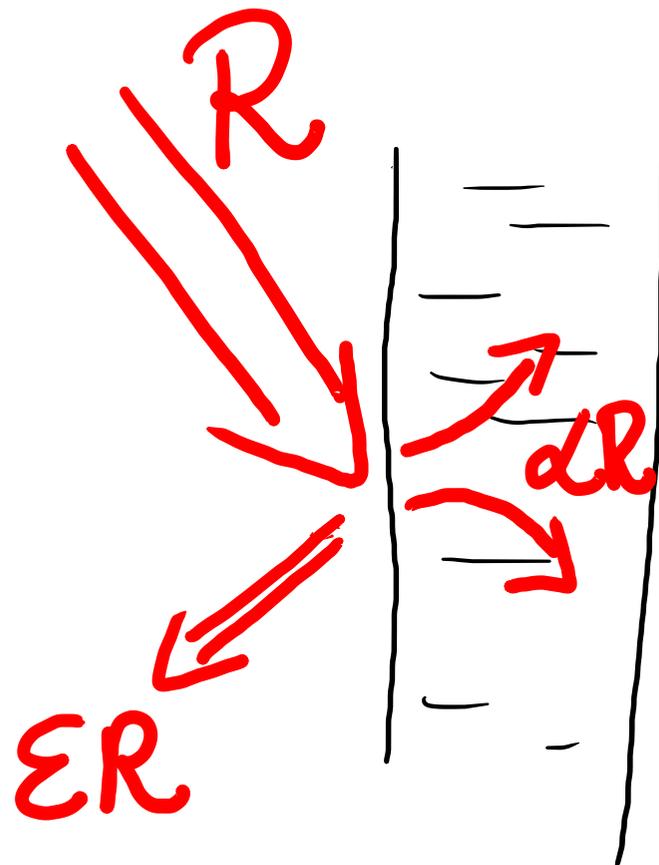
$\Delta t_a$	$\Delta t_e$												
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
3	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-4,0	-4,5	-5,0	-5,5	-6,0	-6,5	-7,0	-7,5	-8,0
4	-1,0	-1,5	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-4,0	-4,5	-5,0	-5,5	-6,0	-6,5	-7,0
5	0	-0,5	-1,0	-1,5	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-4,0	-4,5	-5,0	-5,5	-6,0
6	1,0	0,5	0	-0,5	-1,0	-1,5	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-4,0	-4,5	-5,0
7	2,0	1,5	1,0	0,5	0	-0,5	-1,0	-1,5	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-4,0
8	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0	-0,5	-1,0	-1,5	-2,0	-2,5	-3,0
9	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0	-0,5	-1,0	-1,5	-2,0
10	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0	-0,5	-1,0
11	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0
12	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0

Avendo Napoli, una escursione giornaliera di 10.5 °C e un  $\Delta t_a$  pari a 6 °C (32 esterni – 26 interni), il valore correttivo, interpolato, è -1.75.

Tali valori fanno riferimento ad una temperatura dell'aria esterna di 34 °C ed una della aria interna di 26 °C, con un'escursione giornaliera di 11 °C relativamente al mese di Luglio.  
In condizioni diverse da quelle citate occorrerà apportare le correzioni calcolate come da tabella di aiuto.

$T_{sol-Air}$

$$T_{sol-air} \equiv T_e + \frac{\alpha R}{h_e}$$



$$\dot{q}'' = \alpha R + h_e (T_e - T_{se})$$

$$\equiv h_e (T_{sol-Air} - T_{se})$$

$\leftarrow$   $\equiv$  è una definizione di  $T_{sol-Air}$

$$T_{sol-Air} = T_e + \frac{\alpha R}{h_e}$$

come da definizione!  $\nabla$

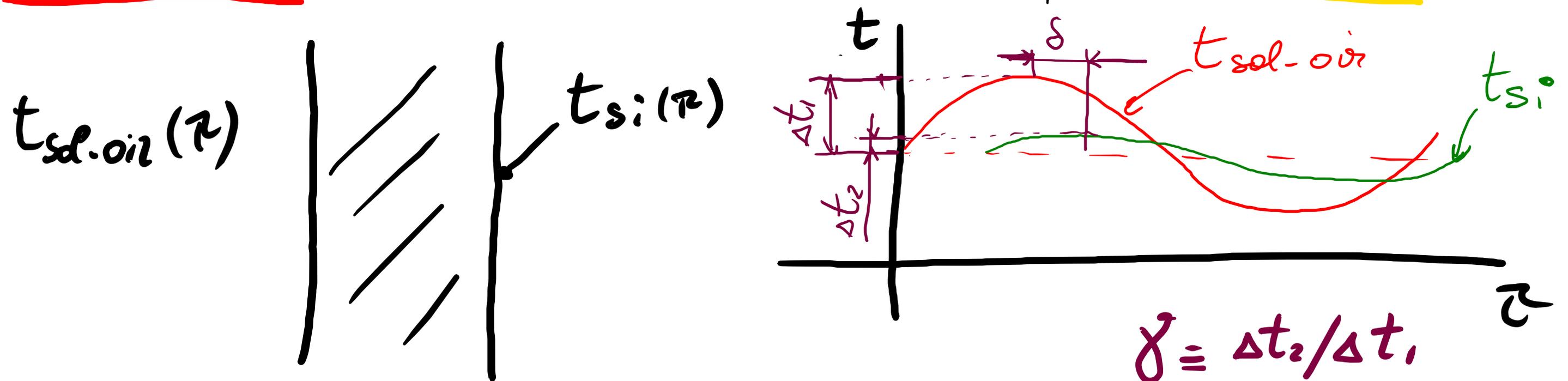
Potranno quindi esprimere il flusso termico  
in modo più semplice come:

$$\dot{q}'' = h_e (T_{\text{sol. Air}} - T_{\text{se}})$$

Nota:  $T_{\text{sol. Air}}$  non considera l'inerzia termica  
della struttura. È solo un modo per trattare  
l'irraggiamento assorbito da una superficie opaca  
come se fosse uno scambio termico per convezione.

# Digressione sulle differenze di temperatura equivalente

- Obiettivo: comprendere intuitivamente il significato di  $\Delta t_{eq}$ .
- Smorzamento  $\gamma$ : rapporto tra l'ampiezza di oscillazione di  $t_{si}$  e l'ampiezza di oscillazione di  $t_{sol-air}$ .
- Sfasamento  $\delta$ : ritardo nel picco di  $t_{si}$  rispetto al picco di  $t_{sol-air}$ .



Si può dimostrare che il flusso termico trasferito all'interno, calcolato in ogni istante  $\tau$  come  $\frac{t_{s_i} - t_i}{R_{s_i}}$ , è ottenibile come somma di un

flusso medio, dato da

$$U(\bar{T}_{s_{d-ov}} - t_i)$$

e di un contributo variabile che si esprime come

$$U(t_{s_{d-ov}}(\tau - \delta) - \bar{T}_{s_{d-ov}}(\tau)) \cdot \delta$$

temperatura oro. sol.  
esterna che "genera"  
il flusso termico al  
tempo  $\tau$ . Spostamento  
veduto dall'interno della  
parete

↑  
surriscaldamento indotto  
dalla parete, che "riduce"  
l'ampiezza di oscillazione  
della temperatura esterna

Sommando i due contributi ottengo il flusso termico fornito all'interno casa:

$$q_i = U (\bar{T}_{rd-air} - t_i) + U \gamma (t_{rd-air} (\tau - \delta) - \bar{T}_{rd-air})$$

$$= U \left[ (\bar{T}_{rd-air} - t_i) + \gamma (t_{rd-air} (\tau - \delta) - \bar{T}_{rd-air}) \right]$$

movimento

$\Delta T_{eq}$

sfasamento

# Trasmittanza Termica periodica $\gamma_i$ (UNI EN ISO 13786:2005)

La trasmittanza termica periodica  $\gamma_i$  è il parametro più significativo otto o caratterizzare il comportamento di una struttura perimetrale opaca in regime periodico stabilizzato (ovvero protetto molto a lungo, tanto da perdere ogni ricordo del transitorio iniziale).

$$\text{Sia } \gamma_i'' = U(\bar{T}_e - t_i) + \hat{\phi}_i \cos(\omega t + \delta)$$

$$\omega : \text{ pulsazione, } \omega = \frac{2\pi}{T}, T = 24 \text{ h } (= 3600 \text{ s})$$

$\hat{\phi}_i$  : semi-ampiezza della variazione massima giornaliera del flusso termico trasferito all'interno.

$\delta$  : sfasamento temporale tra picco di oscillazione del flusso termico  $\gamma_i''$  e picco di oscillazione della temperatura esterna  $T_e$ .

$$t_{se} = \overline{T_{se}} + \hat{\Theta}_{se} \cos(\omega t)$$

Consideriamo le sole aliquote armoniche di  $g_i$  e  $T_{se} - \overline{T_{se}}$ :

$$\hat{\phi}_i \cos(\omega t + \delta)$$

$$\hat{\Theta}_{se} \cos(\omega t)$$

Consideriamo il rapporto tra le semi-amplitude di oscillazione:

$$Y_{ie} \equiv \frac{\hat{\phi}_i}{\hat{\Theta}_{se}}$$

Trasmissione dinamica

Trasmissione periodica.

Si definisce il **fattore di attenuazione**  $f_a \equiv \frac{\hat{\phi}_i}{U \hat{\Theta}_e} = \frac{Y_{ie}}{U}$

$f_a = 0 \Rightarrow \hat{\phi}_i = 0 \Rightarrow$  parete di cap. termica infinita

$f_a = 1 \Rightarrow \hat{\phi}_i = U \hat{\sigma}_e \Rightarrow$  parete di cap. termica nulla.

# Un po' di normativa . . . .

Il Decreto Ministeriale del 26 Giugno 2015, recante il Regolamento che definisce le metodologie di calcolo e i requisiti minimi per la prestazione energetica degli edifici e degli impianti termici, permette l'utilizzo di tecniche costruttive e di materiali aventi bassa massa, purché questi permettano di contenere le oscillazioni della temperatura degli ambienti, in funzione dell'andamento dell'irraggiamento solare. La massa infatti non è l'unico mezzo per garantire il benessere estivo: anche l'elevata resistenza termica o il ricorso a strutture con intercapedini ventilate possono garantire pari o migliori prestazioni rispetto alla massa.

La nuova impostazione del DM 26/06/2015 prevede che, tenendo fermi i limiti di trasmittanza termica (U) nelle varie zone climatiche e i valori di irradianza al suolo, già previsti dal D.Lgs. 192/05, si valutino parametri e prestazioni diverse per le pareti e le coperture che si trovano in tutte quelle aree con irradianza maggiore di  $290 \text{ W/m}^2$  nel mese di massima insolazione (ad esclusione della zona climatica F):

1. Per pareti verticali, non orientate a Nord, Nord/Ovest, Nord/Est, il progettista può scegliere se adottare strutture dotate di massa superficiale superiore ai  $230 \text{ kg/m}^2$  o strutture caratterizzate da un valore di trasmittanza termica periodica  $< 0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$ .
2. Per pareti opache orizzontali ed inclinate è invece previsto il solo rispetto del limite della trasmittanza termica periodica  $< 0.18 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

In sintesi:

- In tutte quelle zone (le aree più fredde) che non superano il limite di irradianza di  $290 \text{ W/m}^2$ , posso costruire strutture pesanti o strutture leggere, senza tenere in alcuna considerazione il correttivo del valore di trasmittanza termica periodica su esposto; in altri termini l'unico valore di cui dovrò tenere conto nel calcolo progettuale è il valore limite 2010 della trasmittanza a seconda del tipo di struttura e della mia zona climatica.
- Nelle aree con irradianza superiore a  $290 \text{ W/m}^2$ , se costruisco una parete pesante (cioè con massa superiore a  $230 \text{ kg/m}^2$ ), non devo tenere conto del correttivo del valore di trasmittanza termica periodica, ma solo del valore limite 2010 della trasmittanza termica (U) a seconda del tipo di struttura e della mia zona climatica.
- Nelle aree con irradianza superiore a  $290 \text{ W/m}^2$ , se costruisco una parete leggera (cioè con massa inferiore a  $230 \text{ kg/m}^2$ ), allora devo tenere conto del correttivo della trasmittanza termica periodica, che deve essere  $< 0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$ , oltre a rispettare il valore limite 2010 della trasmittanza termica (U).
- Nelle aree con irradianza superiore a  $290 \text{ W/m}^2$ , se costruisco una copertura, leggera o pesante che sia, oltre a tenere in conto il valore limite 2010 della trasmittanza termica (U), devo anche applicare il correttivo della trasmittanza termica periodica, che dovrà essere  $< 0.18 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



## La legislazione attuale

Il decreto n. 59 del 2 Aprile 009 all'articolo 2 definisce:

*Trasmittanza termica periodica YIE (W/m<sup>2</sup>K), è il parametro che valuta la capacità di una parete opaca di sfasare ed attenuare il flusso termico che la attraversa nell'arco delle 24 ore, definita e determinata secondo la norma UNI EN ISO 13786:2008 e successivi aggiornamenti.*

L'articolo 4, al comma 18 ne impone la valutazione:

[...]

*il progettista, al fine di limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e di contenere la temperatura interna degli ambienti, nel caso di edifici di nuova costruzione e nel caso di ristrutturazioni totali di edifici esistenti:*

[...]

*b) esegue, in tutte le zone climatiche ad esclusione della F, per le località nelle quali il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale, nel mese di massima insolazione estiva, I<sub>m,s</sub>, sia maggiore o uguale a 290 W/m<sup>2</sup>:*

*1) relativamente a tutte le pareti verticali opache con l'eccezione di quelle comprese nel quadrante nord-ovest / nord / nord-est, almeno una delle seguenti verifiche:*

- che il valore della massa superficiale M<sub>s</sub>, di cui al comma 22 dell'allegato A, sia superiore a 230 kg/mq;*
- che il valore del modulo della trasmittanza termica periodica (YIE), di cui al comma 4, dell'articolo 2, sia inferiore a 0,12 W/mq<sup>2</sup>K;*

*2) relativamente a tutte le pareti opache orizzontali ed inclinate che il valore del modulo della trasmittanza termica periodica YIE sia inferiore a 0,20 W/mq<sup>2</sup>K;*

[...]

Il discorso è stato ripreso anche nel decreto 26 giugno 2009, "Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici", al paragrafo 6.2 (solo ai fini della valutazione della qualità termica estiva dell'involucro edilizio):

*Congiuntamente all'applicazione delle metodologie di cui al paragrafo 5.2, punto 3, e con le limitazioni ivi previste, in alternativa alla metodologia di cui al paragrafo 6.1, si può procedere alla determinazione di indicatori quali: lo sfasamento (S), espresso in ore, ed il fattore di attenuazione (fa), coefficiente adimensionale. Il riferimento nazionale per il calcolo dei predetti indicatori è la norma tecnica UNI EN ISO 13786, dove i predetti parametri rispondono rispettivamente alle seguenti definizioni:*

- **fattore di attenuazione o fattore di decremento** è il rapporto tra il modulo della trasmittanza termica dinamica e la trasmittanza termica in condizioni stazionarie.*
- **sfasamento** è il ritardo temporale tra il massimo del flusso termico entrante nell'ambiente interno ed il massimo della temperatura dell'ambiente esterno.*

*Sulla base dei valori assunti da tali parametri si definisce la seguente classificazione valida per tutte le destinazioni d'uso:*

<b>Sfasamento (ore)</b>	<b>Attenuazione</b>	<b>Prestazioni</b>	<b>Qualità prestazionale</b>
$S > 12$	$Fa < 0,15$	ottime	I
$12 \geq S > 10$	$0,15 \leq Fa < 0,30$	buone	II
$10 \geq S > 8$	$0,30 \leq Fa < 0,40$	medie	III
$8 \geq S > 6$	$0,40 \leq Fa < 0,60$	sufficienti	IV
$6 \geq S$	$0,60 \leq Fa$	mediocri	V

*Nei casi in cui le coppie di parametri caratterizzanti l'edificio non rientrano coerentemente negli intervalli fissati in tabella, per la classificazione prevale il valore dello sfasamento.*

Un fantastico tool di calcolo online:

[https://trasmissione.stiferite.com/resistenza\\_termica.php](https://trasmissione.stiferite.com/resistenza_termica.php)

Home | Contatti | Stiferite in Italia | Lavora con noi | Area Riservata | English | Francais | Deutsch | Spanish



## SAVING ENERGY SINCE 1963

Siete qui: [Calcolo trasmittanza](#)

- Azienda
- Soluzioni per l'edilizia
- Soluzioni per l'industria
- Prodotti
- Documentazione
- Notizie & Referenze
- Utility & FAQ

### SITI TEMATICI

- isolare dall'esterno**  
CAPPOTTO FACCIATA VENTILATA
- isolare dall'interno**  
Pannelli RP & soluzioni in cartongesso
- tetto ventilato**  
isoventilato
- canalicce preisolati

Legenda grandezze		Legenda materiali	
$\lambda$ = conducibilità termica; (W/mK)	CLS = calcestruzzi	MET = metalli	
R = resistenza termica ( $m^2C/W$ )	IMP = impermeabilizzanti	MUR = laterizi (UNI 10355)	
$\mu$ = fattore di resistenza alla diffusione del vapore acqueo	INA = intercapedini d'aria	PLA = plastiche	
c = calore specifico ( $J/kg^{\circ}C$ )	INT = intonaci	ROC = rocce	
	ISO = isolanti	SOL = solai (UNI 10355)	
	LEG = legni	VAR = varie	

### Istruzioni calcolatore

I valori di conducibilità termica di materiali non prodotti da Stiferite sono stati desunti da normative o letteratura tecnica. Il presente calcolatore offre solo una rapida indicazione del valore di trasmittanza, della verifica termoigrometrica e Diagramma di Glaser delle singole strutture e non intende sostituire le più approfondite valutazioni dei normali programmi di calcolo. Per tutti i materiali non presenti nel database, attivare il calcolo, lasciare vuoto il campo relativo allo strato di materiale, e inserire il valore dello spessore, il valore  $\lambda$  o R e il valore  $\mu$ .

**\* NB. Valori limiti fissati dalla legislazione nazionale e in vigore a partire da 1/1/2021. Verificare i limiti previsti da eventuali provvedimenti in vigore a livello regionale, provinciale o comunale.**

Nascondi tabella zona climatica

Controllo zona climatica e trasmittanza prescritta. (Valori limite in vigore dal 1/1/2010)			
Trieste		Trieste	
Gradi giorno	2102	Zona climatica	E
Parametri Edificio di riferimento DM 26/6/2015*	U Coperture 0,22	U Pareti 0,26	U Pavimenti 0,26
Ristrutturazioni e riqualificazioni energetiche DM 26/6/2015*	0,24	0,28	0,29
Valori limite per accedere alle detrazioni (D.M. 06/08/2020)	0,2	0,23	0,25

**\* NB. Valori limiti fissati dalla legislazione nazionale e in vigore a partire da 1/1/2021. Verificare i limiti previsti da eventuali provvedimenti in vigore a livello regionale, provinciale o comunale.**

### Composizione Struttura

Tipo Struttura:

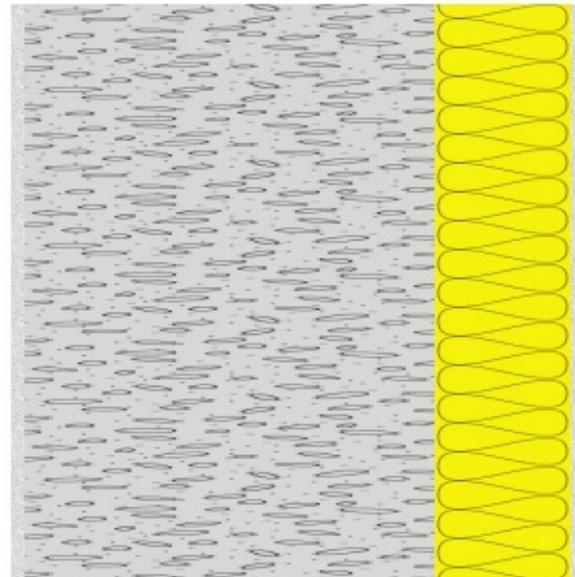
Parete

Aggiungi Strato

Reset

Strati Materiale		Spess. in mm	$\lambda$	$\rho$	$\mu$	c	resistenza termica (m <sup>2</sup> K/W)	
I	Coef. Liminare Interno						0.13	
X	INT - ▾	Intonaco di gesso puro ▾	10	0.35	1200	10	835	0.029
X	CLS - ▾	CLS cellulare da autoclave per pareti esterne ▾	300	0.28	800	30	835	1.071
X	ISO - ▾	Stiferite Al6 Edilizia ▾	100	0.022	40	89900	1370	4.545
X	INT - ▾	Intonaco di cemento sabbia e calce per este ▾	10	0.9	1800	20	835	0.011
E	Coef. Liminare Esterno						0.04	
							Calcola	
Totale Resistenza							5.826	
Totale U Struttura							0.172	

### STRATIGRAFIA



### CALCOLO DELLA CONDENZA INTERSTIZIALE

Genera report per il calcolo della condensa interstiziale

Genera

Dati zona climatica			
Provincia	Trieste	Comune	Trieste
Gradi giorno	2102	Zona Climatica	E
	U Coperture	U Pareti	U Pavimenti
Parametri Edificio di riferimento DM 26/6/2015*	0.22	0.26	0.26
Ristrutturazioni e riqualificazioni energetiche DM 26/6/2015*	0.24	0.28	0.29
Valori limite per accedere alle detrazioni (D.M. 06/08/2020)	0.20	0.23	0.25

\* NB. Valori limiti fissati dalla legislazione nazionale e in vigore a partire da 1/1/2021. Verificare i limiti previsti da eventuali provvedimenti in vigore a livello regionale, provinciale o comunale.

drag:  $230 \text{ kg/m}^2 <$

Parametri  
dinamici

Descrizione della Struttura e Parametri Termici		Statigrafia della struttura	
Tipo di struttura	Parete		
Spessore (e)	42.0 cm		
Massa Superficiale (m)	274 Kg/m <sup>2</sup>		
Trasmittanza Termica (U)	0.172 W/m <sup>2</sup> K		
Resistenza Termica (R)	5.827 m <sup>2</sup> K/W		
Parametri Termici Dinamici			Modulo
Trasmittanza termica periodica (Y <sub>it</sub> )	0.016 W/m <sup>2</sup> K		<p><math>&lt; 0, 10 : \text{okay}</math></p>
Capacità termica areica interna (K <sub>i</sub> )	38.8kJ/m <sup>2</sup> K		
Capacità termica areica esterna (K <sub>e</sub> )	17.0kJ/m <sup>2</sup> K		
Fattore di attenuazione (f)	0.094		
Sfasamento (φ)	24,00 h		
Ammettenza Termica interna (Y <sub>it</sub> )	2.809 W/m <sup>2</sup> K		
Ammettenza Termica esterna (Y <sub>et</sub> )	1.241 W/m <sup>2</sup> K		
Massa superficiale esclusi intonaci	274 Kg/m <sup>2</sup>		

Tabella descrizione strati

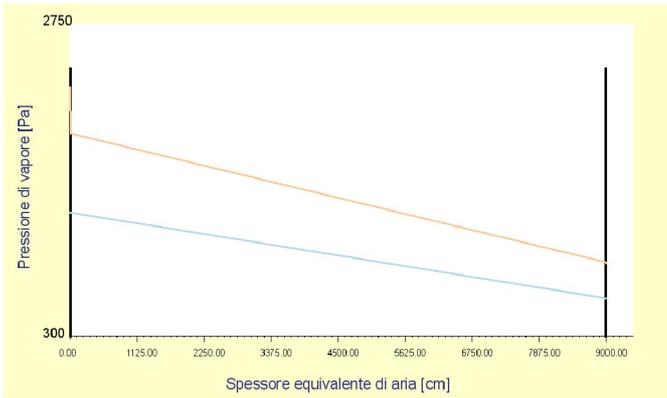
Descrizione dello strato	s	$\rho$	$\mu$	c	$\lambda$	R
	[mm]	[Kg/m <sup>3</sup> ]	[-]	[J/KgK]	[W/mK]	[m <sup>2</sup> K/W]
Strato liminare interno						0.13
1) Intonaco di gesso puro	10.0	1200	10	835	0.350	0.03
2) CLS cellulare da autoclave per pareti esterne - 800 kg/m <sup>3</sup>	300.0	800	30	835	0.280	1.07
3) Stiferite AI6 Edilizia	100.0	40	89900	1370	0.022	4.55
4) Intonaco di cemento sabbia e calce per esterno	10.0	1800	20	835	0.900	0.01
Strato liminare esterno						0.04

Legenda

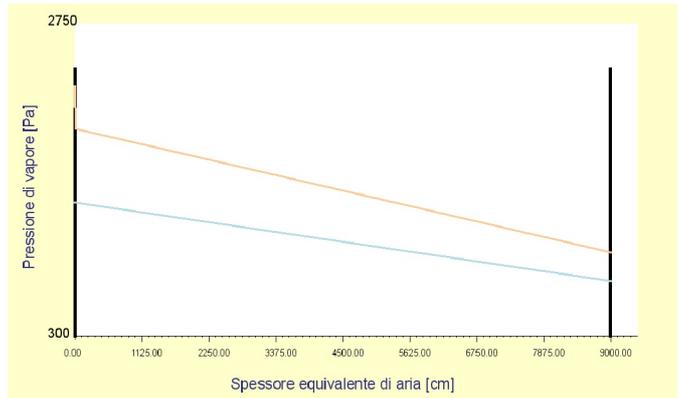
s	spessore dello strato	c	calore specifico del materiale
$\rho$	massa volumica	$\lambda$	conducibilità termica del materiale
$\mu$	fattore di resistenza alla diffusione del vapore	R	resistenza termica degli strati



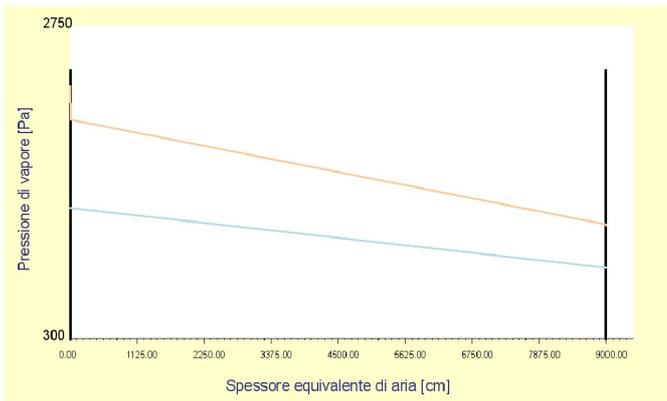
GENNAIO



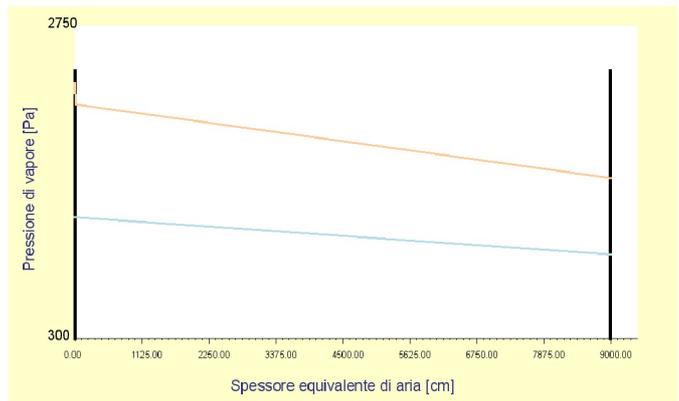
FEBBRAIO



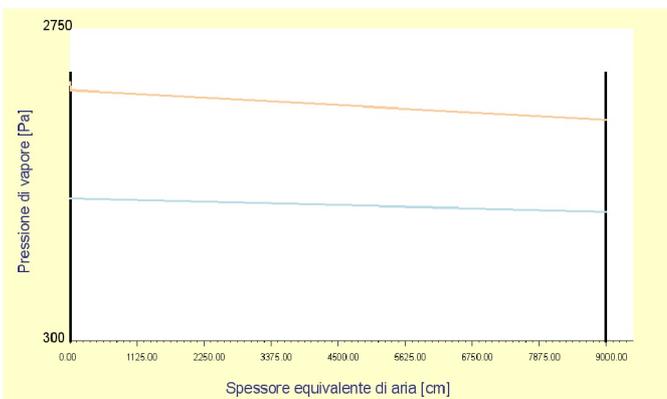
MARZO



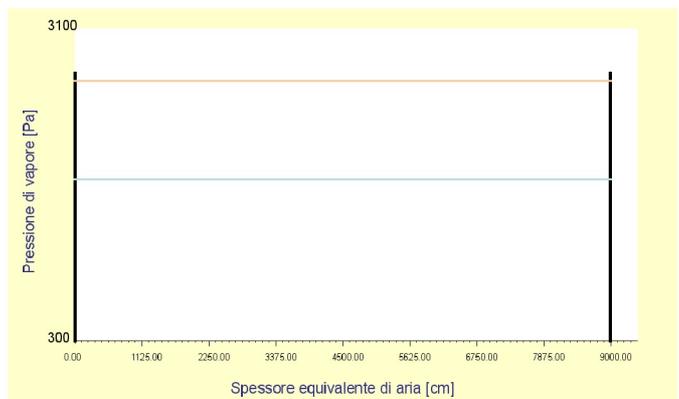
APRILE



MAGGIO

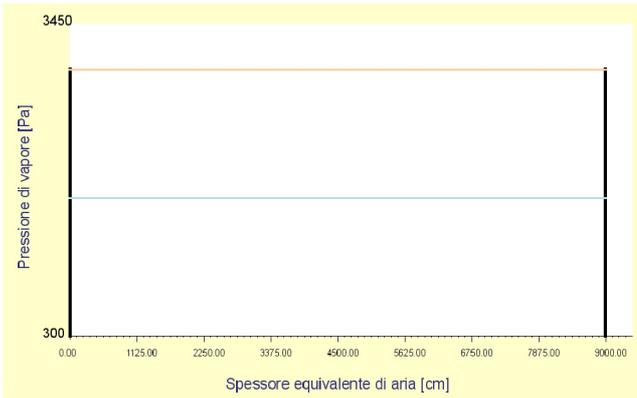
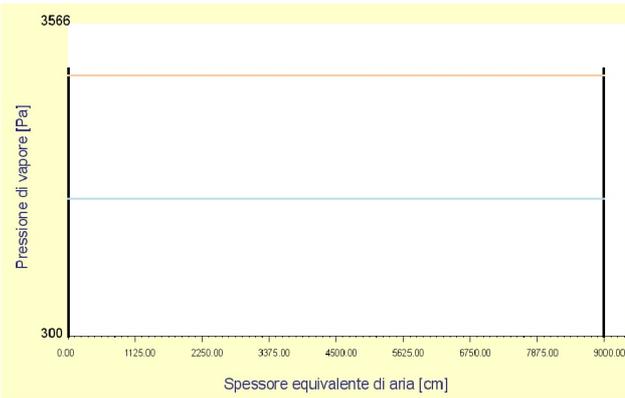


GIUGNO



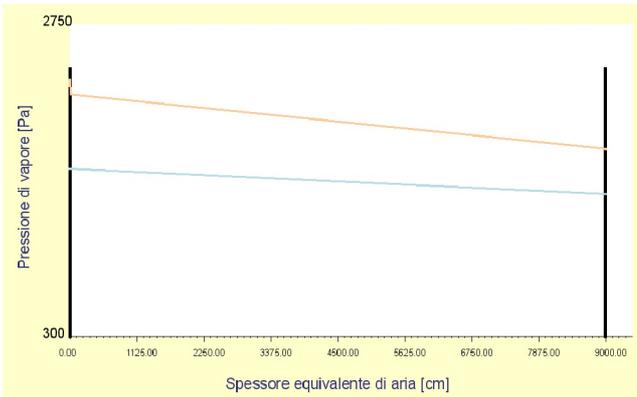
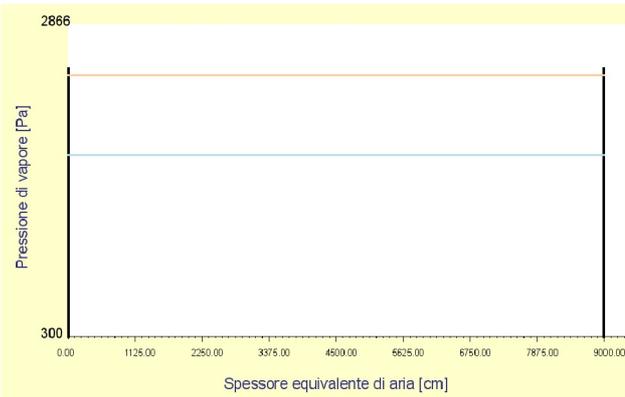
LUGLIO

AGOSTO



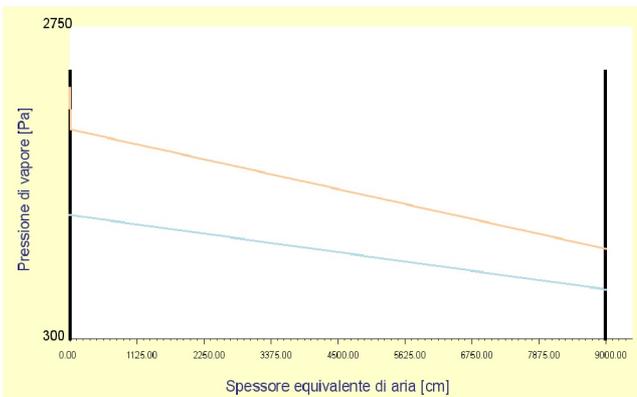
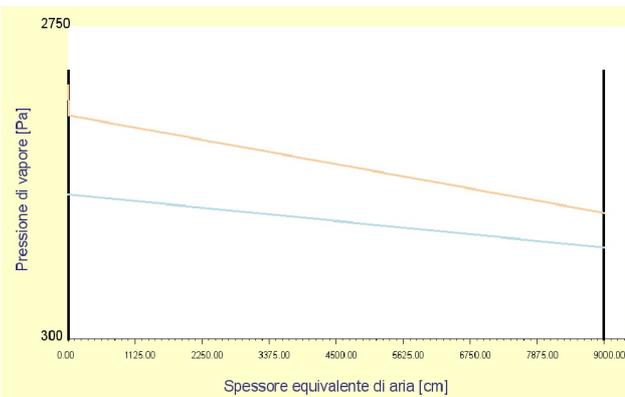
SETTEMBRE

OTTOBRE



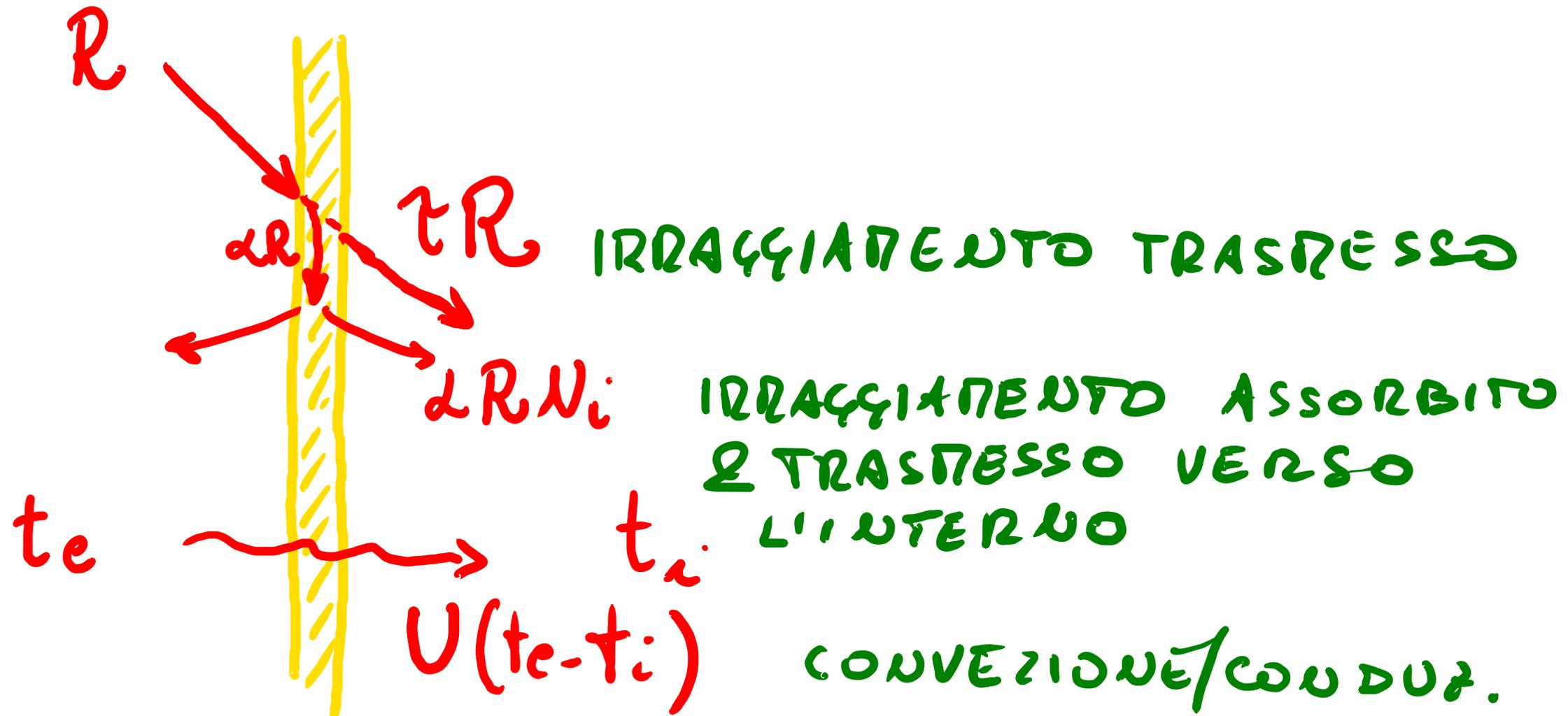
NOVEMBRE

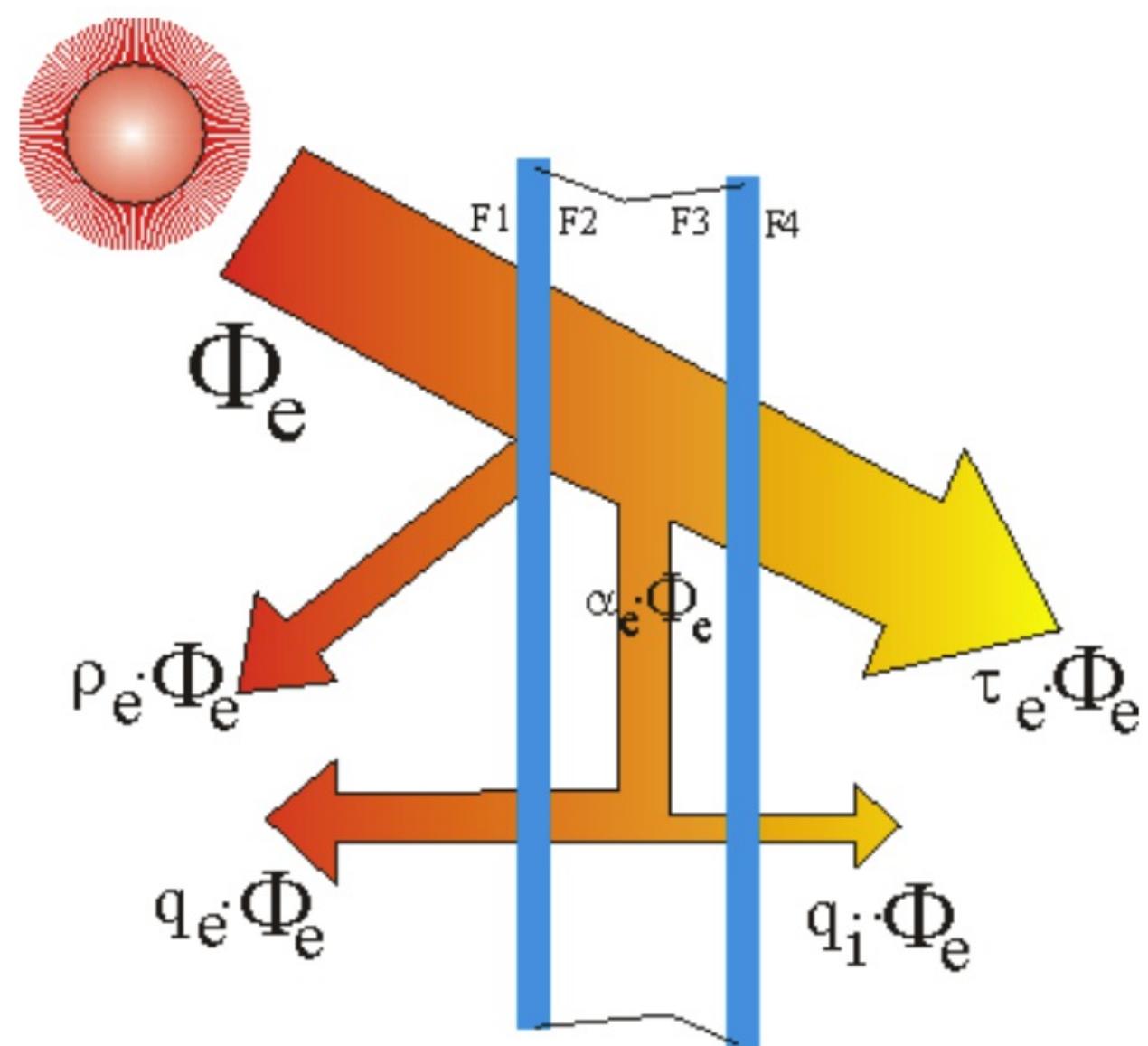
DICEMBRE



# $\dot{Q}_{st}$

Le superfici vetrate non hanno incroci termici opposti. Ne consegue che lo scambio termico attraverso di esse si considera stazionario.





$$\tau_e + \rho_e + \alpha_e = 1$$

$$\alpha_e = q_e + q_i$$

$$\dot{Q}_{st} = \underbrace{UA(t_e - t_i)}_{\text{Convezione e irraggiamento}} + \underbrace{(\tau + dU_i) R}_{\text{come si calcola questo termine, nella pratica?}}$$

Convezione e irraggiamento  
 da superfici circostanti (basse  
 temperature  $\rightarrow$  in inverno)

come si calcola questo  
 termine, nella pratica?

1) Considero un "vetro singolo di riferimento" (vetro sodico-calcico, singolo da 3 mm di spessore). Per questo vetro si definisce il fattore di guadagno solare  $F$ :

"GUADAGNO  
 SOLARE"

$$R_{tr,0} \equiv (\tau + dU_i) R = F \cdot R$$

per vetro singolo di  
 riferimento

fattore di guadagno solare  $R \rightsquigarrow$   $\parallel \parallel$   $F \cdot R \rightsquigarrow$

Nella seguente tabella si riporta il guadagno solare  $R_{gt}$  trasmesso attraverso un **vetro semplice** per unità di superficie della finestra misurata all'esterno del telaio [W/m<sup>2</sup>] (Lat.42° N) su superfici verticali/orizzontali.

Orientazione Superfici	Ora solare													
	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Orizzontale	84	257	440	595	717	795	824	805	737	623	474	296	116	3
Sud	38	76	106	172	262	331	359	341	279	191	115	83	47	2
Ovest	38	76	106	129	147	158	162	257	446	584	648	616	435	29
Nord	109	104	106	129	147	158	162	159	150	133	111	100	115	12
Est	369	593	650	604	481	295	164	159	150	133	111	83	47	2

sulla superf. esterna  
incide ~ 1 kW/m<sup>2</sup>!  
E' tanta  
Zona !!

2) Nel caso di un vetro diverso da quello di riferimento (es. vetrocamera):

$$R_{tr} \equiv (\tau + \alpha N_0) R = SC \cdot R_{tr,0} = SC \cdot F \cdot R$$

SC: "shading coefficient"

indica il vetro di riferimento.

Il fattore SC tiene conto della diversa struttura e dello spessore del vetro in confronto con quello preso come riferimento (ovviamente può porsi SC = 1 per il vetro standard e SC < 1 per vetro più spesso o colorato. Nella seguente tabella sono riportati valori del fattore SC per alcune comuni superfici vetrate.

Tipo di vetro	Spessore (mm)	SC ( $\alpha_e = 23 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
<b>VETRI SINGOLI</b>		
Chiaro	3	1.00
	6	0.94
	10	0.90
	13	0.87
Termoassorbente	3	0.83
	6	0.69
	10	0.60
	13	0.53

considerare l'intero spettro della radiazione, senza distinguere tra visibile oppure I.R. & U.V.

3) A causa dell'ombreggiamento, una superficie d'area  $S_0$  della superficie stretta di area  $S_T$  non è interessata dalla radiazione diretta. Si ha quindi che la potenza termica radiante che "incide" sulla superficie stretta (consideriamo sempre un vetro di riferimento standard) è:

$$\left( \frac{S_T - S_0}{S_T} R_{DIR} + R_{DIF} + R_{RIFL} \right)$$

le componenti riflesso e diffuso si sommano all'irraggiamento

Coefficiente di  
trasmissione della  
radiazione diretta

Definiamo il coefficiente di abbassamento come:

$$f_0 R = \frac{S_T \cdot S_0}{S_T} R_{DIR} + R_{DIF} + R_{RIF}$$

irradiazione che raggiunge la superficie in presenza di abbassamento.

irradiazione totale che raggiungerebbe la superficie totale in assenza di abbassamento.

Quindi il flusso radiante che attraversa il vetro standard è:

$$F \cdot f_0 R \quad [W/m^2]$$

potenza per un'unità di superficie totale

e per un vetro NON standard:

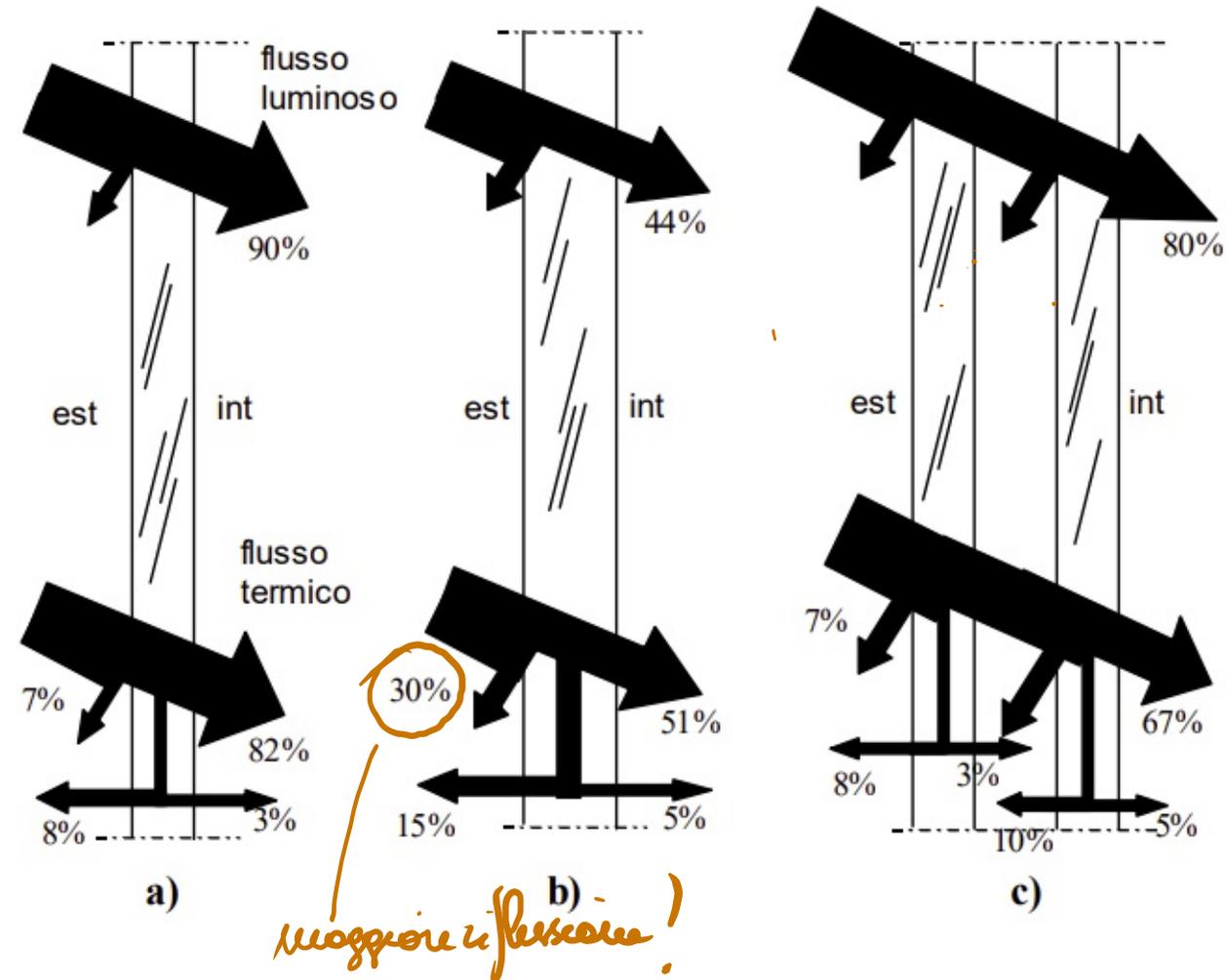
$$SC \cdot F \cdot f_0 R \quad [W/m^2]$$

Lo potere radiante corrispondente:  $SC \cdot F \cdot f_0 R \cdot S_T \quad [W]$

La scelta delle superfici trasparenti da impiegare in un edificio risulta comunque sempre articolata in quanto essa viene ad implicare oltre alla problematica termica, la visione, l'illuminazione naturale interna e significativi effetti estetici. Per quanto attiene alla problematica termica si può ricordare come la trasmissione termica della superficie  $K_v$  sia importantissima nel determinare i disperdimenti invernali. Ovviamente se si cerca di ridurre i disperdimenti, ad esempio mettendo in opera con doppi vetri, o particolari tipologie vetrate, inevitabilmente si verrà anche a influenzare la quantità di luce trasmessa. Ad esempio, nella figura seguente si schematizza il comportamento termico e luminoso di alcune diverse tipologie di superfici trasparenti rispetto al caso del vetro singolo di riferimento (nella legenda si riporta anche la relativa trasmissione termica).



Comportamento termico e luminoso di un vetro semplice, uno riflettente e di un vetro doppio dotato di film basso-emissivo



a) *crystallo semplice sodico calcico* – 3 [mm]. –  $K_v = 5.6$  [W/m<sup>2</sup>°C]

b) *crystallo riflettente* – 6 [mm]. –  $K_v = 5.5$  [W/m<sup>2</sup>°C]

c) *pannello isolante* costituito da una lastra trasparente – 6 [mm]. – e da una di *crystallo bassoemissivo* – 6 [mm]. –  $K_v = 1.7$  [W/m<sup>2</sup>°C] - posta sul lato interno .

**Superficie vetrata ideale**



Bassa trasmittanza termica  **$K_v$** , opaca **UV** ed **IR**, trasparente nel visibile, estetica

Una superficie vetrata dovrebbe avere:

- basso  $U_v$  (buon isolamento regime invernale)
- elevata trasmissione della frazione visibile della radiazione solare
- bassa trasmissione della frazione UV ed IR della radiazione solare, per limitare il carico termico estivo.

Nota:

Radiazione solare  $\rightarrow$  50% visibile  
 $\rightarrow$  50% IR

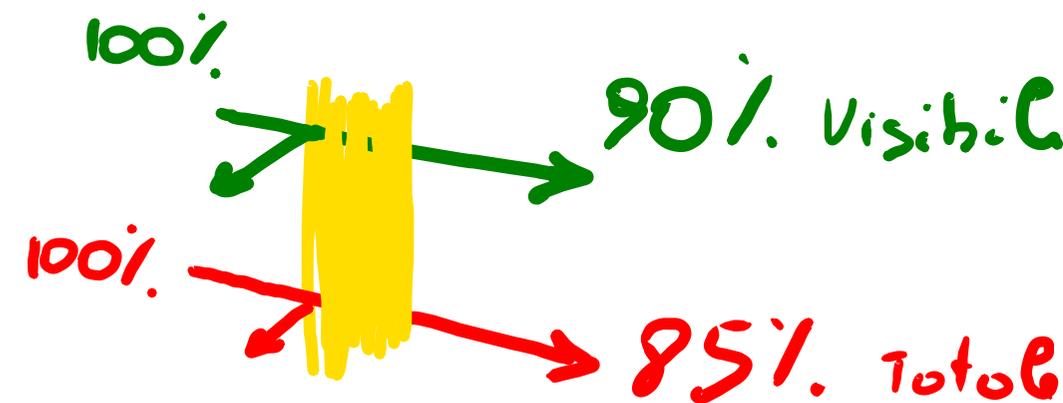
Caratteristiche delle superfici trasparenti in riferimento  
a trasmissione delle radiazioni visibili e di tutte le radiazioni:

$V_T$ : fattore medio di trasmissione della porzione visibile rispetto  
al vetro di riferimento?

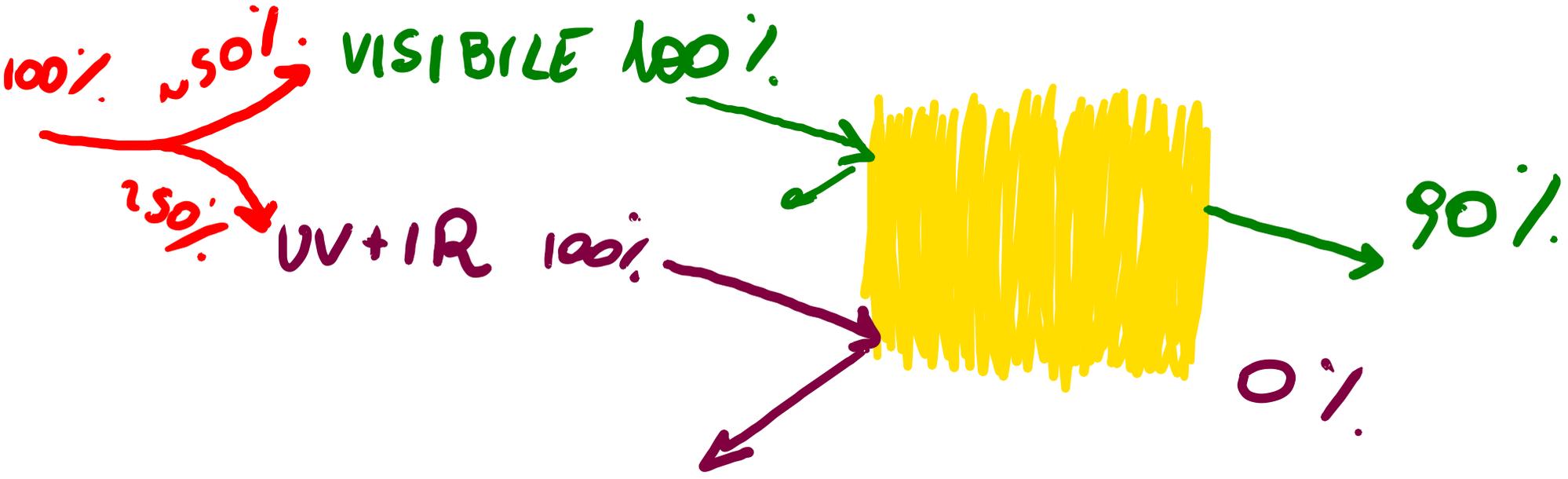
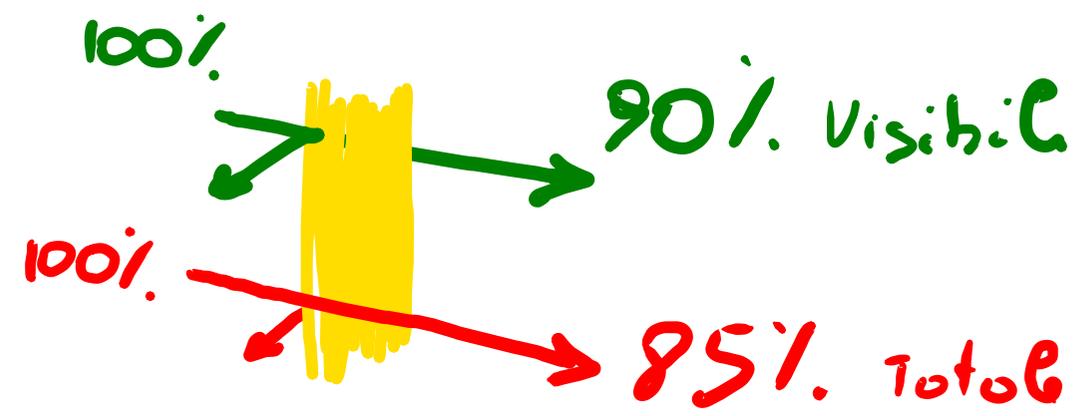
$V_T = 1$  per il vetro di riferimento.

$K_e \equiv \frac{V_T}{SC}$  **COSTANTE DI EFFICIENZA LUMINOSA**

Vetro di riferimento:  $V_T = 1$ ,  $SC = 1 \Rightarrow K_e = 1$



Vetro ideale otticamente selettivo, che  
 lascia passare solo la componente  
 visibile dello spettro solare:



La radiazione  
 trasferita all'ambiente  
 è solo quella visibile,  
 nella misura del 90%

$$VI = 1$$

$$SC = \frac{0.9 \times 0.5}{0.85}$$

$$\sim 0.5$$

Quindi,

$$K_e \sim \frac{1}{0.5} = 2$$

# Esempis

Per valutare i carichi termici estivi e dimensionare un impianto di condizionamento si deve disporre dell'andamento orario della temperatura esterna diurna di Genova il giorno 21 luglio. Per Genova si ha  $t_{\max} = 30$  [°C] e  $\Delta t_{\max} = 5$  [°C]. L'andamento si valuta con l'espressione  $t_e = t_{\max} - F(\tau) \cdot \Delta t_{\max}$ . Si può costruire la seguente tabella partendo dai valori tabellati del fattore di distribuzione della temperatura.

Risulta:

Si assume spesso il 21/07 come "giornata più calda" per stimare il carico termico di picco, utile al dimensionamento degli impianti di condizionamento.

Ora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
F( $\tau$ )	0.87	0.92	0.96	0.99	1	0.98	0.93	0.84	0.71	0.56	0.39	0.23
Ora	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
F( $\tau$ )	0.11	0.03	0	0.03	0.10	0.21	0.34	0.47	0.58	0.68	0.6	0.82

variazione temperatura esterna estiva.ods - OpenOffice Calc

File Modifica Visualizza Inserisci Formato Strumenti Dati Finestra ?

Arial 10 G C S

C16 =SD\$2-SB16\*\$E\$2

	A	B	C	D	E
1	tau	F	t	t_max	dt
2		1	0,87	25,65	30
3		2	0,92	25,4	
4		3	0,96	25,2	
5		4	0,99	25,05	
6		5	1	25	
7		6	0,98	25,1	
8		7	0,93	25,35	
9		8	0,84	25,8	
10		9	0,71	26,45	
11		10	0,56	27,2	
12		11	0,39	28,05	
13		12	0,23	28,85	
14		13	0,11	29,45	
15		14	0,03	29,85	
16		15	0	30	
17		16	0,03	29,85	
18		17	0,1	29,5	
19		18	0,21	28,95	
20		19	0,34	28,3	
21		20	0,47	27,65	
22		21	0,58	27,1	
23		22	0,68	26,6	
24		23	0,6	27	
25		24	0,82	25,9	
26					
27					



GUADAGNO SOLARE

Orientazione Superfici	Ora solare													
	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Orizzontale	84	257	440	595	717	795	824	805	737	623	474	296	116	3
Sud	38	76	106	172	262	331	359	341	279	191	115	83	47	2
Ovest	38	76	106	129	147	158	162	257	446	584	648	616	435	29
Nord	109	104	106	129	147	158	162	159	150	133	111	100	115	12
Est	369	593	650	604	481	295	164	159	150	133	111	83	47	2

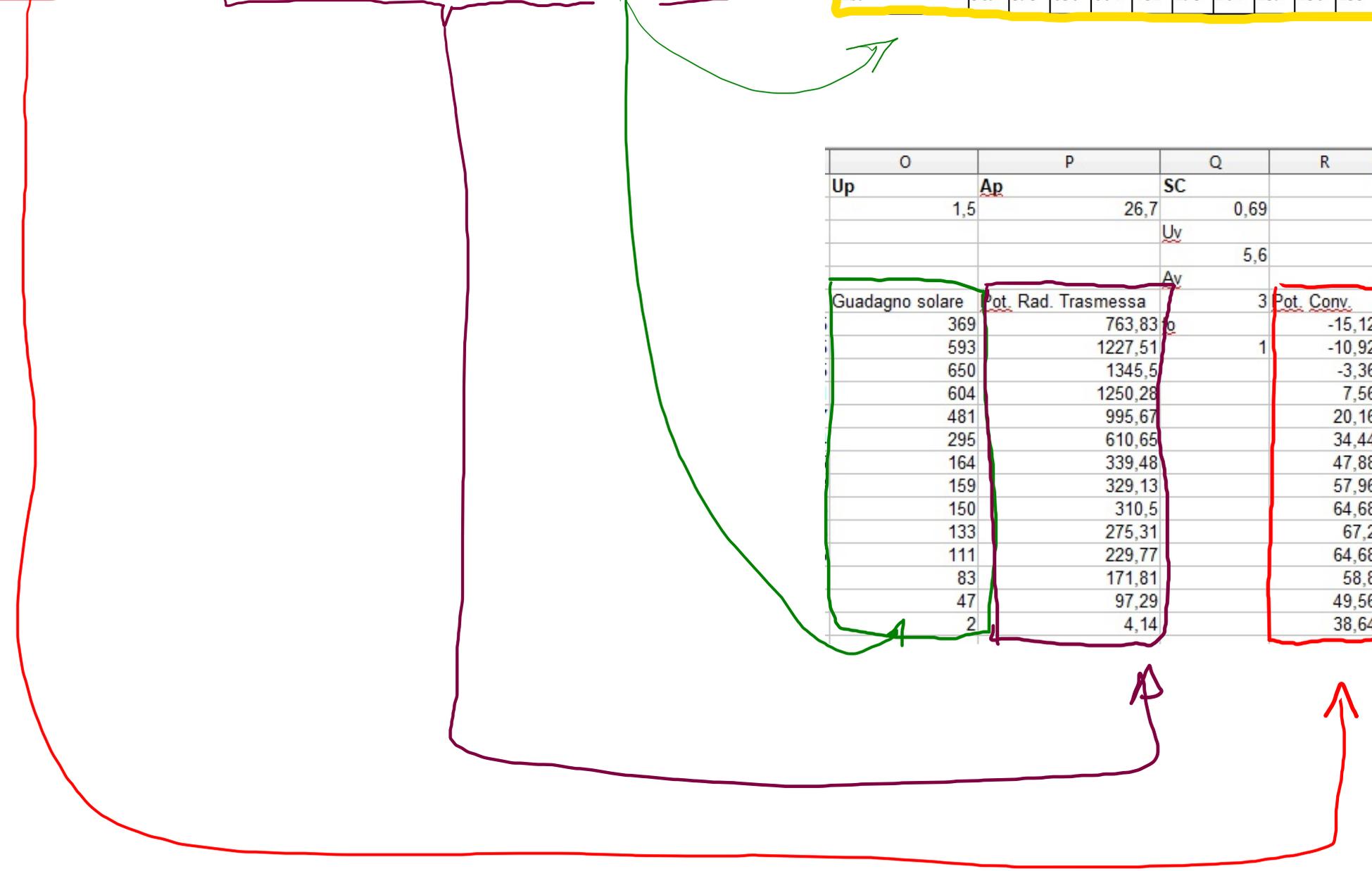
$$\dot{Q}_{st} = U_v S_v (t_e - t_i) + f_{do} \times SC \times F \times R$$

Handwritten annotations for the equation:
 

- $U_v$ : 5,6
- $S_v$ : 3
- $(t_e - t_i)$ : 26
- $f_{do}$ : 1
- $SC$ : 0,69
- $F \times R$ :  $R_{tr,o}$

O	P	Q	R	S
Up	Ap	SC		
	1,5	26,7	0,69	
		Uv		
		5,6		
		Av		
Guadagno solare	Pot. Rad. Trasmessa	3	Pot. Conv.	Pot tot
369	763,83	1	-15,12	748,71
593	1227,51	1	-10,92	1216,59
650	1345,5		-3,36	1342,14
604	1250,28		7,56	1257,84
481	995,67		20,16	1015,83
295	610,65		34,44	645,09
164	339,48		47,88	387,36
159	329,13		57,96	387,09
150	310,5		64,68	375,18
133	275,31		67,2	342,51
111	229,77		64,68	294,45
83	171,81		58,8	230,61
47	97,29		49,56	146,85
2	4,14		38,64	42,78

↑  
↑  
 $\dot{Q}_{st}$



Ora sidero	Opaca+trasparente
6	848,835
7	1316,715
8	1462,29
9	1426,05
10	1312,2
11	1077,63
12	912,015
13	931,77
14	899,835
15	775,05
16	682,935
17	

Il carico trasmesso attraverso l'isolamento del locale risulta massimo alle ore 8 del mattino.

# L'effetto delle schermature: fattore solare $g_{tot}$

Uno degli aspetti più importanti del comfort termico estivo è la limitazione della radiazione solare. La radiazione solare è direttamente proporzionale alla trasmissione totale dell'energia solare attraverso un vetro. Il **fattore g (gVetro)** è il fattore solare del solo vetro. Il **fattore "gTot"** è invece il fattore solare della combinazione di vetro e dispositivo di schermatura solare e caratterizza la prestazione globale d'insieme.

è F.S.C

~~La norma UNI EN 4108-2 usa i valori tabellari del "Fattore di schermatura solare Fc" definiti in questa norma (Tabella 7). Questo fattore varia in funzione del vetro usato (doppio o triplo vetro).~~

La norma UNI EN 4108-2 usa i valori tabellari del "Fattore di schermatura solare Fc" definiti in questa norma (Tabella 7). Questo fattore varia in funzione del vetro usato (doppio o triplo vetro).

La formula di calcolo è la seguente

$$g_{Tot} = F_c \times g_{Vetro}$$

La norma UNI EN 13363-1 fornisce un metodo semplificato per valutare il valore di gTot, con un calcolo che prende in considerazione il valore g del vetro e la trasmissione e la riflessione energetiche del dispositivo di schermatura

Le formule usate sono :

- Per una tenda esterna o una persiana:

$$g_{tot} = \tau_e g + \alpha_e \frac{G}{G_2} + \tau_e (1 - g) \frac{G}{G_1}$$

Con  $G_1 = 5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  ;  $G_2 = 10 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  e  $G = \left(\frac{1}{U_g} + \frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2}\right)^{-1}$

- Per una tenda interna:

$$g_{tot} = g \left(1 - g \rho_e - \alpha_e \frac{G}{G_2}\right)$$

Con  $G_2 = 30 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  e  $G = \left(\frac{1}{U_g} + \frac{1}{G_2}\right)^{-1}$

- Per una tenda a mezzo-vetro:

$$g_{tot} = \tau_e g + g(\alpha_e + (1 - g)\rho_e) \frac{G}{G_3}$$

Con  $G_3 = 3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  e  $G = \left(\frac{1}{U_g} + \frac{1}{G_3}\right)^{-1}$

In tutte queste equazioni:

- $\tau_e$  indica la trasmittanza solare della tenda o della persiana
- $\rho_e$  indica la riflessione solare della tenda o della persiana con  $1 = \tau_e + \rho_e + \alpha_e$  (vedere II.5)
- $\alpha_e$  indica l'assorbimento solare della tenda o della persiana
- $g$  indica il fattore solare del vetro  $\longrightarrow$  FSC
- $U_g$  indica la trasmittanza termica del vetro
- $G_1, G_2$  e  $G_3$  indicano i valori fissi definiti dalla norma
- 

Va osservato che tali formule possono essere applicate solamente qualora la trasmittanza e la riflessione solari dei dispositivi di schermatura solare risultino comprese nei seguenti intervalli:

Trasmittanza :  $0 \leq \tau_e \leq 0,5$

Riflessione :  $0,1 \leq \rho_e \leq 0,8$

e con il requisito aggiuntivo che il fattore solare  $g$  del vetro sia compreso tra 0,15 e 0,85.

Di seguito è riportata la **classificazione del fattore solare  $g_{tot}$** , secondo la norma UNI EN14501:2006 "Tende e chiusure oscuranti - Benessere termico e visivo - Caratteristiche prestazionali e classificazione".

CLASSE	0	1	2	3	4
$g_{tot}$	$g_{tot} \leq 0,50$ effetto minimo	$0,35 \leq g_{tot} < 0,50$ effetto moderato	$0,15 \leq g_{tot} < 0,35$ effetto buono	$0,10 \leq g_{tot} < 0,15$ effetto molto buono	$g_{tot} < 0,1$ effetto ottimo

Esempio di calcolo semplificato di  $g_{tot}$ :

$g_{tot}/g_{vetro}$

Tipo di vetro	Strati ext/.../int	Gas	$U_g$	$g$
Vetro semplice trasparente	6	--	5,8	0,83
Vetro trasp. isolante a 2 strati	6/8/6	--	3,2	0,71
Vetro trasp. isolante a 2 strati	6/12/6	--	2,9	0,71
Vetro trasp. isolante a 2 strati	6/16/6	--	2,7	0,72
Vetro trasp. isolante a 3 strati	6/12/6/12/6	--	1,9	0,63
Vetro a 2 strati rivestito	4/16/4	Aria	1,4	0,61
Vetro a 2 strati rivestito	4/16/4	Argon	1,2	0,61
Vetro a 2 strati rivestito	4/12/4	Krypton	1	0,62
Vetrate sottovuoto	4/0,7/#4	Vacuum	0,5	0,54
Vetro a 2 strati rivestito	4/12/4	Xenon	0,9	0,62
Triplovetro con gas	4/12/4/12/4	Argon	0,7	0,47
Vetro a 3 strati rivestito	4/8/4/8/4	Krypton	0,7	0,48
Vetro a 3 strati rivestito	4/8/4/8/4	Xenon	0,5	0,48
Vetro riflettente a 2 strati	6/15/6	Argon	1,1	0,25
Vetro riflettente a 2 strati	6/12/4	Argon	1,4	0,27
Vetro riflettente a 2 strati	6/15/6	Argon	1,3	0,29
Vetro riflettente a 2 strati	6/15/4	Argon	1,4	0,33
Vetro riflettente a 2 strati	6/12/4	Argon	1,4	0,39
Vetro riflettente a 2 strati	6/15/6	Argon	1,3	0,48

Fonte:  
UNI EN ISO 10077-1 Prospetto C2

TAB 1

Adottando un vetro a 2 strati rivestito, del tipo 4-16-4 con gas Argon nella motorizzazione, vediamo dalla tabella 1 che  $U_g = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$  e  $g = 0,61$ . Volendo conseguire un  $g_{tot}$  non superiore a 0,35 (valore limite per il conseguimento delle determinazioni 65%) dovremo adottare una schermatura con  $f_c \leq 0,35 / 0,61 \approx 0,57$ . Tutte le schermature evidenziate in verde in TAB 2 vanno bene.

- fc**
- 1 Sistema di ombreggiatura  
Senza sistema di ombreggiatura  
**Interno o tra le lastre**
- 0.75 Superficie riflettente bianco con bassa trasparenza
  - 0.80 I colori chiari o bassa trasparenza
  - 0.90 I colori scuri o elevata trasparenza
- Esterno**
- 0.25 Lamelle piroettanti esterne, con cavità di ventilazione
  - 0.25 Tessuto con bassa trasparenza, con cavità di ventilazione
  - 0.40 Persiana, generale
  - 0.30 Tapparelle, persiane
  - 0.50 Tettoie, logge, gazebo con lamelle
  - 0.40 Tende da sole, con la ventilazione nella parte superiore e sui lati
  - 0.50 Tende, generale

Fonte:  
Energy Manual p.99

TAB 2

Esempio: tendone esterna su vetro trasparente isolante a 2 strati: (Calcolo secondo UNI EN 13363-1)

Caratteristiche della tenda:

$$\tau_e = 0.2 \quad \alpha_e = 0.6 \quad \rho_e = 1 - \tau_e - \alpha_e = 0.2$$

Caratteristiche del vetro (da tabella):

$$g = 0.71 \quad U_g = 3.2 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Tipo di vetro	Strati ext./.../int	Gas	U <sub>g</sub>	g
Vetro semplice trasparente	6	--	5,8	0,83
Vetro trasp. isolante a 2 strati	6/8/6	--	3,2	0,71
Vetro trasp. isolante a 2 strati	6/12/6	--	2,9	0,71
Vetro trasp. isolante a 2 strati	6/16/6	--	2,7	0,72
Vetro trasp. isolante a 3 strati	6/12/6/12/6	--	1,9	0,63
Vetro a 2 strati rivestito	4/16/4	Argon	1,4	0,61
Vetro a 2 strati rivestito	4/16/4	Argon	1,2	0,61
Vetro a 2 strati rivestito	4/12/4	Krypton	1	0,62
Vetrate sottovuoto	4/0,7/4	Vacuum	0,5	0,54
Vetro a 2 strati rivestito	4/12/4	Xenon	0,9	0,62
Triplovetro con gas	4/12/4/12/4	Argon	0,7	0,47
Vetro a 3 strati rivestito	4/8/4/8/4	Krypton	0,7	0,48
Vetro a 3 strati rivestito	4/8/4/8/4	Xenon	0,5	0,48
Vetro riflettente a 2 strati	6/15/6	Argon	1,1	0,25
Vetro riflettente a 2 strati	6/12/4	Argon	1,4	0,27
Vetro riflettente a 2 strati	6/15/6	Argon	1,3	0,29
Vetro riflettente a 2 strati	6/15/4	Argon	1,4	0,33
Vetro riflettente a 2 strati	6/12/4	Argon	1,4	0,39
Vetro riflettente a 2 strati	6/15/6	Argon	1,3	0,48

Fonte: UNI EN ISO 10077-1 Prospetto C2

Calcoli:

$$G = \left( \frac{1}{U_g} + \frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2} \right)^{-1} \approx 1,63 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$g_{tot} = \tau_e \times g + \alpha_e \times \frac{G}{G_2} + \tau_e(1-g) \frac{G}{G_1} \approx 0,259$$

CLASSE 2

Il fattore F<sub>c</sub> per la tenda schermata è:  $\frac{g_{tot}}{g}$  del vetro

$$g_{tot} = \frac{F_c \times SC \times F \times G}{G} = F_c \times SC \times F \Rightarrow F_c = \frac{g_{tot}}{g} = \frac{0,259}{0,71} \approx 0,365$$

• Per una tenda esterna o una persiana:

$$g_{tot} = \tau_e g + \alpha_e \frac{G}{G_2} + \tau_e(1-g) \frac{G}{G_1}$$

Con G<sub>1</sub> = 5 W/m<sup>2</sup>.K ; G<sub>2</sub> = 10 W/m<sup>2</sup>.K e  $G = \left( \frac{1}{U_g} + \frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2} \right)^{-1}$

Calcolo del fattore di guadagno solare secondo UNI EN ISO 13363 con l'utilizzo del software WINSHELTER di ENEA.

Esempio: doppio vetro con intercapedine, senza schermatura esterna

The screenshot shows the WINSHELTER 3.0 software interface. The main window displays the configuration for a double glass unit (Doppio vetro chiaro). The left sidebar lists various glazing materials and gaps. The central panel shows the configuration for three components: Glass n.1, Gap n.1, and Glass n.2. The 'Luminous' and 'Solar' spectra are highlighted in green circles. The right sidebar lists various glazing types. Handwritten notes in red and green ink are overlaid on the right side of the screenshot, explaining the 'Luminous' and 'Solar' spectra and their relationship to surface reflectance and emissivity.

questo, come visuale che è disponibile la distribuzione spettrale di  $\tau$  e  $\rho$

2 colori: riflettività della superficie interna ed esterna del vetro.

emissività delle due facce del vetro

Nota: si distingue tra zona visibile dello spettro e radiazione solare complessiva

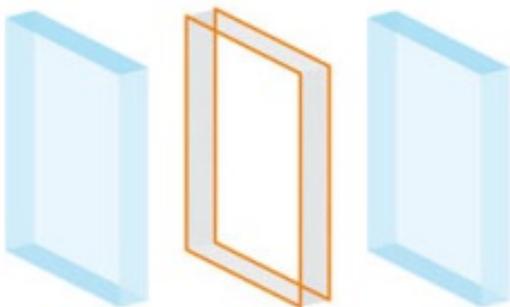


## Determinazione dei parametri luminosi energetici e termici secondo EN13363-2

(modalità EN13363 - Standard - calcoli effettuati su integrated values)

di una vetrata denominata e composta da:

1. Glass: Float chiaro thick.: 4 mm  
[Tv=89,57%,Rv=8,09%,Rv'=8,09%,Te=82,62%,Re=7,47%,Re'=7,47%,e=0,89,e'=0,89 spectral]
2. Gap: thickness 12,0 mm - ARGON (100 %)
3. Glass: Float chiaro thick.: 4 mm  
[Tv=89,57%,Rv=8,09%,Rv'=8,09%,Te=82,62%,Re=7,47%,Re'=7,47%,e=0,89,e'=0,89 spectral]



1 2 3

Condizioni di calcolo EN13363-2 Riferimento			
	Radiazione solare	300,00	W/m <sup>2</sup>
	Fraz.radiazione diffusa	0,15	
Esterno:	T aria	278,15	K 5,00 °C
	T radiante	278,15	K 5,00 °C
	Coeff. adduzione	18,00	W/(m <sup>2</sup> K)
Interno:	T aria	293,15	K 20,00 °C
	T radiante	293,15	K 20,00 °C
	Coeff. adduzione	3,60	W/(m <sup>2</sup> K)

Risultati secondo EN13363-2:2006	
Fattore di trasmissione luminosa, tv	80,76 %
Fattore di riflessione luminosa, pv	14,62 %
Fattore di trasmissione energetica diretta, te	68,64 %
Fattore di riflessione energetica diretta, pe	12,60 %
qi	6,83 %
Fattore solare, g	75,48 %
Altri calcoli	
Trasmittanza termica, U <sup>§</sup>	2,8 W/m <sup>2</sup> K

UNI EN 14501:2006 Tende e chiusure oscuranti Benessere termico e visivo Caratteristiche prestazionali e classificazione	
Classe prestazionale	0

<sup>§</sup>il valore-U è calcolato in base ai flussi termici calcolati, nelle condizioni sopra riportate, come previsto dalla norma EN13363 ma NON è previsto dalla norma EN13363.

Handwritten calculation:  $\frac{3,6}{18 + 3,6} = 0,0673$

Questo parametro corrisponde al fattore "gi" che abbiamo introdotto in precedenza.

In questo esempio usavo la schermatura

Handwritten notes:  $g_{g+sh}$  and  $U_g$  del vetro

$$\underline{\underline{\dot{Q}_d}}$$

La potenza termica entrante attraverso le superfici confinanti con l'ambiente non condizionato si calcola con lo stesso approccio già considerato per il caso invernale.

# Q<sub>ee</sub> (illuminazione artificiale)

Come per la radiazione solare incidente su sup. opache, si tiene in considerazione l'accumulo dell'energia emessa dai dispositivi di illuminazione nelle strutture perimetrali e negli interni.

Tab. 13 Fattori di accumulo per illuminazione artificiale con luci accese per 12 ore al giorno (da ASHRAE, Handbook of Fundamentals)

Massa/m <sup>2</sup> di pavim. (kg/m <sup>2</sup> )	Numero di ore dal momento della accensione delle luci																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
150	0,09	0,73	0,75	0,78	0,80	0,82	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,27	0,25	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10
500	0,12	0,76	0,78	0,79	0,80	0,81	0,83	0,84	0,85	0,86	0,86	0,87	0,88	0,24	0,22	0,21	0,20	0,19	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13
750 e oltre	0,14	0,79	0,79	0,80	0,80	0,81	0,82	0,82	0,83	0,82	0,84	0,84	0,85	0,20	0,20	0,19	0,18	0,18	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15	0,15

Condizioni ambientali assunte:

- apparecchi di illuminazione non incassati e aerati;
- arredamento di tipo comune con o senza tappeti;
- mandata aria con diffusori a soffitto o a parete;
- ripresa aria in prossimità apparecchi di illuminazione e attraverso controsoffitti;
- impianto di condizionamento in funzione 24 ore.

Carico istantaneo corretto per accumulo e ritorno nella restituzione di energia assorbita = carico istantaneo X fattore di accumulo

# Carico istantaneo:

$q = \text{potenza totale delle lampade} \times$   
 $\text{fattore di contemporaneità} \times$   
 $\text{fattore di impianto}$

→ dipende dalla tipologia di lampade (essenzialmente, se hanno bisogno o meno di un trasformatore)

Si assume pari a 1,25 per lampade fluorescenti, a 1,15 per lampade a scarica al sodio e al mercurio, a 1 per lampade a incandescenza.

# Q<sub>p</sub> (occupanti)

- A rigore bisognerebbe considerare anche in questo caso un fattore di accumulo.

Tab. 15 Fattori di riduzione per accumulo di calore sensibile emesso dalle persone (da ASHRAE, Handbook of Fundamentals)

Ore totali trascorse in ambiente	Ore trascorse dopo l'ingresso nell'ambiente													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	0,49	0,58	0,17	0,13	0,10	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02
4	0,49	0,59	0,66	0,71	0,27	0,21	0,16	0,14	0,11	0,10	0,08	0,07	0,06	0,06
6	0,50	0,60	0,67	0,72	0,76	0,79	0,34	0,26	0,21	0,18	0,15	0,13	0,11	0,10
8	0,51	0,61	0,67	0,72	0,76	0,80	0,82	0,84	0,38	0,30	0,25	0,21	0,18	0,15
10	0,53	0,62	0,69	0,74	0,77	0,80	0,83	0,85	0,87	0,89	0,42	0,34	0,28	0,23
12	0,55	0,64	0,70	0,75	0,79	0,81	0,84	0,86	0,88	0,89	0,91	0,92	0,45	0,36
14	0,58	0,66	0,72	0,77	0,80	0,83	0,85	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94

- Per semplicità, in genere si trascura il fattore di accumulo.

**Tab. 14** Calore emesso dalle persone (W/persona) (rielaborazione da ASHRAE, Handbook of Fundamentals)

Tipo di attività	Situazioni tipiche	Temperatura ambiente bulbo secco					
		26 °C		27 °C		28 °C	
		Sensibile W	Latente W	Sensibile W	Latente W	Sensibile W	Latente W
Seduto, in riposo	teatro, auditorium	60	40	55	45	50	50
Seduto, lavoro molto leggero, scrittura	uffici, alberghi, abitazioni, scuole	65	55	60	60	55	65
Seduto, mangiando (1)	ristoranti	75	95	70	100	65	105
Seduto, lavoro leggero	uffici	75	75	70	80	65	85
In piedi, lavoro leggero, camminare lento	grandi magazzini, negozi, banche	90	95	83	102	76	109
Lavoro leggero al banco	fabbrica, laboratorio	100	130	92	138	85	145
Camminare a 5 km/h lavoro medio	fabbrica, laboratorio	100	205	92	213	85	220
Ballo moderato	sale da ballo	120	255	110	265	100	275
Lavoro pesante	fabbrica, laboratorio	165	300	150	315	138	327
Lavoro molto pesante, atletica	fabbrica, palestra	185	340	170	355	155	370

(1) I valori per persone che mangiano includono il calore ceduto dai cibi caldi pari a 17,6 W/persona, di cui 8,8 W di calore sensibile e 8,8 W di calore latente.

# Qme (dispositivi elettrici)

Comunque molto variabile a seconda del grado di utilizzazione.

Tab. 16 Carichi termici interni per "media utilizzazione" prodotti da apparecchiature diverse senza cappa di aspirazione (1)  
(elaborazione da varie fonti)

Apparecchio	Elettrico			A gas		
	Sensibile W	Latente W	Totale W	Sensibile W	Latente W	Totale W
Macchina da caffè da 2 l	264	64	328	396	102	498
Macchina da caffè serbatoio da 17 l	1406	352	1758	2110	527	2637
Bricco per caffè da 10 l	645	440	1085	850	850	1700
Scaldavivande a m <sup>2</sup> di superficie	1130	1130	2260	2680	1420	4100
Tostapane 2 toast (360 toast/ora)	1494	381	1875	2250	970	3220
Griglia per sandwich (300 x 300 mm)	791	205	996	-	-	-
Tavola calda a m <sup>2</sup> di superficie	1100	1100	2200	1420	3627	5047
Asciugacapelli con ventilatore (potenza nominale 1570 W)	680	120	800	-	-	-
Casco asciugacapelli (potenza nom. 700 W)	550	100	650	-	-	-
Riscaldatore per permanenti (potenza nom. 1500 W)	250	50	300	-	-	-
Sterilizzatore strumenti chirurgici	3520	6880	10 400	-	-	-

(1) Con cappa di aspirazione moltiplicare per 0,5.

# $\dot{Q}_v$ (ventilazione)

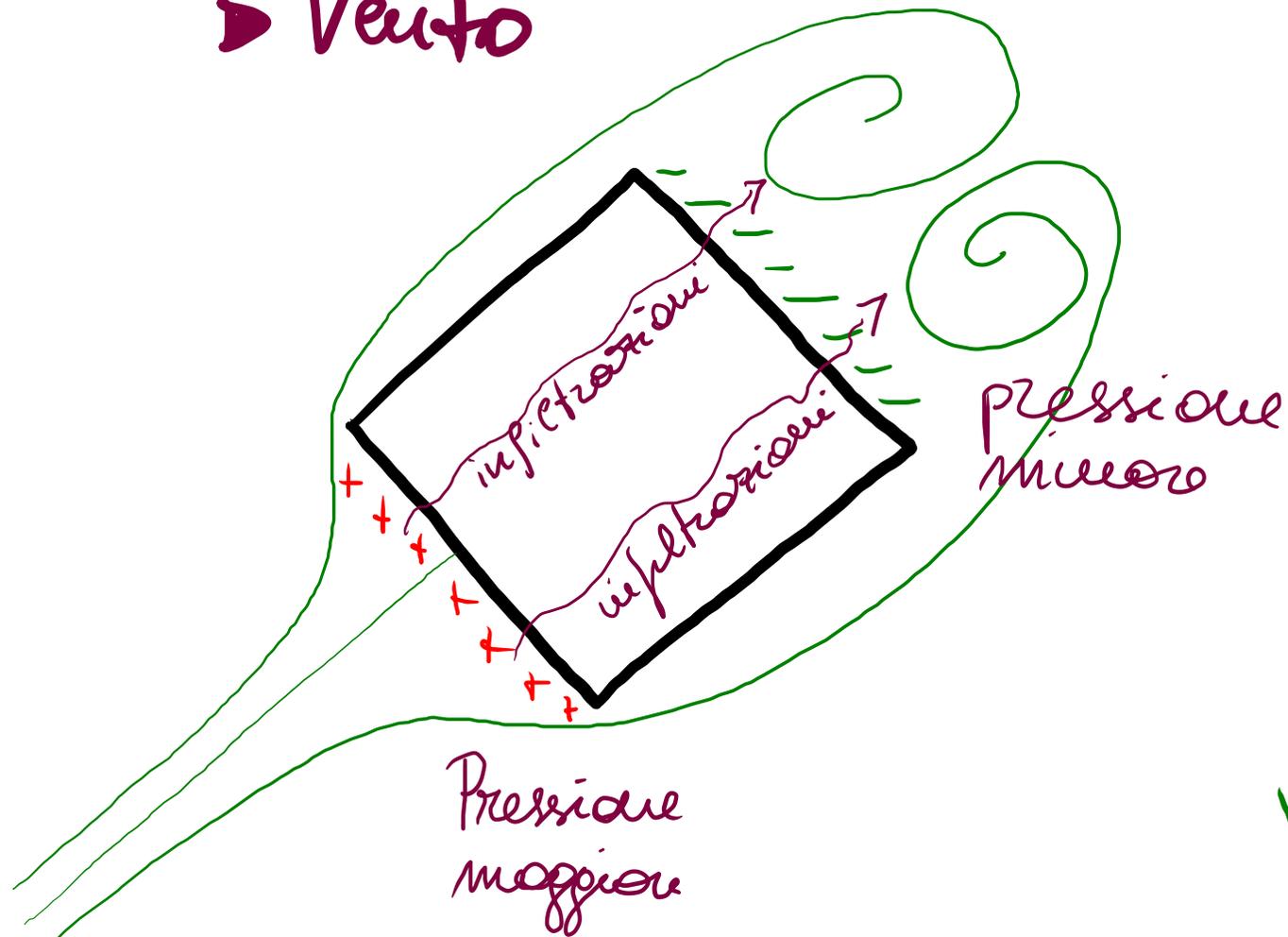
$$\dot{Q}_v = \dot{m}_{a,s} (h_{a,e} - h_{a,i}) = \dot{m}_{a,s} c_p (t_e - t_i) + \dot{m}_{a,s} \tau_0 (x_e - x_i)$$

$\dot{m}_{a,s}$ : portata aria di rinnovo per gli edifici/locali dotati di ventilazione forzata.

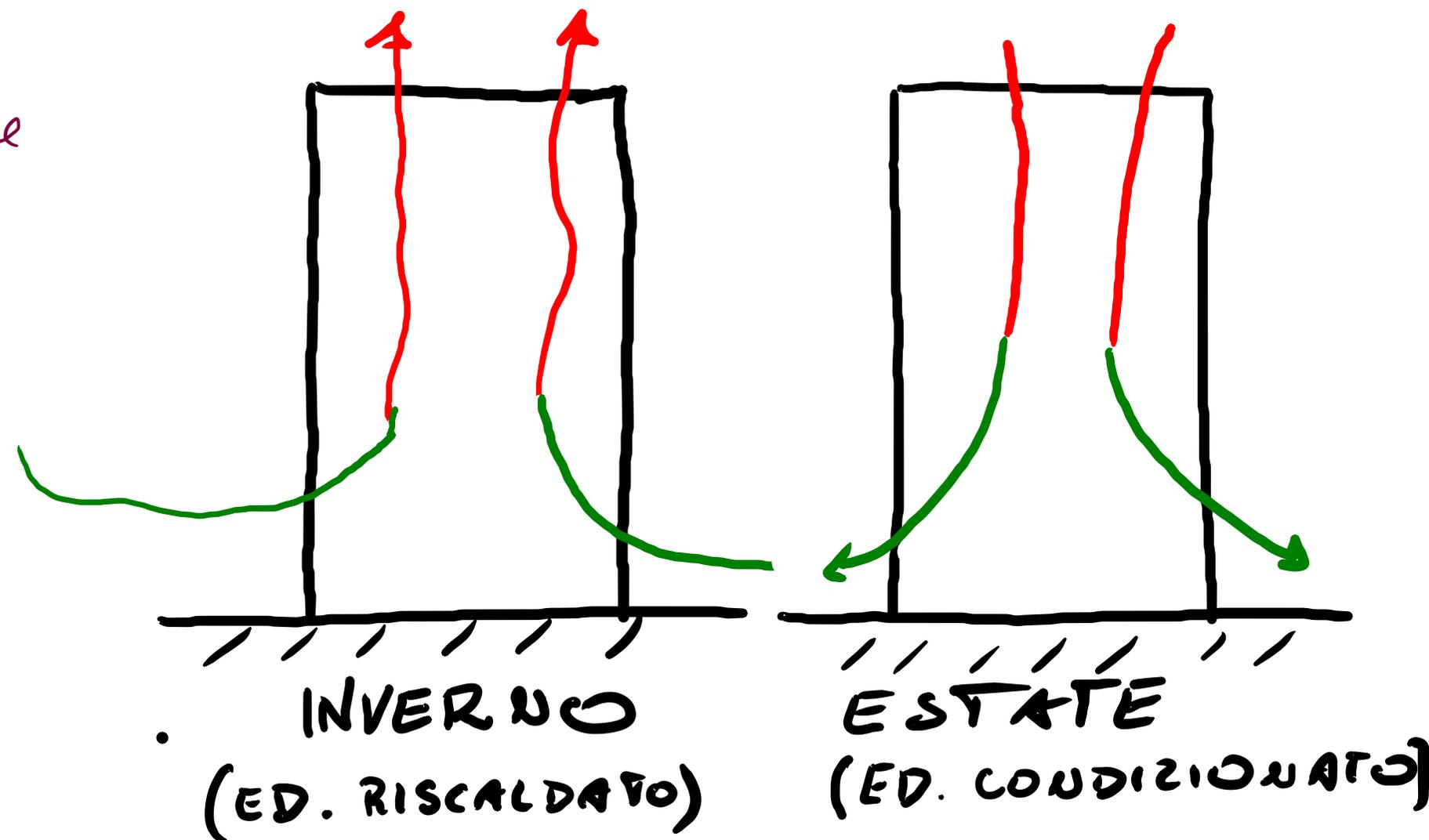
Come stimare  $\dot{m}_{a,s}$  nel caso delle infiltrazioni d'aria, in ambienti privi di ventilazione forzata?

Innanzitutto, le infiltrazioni d'aria sono causate da differenze di pressione tra interno ed esterno, dovute a:

► Vento



► Differenza di temperatura e galleggiamento (eff. camino)



il numero  $n$  di volumi ambiente rinnovati all'ora per infiltrazioni è dato da:

$$n = p(C_v S_v + C_o S_o)/V$$

dove:

$p$  = differenza di pressione efficace fra interno ed esterno (Pa);

$C_v$  = coefficiente di permeabilità delle pareti vetrate espresso in  $m^3/(h m^2 Pa)$ ;

$S_v$  = area dei serramenti esterni, compresa l'area dei cassonetti degli avvolgibili ( $m^2$ );

$C_o$  = coefficiente di permeabilità delle pareti opache espresso in  $m^3/(h m^2 Pa)$ ;

$S_o$  = area delle superfici delle pareti perimetrali opache ( $m^2$ );

$V$  = volume lordo climatizzato ( $m^3$ ).

I valori dei coefficienti  $C_v$  e  $C_o$  sono forniti dalla tabella 18 in funzione dei tipi di serramenti sotto l'aspetto della permeabilità all'aria. La differenza di pressione efficace per un ambiente di altezza  $h$  in metri è data dalla espressione:

$$p = [a_1 h^{b_1} + a_2 h^{b_2}]^{0,25}$$

I valori di  $a_1$  e  $b_1$  sono riportati nella tabella 19 e quelli di  $a_2$  e  $b_2$  nella tabella 20.

progetto di norma CTI 9/124b "Calcolo per la qualificazione energetica degli edifici e degli impianti di riscaldamento", che

Tab. 18 Valori dei coefficienti di permeabilità dell'aria  $C$   $m^3/(h m^2 Pa)$  (da Norma UNI 7959)

Tipo di serramenti	$C_v$		$C_o$
Tenuta mediocre	5,0	Doppia finestra	0,35
Senza guarnizioni	2,5	Pareti in muratura e copertura	0,04
Con guarnizioni	1,0		

Tab. 19 Valori dei coefficienti  $a_1$  e  $b_1$

Contesto territoriale	Zona di vento (1)			
	1 $a_1$	2-3 $a_1$	4 $a_1$	$b_1$
Centro urbano	0,0076	0,0475	0,190	0,91
Periferia	0,0146	0,0913	0,365	0,69
Campagna	0,0332	0,2075	0,830	0,42

(1) Le quattro zone di vento sono quelle in cui convenzionalmente è stata divisa l'Italia secondo la norma CNR-UNI 10012.

Tab. 20 Valori dei coefficienti  $a_2$  e  $b_2$

Permeabilità verticale dell'edificio	Temperatura media esterna			$b_2$
	$\leq 7$ °C $a_2$	da 7° a 10 °C $a_2$	$\geq 10$ °C $a_2$	
Elevata	0,0526	0,0404	0,0280	1,0
Media	0,0263	0,0202	0,0140	0,69
Bassa	0,1526	0,1170	0,0814	0,00

Dalle tabelle si trova:

$$C_v = 1,0 \text{ (serramenti con guarnizioni)}$$

$$C_o = 0,04 \text{ (ed. in muratura)}$$

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= 0,0913 \\ b_1 &= 0,69 \end{aligned} \right\} \text{Lato di vento 3, periferia}$$

$$a_2 = \begin{cases} 0,0263 & \text{Inverno} \\ 0,014 & \text{Estate} \end{cases} \left. \vphantom{a_2} \right\} \text{In funzione della temperatura medio oraria esterna}$$

Si trova:

$$n = \begin{cases} 0,271 \text{ volumi/ora} & \text{(inverno)} \\ 0,264 \text{ volumi/ora} & \text{(estate)} \end{cases}$$

• Esempio 10. Calcolare nelle stagioni estiva e invernale la portata dell'aria di infiltrazione per un edificio in muratura isolato, di tre piani fuori terra destinato a uffici, situato in Genova periferia, altezza s.l.m. 180 m, distanza dalla costa 500 m, e avente le seguenti caratteristiche costruttive:

volume lordo climatizzato  
 $V = 1200 \text{ m}^3$

altezza edificio  $h = 9 \text{ m}$

area superfici vetrate  $S_v = 350 \text{ m}^2$

area superfici opache compreso copertura  $S_o = 770 \text{ m}^2$

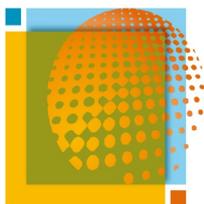
permeabilità edificio media  
serramenti con guarnizioni  
 Caratteristiche climatiche:

temperatura aria esterna estate  $30 \text{ }^\circ\text{C}$

temperatura aria esterna inverno  $0 \text{ }^\circ\text{C}$

zona di vento

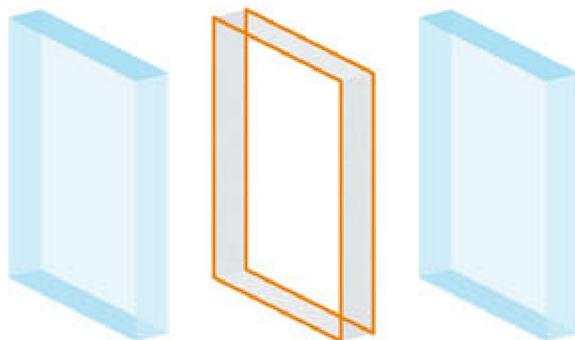
3



## Determinazione dei parametri luminosi energetici e termici secondo EN13363-2 (modalità EN13363 - Standard - calcoli effettuati su integrated values )

di una vetrata denominata e composta da:

1. Glass: Float chiaro thick.: 4 mm  
[Tv=89,57%,Rv=8,09%,Rv'=8,09%,Te=82,62%,Re=7,47%,Re'=7,47%,e=0,89,e'=0,89 spectral]
2. Gap: thickness 12,0 mm - ARGON (100 %)
3. Glass: Float chiaro thick.: 4 mm  
[Tv=89,57%,Rv=8,09%,Rv'=8,09%,Te=82,62%,Re=7,47%,Re'=7,47%,e=0,89,e'=0,89 spectral]



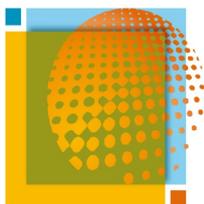
1 2 3

Condizioni di calcolo EN13363-2 Riferimento				
	Radiazione solare	300,00	W/m <sup>2</sup>	
	Fraz. radiazione diffusa	0,15		
Esterno:	T aria	278,15	K	5,00 °C
	T radiante	278,15	K	5,00 °C
	Coeff. adduzione	18,00	W/(m <sup>2</sup> K)	
Interno:	T aria	293,15	K	20,00 °C
	T radiante	293,15	K	20,00 °C
	Coeff. adduzione	3,60	W/(m <sup>2</sup> K)	

Risultati secondo EN13363-2:2006		
Fattore di trasmissione luminosa, $\tau_v$	80,76	%
Fattore di riflessione luminosa, $\rho_v$	14,62	%
Fattore di trasmissione energetica diretta, $\tau_e$	68,64	%
Fattore di riflessione energetica diretta, $\rho_e$	12,60	%
$q_i$	6,83	%
Fattore solare, $g$	75,48	%
Altri calcoli		
Trasmittanza termica, $U^{\S}$	2,8	W/m <sup>2</sup> K

UNI EN 14501:2006 Tende e chiusure oscuranti Benessere termico e visivo Caratteristiche prestazionali e classificazione	
Classe prestazionale	0

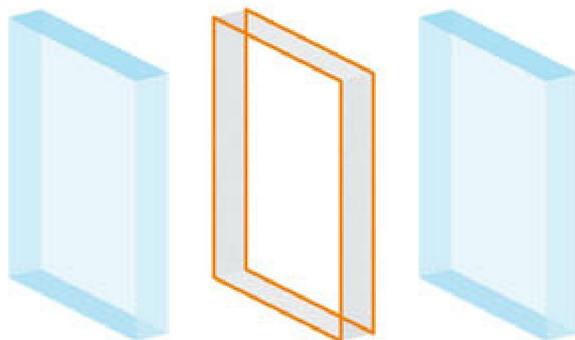
<sup>§</sup>il valore-U è calcolato in base ai flussi termici calcolati, nelle condizioni sopra riportate, come previsto dalla norma EN13363 ma NON è previsto dalla norma EN13363.



## Determinazione dei parametri luminosi energetici e termici secondo EN13363-2 (modalità EN13363 - Standard - calcoli effettuati su integrated values )

di una vetrata denominata e composta da:

1. Glass: Float chiaro thick.: 4 mm  
[Tv=89,57%,Rv=8,09%,Rv'=8,09%,Te=82,62%,Re=7,47%,Re'=7,47%,e=0,89,e'=0,89 spectral]
2. Gap: thickness 12,0 mm - ARGON (100 %)
3. Glass: Float chiaro thick.: 4 mm  
[Tv=89,57%,Rv=8,09%,Rv'=8,09%,Te=82,62%,Re=7,47%,Re'=7,47%,e=0,89,e'=0,89 spectral]



1 2 3

Condizioni di calcolo EN13363-2 Riferimento				
	Radiazione solare	300,00	W/m <sup>2</sup>	
	Fraz.radiazione diffusa	0,15		
Esterno:	T aria	278,15	K	5,00 °C
	T radiante	278,15	K	5,00 °C
	Coeff. adduzione	18,00	W/(m <sup>2</sup> K)	
Interno:	T aria	293,15	K	20,00 °C
	T radiante	293,15	K	20,00 °C
	Coeff. adduzione	3,60	W/(m <sup>2</sup> K)	

Risultati secondo EN13363-2:2006		
Fattore di trasmissione luminosa, $\tau_v$	80,76	%
Fattore di riflessione luminosa, $\rho_v$	14,62	%
Fattore di trasmissione energetica diretta, $\tau_e$	68,64	%
Fattore di riflessione energetica diretta, $\rho_e$	12,60	%
$q_i$	6,83	%
Fattore solare, $g$	75,48	%
Altri calcoli		
Trasmittanza termica, $U^{\S}$	2,8	W/m <sup>2</sup> K

UNI EN 14501:2006 Tende e chiusure oscuranti Benessere termico e visivo Caratteristiche prestazionali e classificazione	
Classe prestazionale	0

<sup>§</sup>il valore-U è calcolato in base ai flussi termici calcolati, nelle condizioni sopra riportate, come previsto dalla norma EN13363 ma NON è previsto dalla norma EN13363.

