



# CORSO TECNICO-PRATICO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI

Giovedì 29 Settembre 2016  
Ing. Emanuele Pifferi



## INTRODUZIONE AL CORSO

### Moduli e Argomenti del corso tecnico-pratico

<b>MODULO 1 - Involucro invernale ed estivo</b>		<b>12 ore</b>
<b>1.1 Involucro regime invernale e UNI-TS parte 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il bilancio del sistema edificio-impianto: cos'è un sistema edificio impianto, basi per il calcolo della prestazione energetica</li> <li>- trasmissione del calore attraverso strutture opache e trasparenti</li> <li>- aspetti da considerare nel calcolo delle trasmittanze termiche</li> <li>- calcolo della trasmittanza termica di strutture di nuova realizzazione e esempi</li> </ul>	4 ore  Sonia Subazzoli
<b>1.2 Involucro regime estivo e UNI-TS parte 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- comportamento estivo delle strutture opache: inerzia termica, sfasamento e smorzamento dell'onda termica, trasmittanza termica periodica</li> <li>- comportamento estivo delle strutture trasparenti</li> <li>- esempi per la protezione dall'irraggiamento e la realizzazione di involucri edilizi ad elevata prestazione</li> </ul>	4 ore  Emanuele Pifferi
<b>1.3 Esempi di calcolo di prestazioni dell'involucro e fabbisogni con software di calcolo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- calcolo del fabbisogno di un involucro edilizio con il software Termo</li> <li>- importazione dei materiali da archivio e creazione di materiali personalizzati, creazione di strutture (pareti, solai) di progetto, calcolo e analisi del comportamento estivo e invernale</li> <li>- creazione di finestre e assegnazione delle schermature solari, calcolo degli apporti gratuiti</li> <li>- inserimento dei dati geometrici di un edificio di esempio attraverso il layout grafico</li> <li>- calcolo dei fabbisogni energetici dell'involucro invernale ed estivo</li> </ul>	4 ore  Sonia Subazzoli
Test per la verifica dell'apprendimento		

# Programma della giornata

1

## FABBISOGNO TERMICO IN REGIME ESTIVO

Il bilancio energetico in regime estivo, il comportamento estivo riportato sull'APE e i parametri estivi da calcolare per la certificazione energetica e il rispetto dei requisiti minimi

2

## INVOLUCRO OPACO : DALL'INERZIA TERMICA ALLA TRASM. PERIODICA

Trasmissione del calore in regime estivo attraverso strutture opache: inerzia termica, sfasamento e smorzamento dell'onda termica, trasmittanza termica periodica

3

## INVOLUCRO TRASPARENTE : CARATTERISTICHE DELLE VETRATE E RUOLO DELLE SCHERMATURE

Trasmissione del calore in regime estivo attraverso strutture trasparenti e ruolo delle schermature nel miglioramento della prestazione estiva

4

## REQUISITI MINIMI E PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO ESTIVO

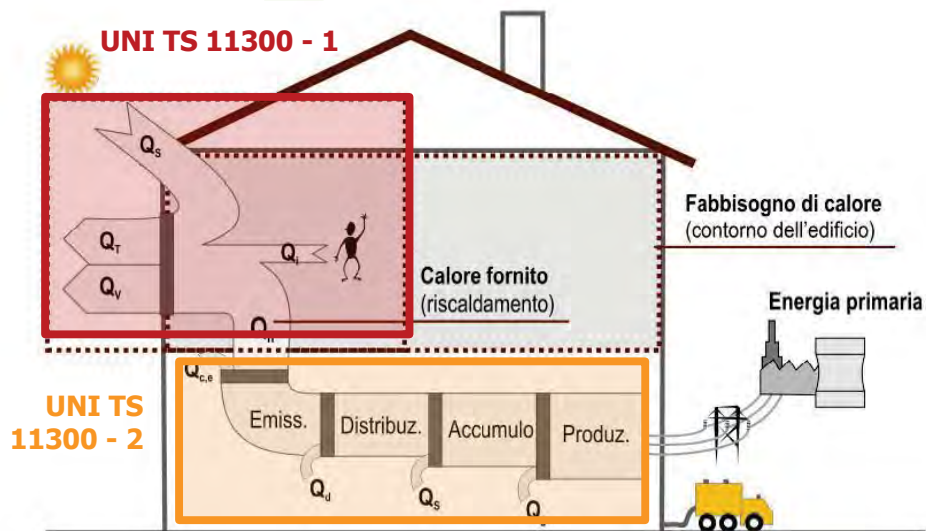
Parametri oggetto di verifica ai sensi della DGR 967/2015 per la valutazione delle prestazioni dell'involucro estivo

# CORSO sulla Certificazione Energetica

1

## FABBISOGNO TERMICO IN REGIME ESTIVO

Il bilancio energetico in regime estivo, il comportamento estivo riportato sull'APE e i parametri estivi da calcolare per la certificazione energetica e il rispetto dei requisiti minimi



# IL BILANCIO DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO

## Involucro edilizio – UNI TS 11300-1

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{gn}$$

$$Q_{ht} = Q_{tr} + Q_{ve}$$

$$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol}$$

$Q_{ht}$ : scambio termico totale

$Q_{tr}$ : scambio termico per trasmissione

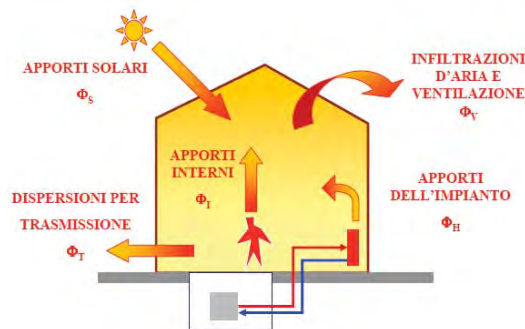
$Q_{ve}$ : scambio termico per ventilazione

$Q_{gn}$ : apporti termici totali

$Q_{int}$ : apporti termici interni

$Q_{sol}$ : apporti termici solari

### DISPERSIONI



### APPORTI GRATUITI

# IL BILANCIO DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO

## Bilancio energetico: riscaldamento invernale

UNI TS 11300-1 5.1

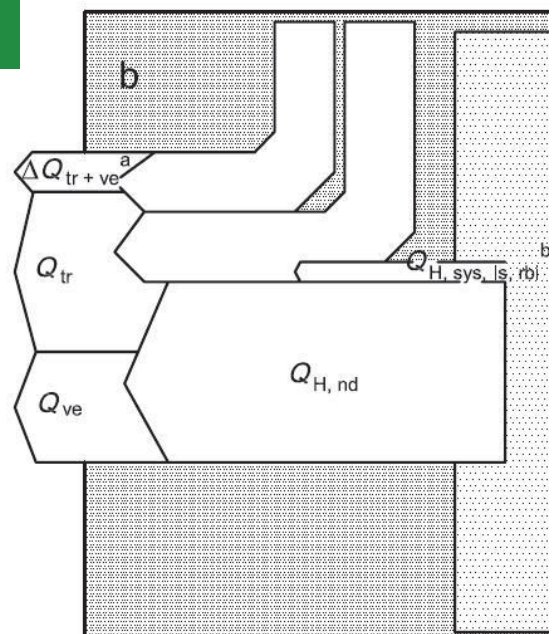
$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{gn}$$

$Q_{H,nd}$ : fabbisogno energetico dell'involucro in regime di riscaldamento continuo, assunto maggiore o uguale a zero (nella UNI TS 11300 chiamato fabbisogno ideale di energia dell'edificio per il riscaldamento) [kWh oppure J]

$Q_{H,ht}$ : scambio termico totale nel caso di riscaldamento

$\eta_{H,gn}$ : fattore di utilizzazione degli apporti termici [-]

$Q_{gn}$ : apporti termici totali



# IL BILANCIO DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO

## Bilancio energetico: raffrescamento estivo

UNI TS 11300-1  
5.2

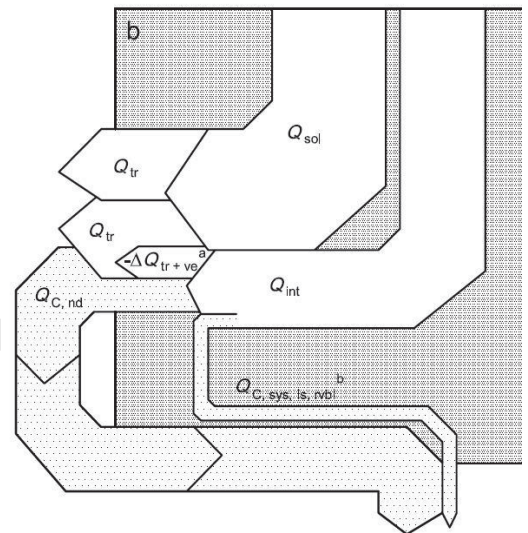
$$Q_{C,nd} = Q_{gn} - \eta_{C,ls} \cdot Q_{C,ht}$$

$Q_{C,nd}$ : fabbisogno energetico dell'involucro in regime di raffrescamento continuo, assunto maggiore o uguale a zero (nella UNI TS 11300 chiamato fabbisogno ideale di energia dell'edificio per il raffrescamento) [kWh oppure J]

$Q_{gn}$ : apporti termici totali

$\eta_{C,ls}$ : fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche [-]

$Q_{C,ht}$ : scambio termico totale nel caso di raffrescamento



Giovedì 29 Settembre 2016 | ING. EMANUELE PIFFERI | Gruppo EDEN

7/120

# IL BILANCIO DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO

## Temperatura interna

UNI TS 11300-1 8

### Climatizzazione estiva

Per tutte le categorie di edifici ad esclusione delle categorie E.6(1), E.6(2) (come definite nel DPR n. 412/93), si assume una temperatura interna costante pari a **26°C**.

Per gli edifici di categoria E.6(1)  
PISCINE, SAUNE E ASSIMILABILI- si assume una temperatura interna costante pari a **28 °C**

Per gli edifici di categoria E.6(2)  
PALESTRE E ASSIMILABILI- si assume una temperatura interna costante pari a **24 °C**.

Giovedì 29 Settembre 2016 | ING. EMANUELE PIFFERI | Gruppo EDEN

8/120



# IL BILANCIO DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO

## Bilancio energetico: raffrescamento estivo

$$Q_{C,nd} = Q_{gn} - \eta_{C,ls} \times Q_{C,ht} \equiv (Q_{int} + Q_{sol,w}) - \eta_{C,ls} \times (Q_{C,tr} + Q_{C,ve})$$

ove

$$\eta_{C,gn} = f(\gamma_C, \tau)$$

$\gamma_C$  rapporto tra apporti gratuiti (interni e solari) e dispersioni (per trasmissione e ventilazione)

$$\gamma_C = \frac{Q_{gn}}{Q_{C,ht}} \equiv \frac{Q_{int} + Q_{sol,w}}{Q_{C,tr} + Q_{C,ve}}$$

$\tau$  costante tempo della zona termica [s]

$$\tau = \frac{C_m}{H} \equiv \frac{\sum_j k_j \times A_j}{H_{tr} + H_{ve}}$$

$C_m$  capacità termica interna (efficace) dell'edificio/del locale [J/K]

$H$  coefficiente di dispersione (per trasmissione e ventilazione) [W/K]

$k_j$  capacità termica per unità di area della j-esima superficie interna [J/(m<sup>2</sup>K)]

$A_j$  area della j-esima superficie interna [m<sup>2</sup>]



# IL BILANCIO DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO

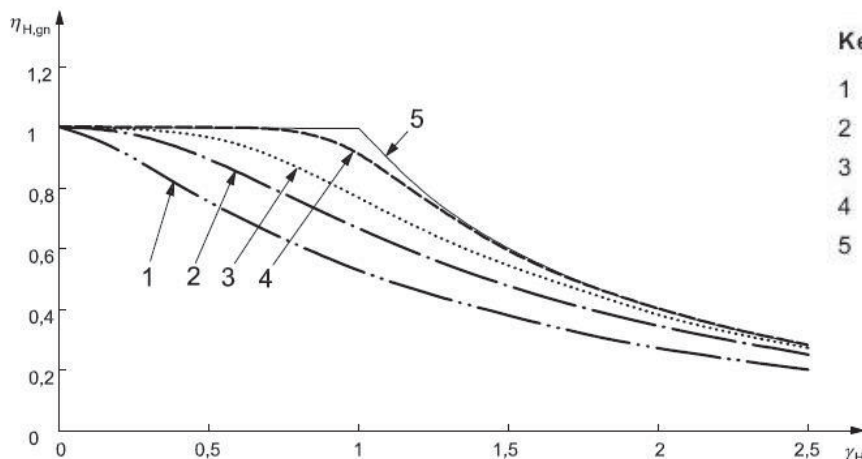
## Bilancio energetico: raffrescamento estivo

$$Q_{C,nd} = Q_{gn} - \eta_{C,ls} \times Q_{C,ht} \equiv (Q_{int} + Q_{sol,w}) - \eta_{C,ls} \times (Q_{C,tr} + Q_{C,ve})$$

$$\eta_{C,gn} = f(\gamma_C, \tau)$$

$$\gamma_C = \frac{Q_{gn}}{Q_{C,ht}}$$

$$\tau = \frac{C_m}{H}$$



### Key

- 1 time constant of 8 h (low inertia)
- 2 time constant of 1 d
- 3 time constant of 2 d
- 4 time constant of 7 d
- 5 time constant infinite (high inertia)

# IL BILANCIO DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO

## Bilancio energetico: raffrescamento estivo

Prospetto 16 – Capacità termica per unità di superficie di involucro [kJ/(m<sup>2</sup>·K)]

Intonaci	Caratteristiche costruttive dei componenti edilizi			Numero di piani		
	Isolamento	Pareti esterne	Pavimenti	1	2	≥3
				Capacità termica areica		
gesso	interno	qualsiasi	tessile	75	75	85
	interno	qualsiasi	legno	85	95	105
	interno	qualsiasi	piastrelle	95	105	115
	assente/esterno	leggere/blocchi	tessile	95	95	95
	assente/esterno	medie/pesanti	tessile	105	95	95
	assente/esterno	leggere/blocchi	legno	115	115	115
	assente/esterno	medie/pesanti	legno	115	125	125
	assente/esterno	leggere/blocchi	piastrelle	115	125	135
malta	assente/esterno	medie/pesanti	piastrelle	125	135	135
	interno	qualsiasi	tessile	105	105	105
	interno	qualsiasi	legno	115	125	135
	interno	qualsiasi	piastrelle	125	135	135
	assente/esterno	leggere/blocchi	tessile	125	125	115
	assente/esterno	medie	tessile	135	135	125
	assente/esterno	pesanti	tessile	145	135	125
	assente/esterno	leggere/blocchi	legno	145	145	145
	assente/esterno	medie	legno	155	155	155
	assente/esterno	pesanti	legno	165	165	165
Giovec	assente/esterno	leggere/blocchi	piastrelle	145	155	155
	assente/esterno	medie	piastrelle	155	165	165
	assente/esterno	pesanti	piastrelle	165	165	165

11/120

# IL BILANCIO DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO

## Bilancio energetico: raffrescamento estivo

La **capacità termica interna (efficace)** può essere ricavata dalla matrice di trasferimento Z in termini di capacità termica areica, cioè di capacità termica efficace per unità di superficie del componente edile. Più specificamente, per ogni componente edile delimitante un ambiente si ha:

$$\kappa_i \equiv \frac{C_i}{A_i} = \frac{1}{\omega} |Y_{ii} - Y_{ie}|$$

ove il pedice i significa che si considera il lato interno del componente, e

- $\kappa_i$  capacità termica areale dell'elemento [J/(m<sup>2</sup>·°C)]
- $C_i$  capacità termica interna totale dell'elemento [J/°C]
- $A_i$  superficie interna [m<sup>2</sup>]
- $Y_{ii}$  ammettenza termica interna [W/(m<sup>2</sup>·°C)], tale che

$$Y_{ii} = -\frac{Z_{ii}}{Z_{ie}}$$

L'effettiva capacità termica interna delle intere strutture interne è la somma delle capacità termiche interne di tutti gli elementi costitutivi.

# IL BILANCIO DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO

## Durata del periodo di raffrescamento estivo

Il primo e l'ultimo giorno del periodo di raffrescamento sono calcolati, secondo il metodo *b* riportato al punti 7.4.1.2 della UNI EN ISO 13790:2008, come i giorni in cui il rapporto adimensionale dispersioni/apporti per la modalità di raffrescamento,  $1/\gamma_c$ , è uguale al suo valore limite:

$$(1/\gamma_{c,day}) = (1/\gamma_c)_{lim} = (a_c + 1) / a_c$$

con

$$a_c = a_{c,0} + \frac{\tau}{\tau_{c,0}} + k \frac{A_w}{A_f}$$

ove

$A_w$  area finestrata [m<sup>2</sup>]

$A_f$  area climatizzata [m<sup>2</sup>]

e, con periodo di calcolo mensile si può assumere  $a_{c,0}=8.1$ ,  $\tau_{c,0}=17$  h e  $k=13$ .

I giorni limite del periodo di raffrescamento si determinano interpolando linearmente i valori medi mensili dei parametri ambientali riportati nella UNI 10349, attribuiti al 15° giorno di ogni mese.

## DM 26/06/2015 | DGR 1275 CERTIFICAZIONE

### Servizi energetici compresi nel calcolo della prestazione energetica

Dal al 1° Ottobre 2015:

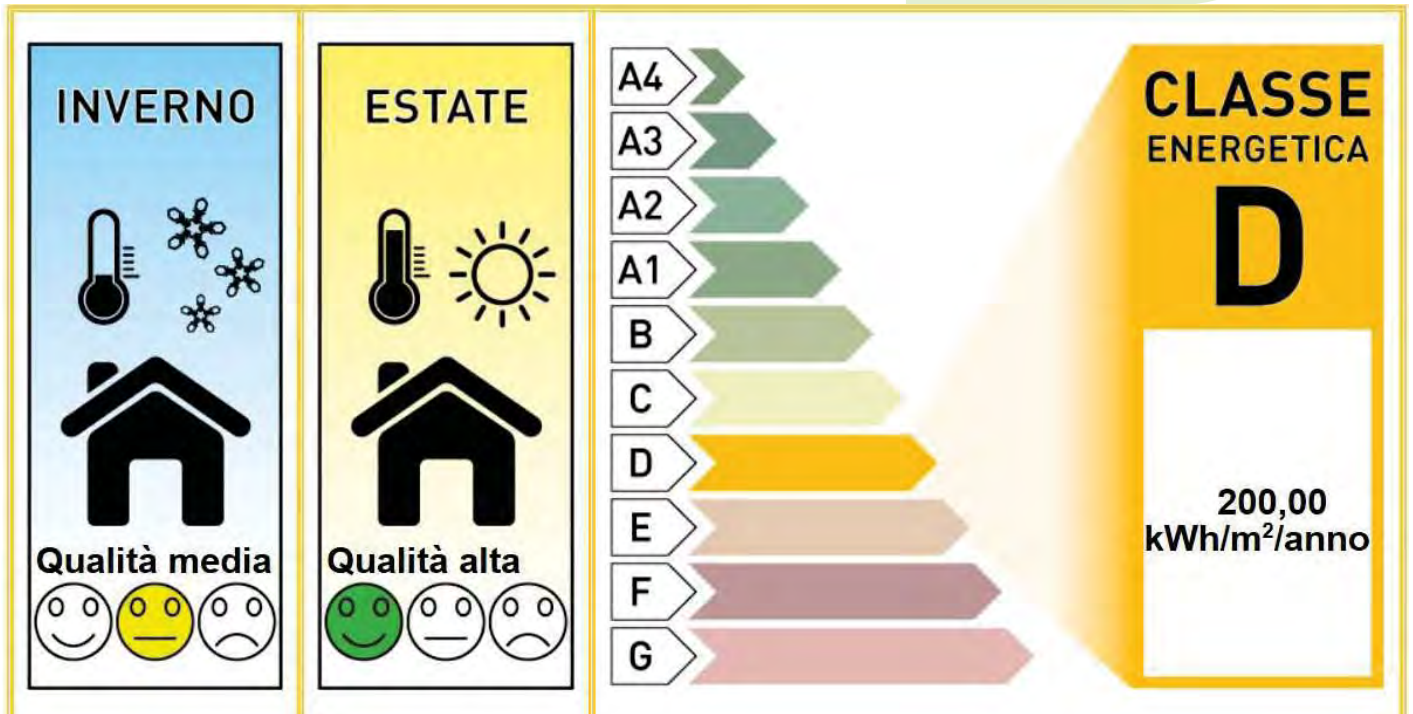


$$E_{p_{gl,nr}} = E_{p_{H,nr}} + E_{p_{W,nr}} + E_{p_{C,nr}} + E_{p_{V,nr}} + E_{p_{L,nr}} + E_{p_{T,nr}}$$



# DM 26/06/2015 | DGR 1275 CERTIFICAZIONE

## Prestazioni dell'involucro



# DM 26/06/2015 | DGR 1275 CERTIFICAZIONE

## Prestazioni dell'involucro

Prestazione invernale dell'involucro	Qualità	Indicatore	
$EP_{H,nd} \leq 1^* EP_{H,nd,Lst}$	alta		
$1^* EP_{H,nd,Lst} < EP_{H,nd} \leq 1,7^* EP_{H,nd,Lst}$	media		
$EP_{H,nd} > 1,7^* EP_{H,nd,Lst}$	bassa		

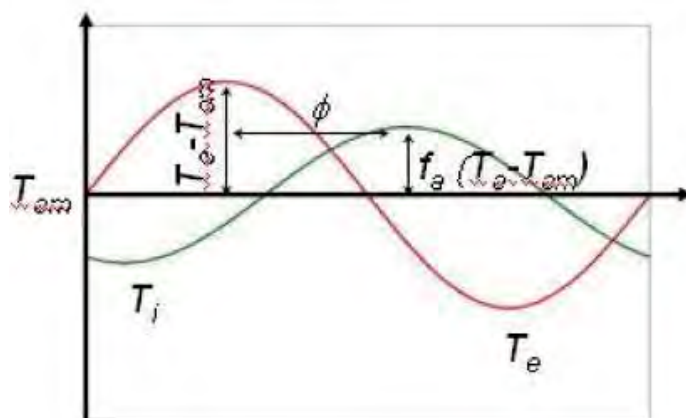
Prestazione estiva dell'involucro		Qualità	Indicatore	
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} \leq 0,03$	$Y_{IE} \leq 0,14$	alta		
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} \leq 0,03$	$Y_{IE} > 0,14$	media		
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} > 0,03$	$Y_{IE} \leq 0,14$			
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} > 0,03$	$Y_{IE} > 0,14$	bassa		



# CORSO sulla Certificazione Energetica

## INVOLUCRO OPACO : DALL'INERZIA TERMICA ALLA TRASMITTANZA PERIODICA

Trasmissione del calore in regime estivo attraverso strutture opache: inerzia termica, sfasamento e smorzamento dell'onda termica, trasmittanza termica periodica



Linea rossa – Temperatura superficiale esterna estiva  
Linea verde – Temperatura superficiale interna estiva

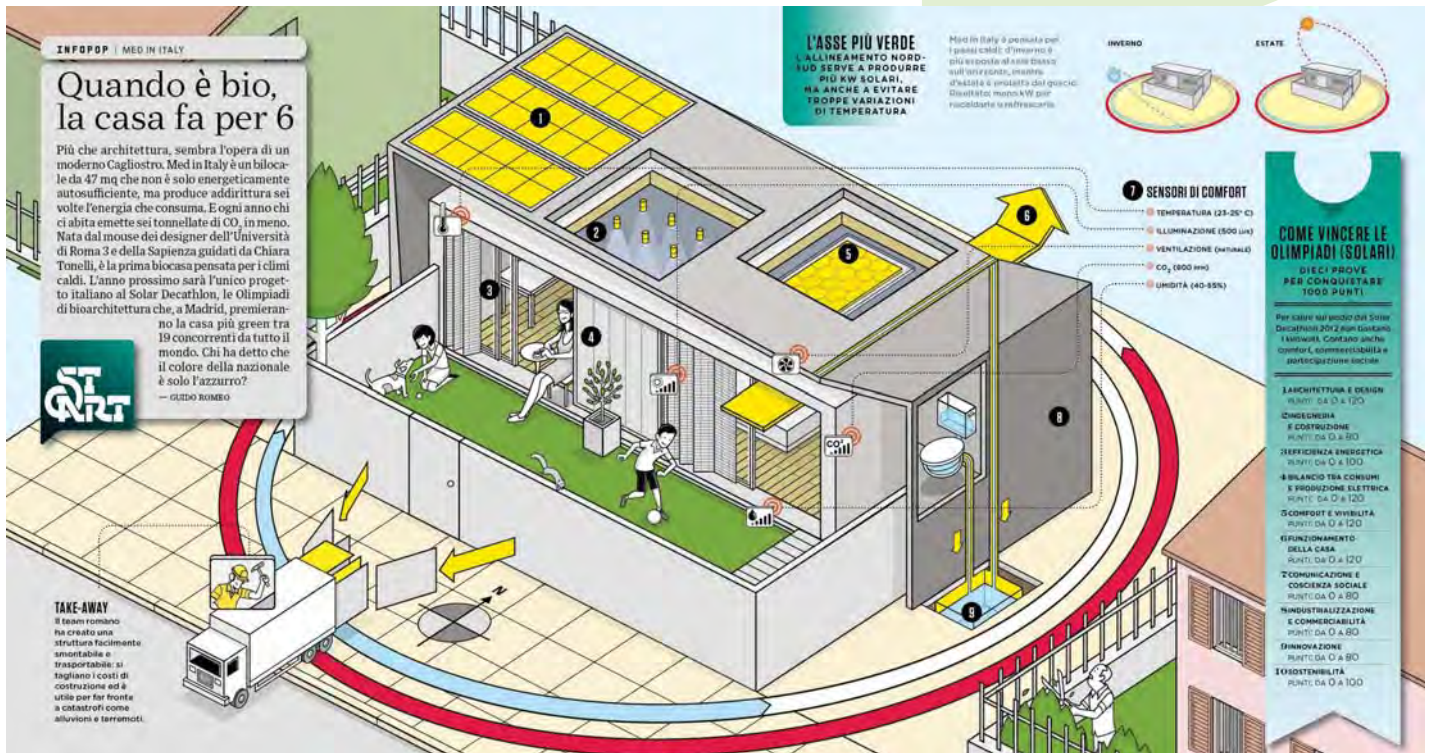
## MED IN ITALY

3° classificato al Solar Decathlon Europe



# MED IN ITALY

## La sintesi dei capisaldi della bioarchitettura



Giovedì 29 Settembre 2016 | ING. EMANUELE PIFFERI | Gruppo EDEN

19/120

# MED IN ITALY

## 5 principi per un'architettura mediterranea



### 1. Passiva

In un clima che alterna inverni miti e estati calde, le case che funzionano meglio sono le case pesanti, in pietra o in laterizio, nelle quali la **massa muraria** funziona da ammortizzatore termico per garantire il comfort invernale e per assorbire i carichi termici estivi.

La richiesta sempre più pressante del mercato immobiliare di controllare la qualità e il comportamento prestazionale dell'edificio e dei suoi componenti, contenendone il costo di costruzione e di esercizio, spinge però verso prodotti industriali, realizzati in stabilimento. I **systemi di prefabbricazione** meglio recepiti dal mercato risultano quelli in legno, che ben si prestano all'uso di macchine a controllo numerico ed offrono un'ottima risposta alle sollecitazioni sismiche. Si tratta però di sistemi costruttivi leggeri, vantaggiosi per la movimentazione e il trasporto, ma con valori di massa molto lontani da quelli della muratura tradizionale.

Una soluzione può essere **l'inserimento nella stratigrafia di parete, oltre ad un adeguato spessore di materiali isolanti, anche di un'intercapedine vuota da riempire, una volta montata la casa, con inerti pesanti reperiti in loco**. Questa soluzione triplica il valore di massa della parete, fornendo valori di inerzia termica e capacità di accumulo paragonabili a quelli di una muratura, e incrementa al contempo la resa acustica.

Giovedì 29 Settembre 2016 | ING. EMANUELE PIFFERI | Gruppo EDEN

20/120



## 5 principi per un'architettura mediterranea



### 2. Attiva

La casa di domani **produce tutta l'energia di cui necessita, e forse anche di più**. I sistemi comunemente utilizzati sono quelli fotovoltaici, che presentano due innovazioni utili per l'architettura: - la possibilità di generare energia elettrica con irraggiamento diffuso, offrendo conseguenti maggiori libertà progettuali poiché tutte le superfici esterne della costruzione diventano potenzialmente utilizzabili;

- a personalizzazione di forme e cromatismi dei pannelli, che aumentano le potenzialità espressive del rivestimento PV e il suo inserimento architettonico.

La progettazione di **un sistema intelligente di rilevazione e gestione delle condizioni di comfort** termoisolante, luminoso e di qualità dell'aria consente di ottimizzare il rapporto tra produzione e consumo e, se dotato di interfaccia user friendly, di far intervenire l'utente sul funzionamento del sistema edificio-impianto.

## 5 principi per un'architettura mediterranea



### 3. Rapida

Gli obiettivi della casa mediterranea di domani sono ridurre i costi, migliorare le prestazioni e contrarre i tempi di realizzazione e si raggiungono attraverso: l'industrializzazione del processo produttivo dei componenti; lo studio della logica di assemblaggio, facilitato dalla leggerezza al trasporto e alla movimentazione delle strutture; il trasferimento in stabilimento della maggior parte delle installazioni idricosanitarie, elettriche e di climatizzazione, attraverso la loro concentrazione in nuclei tecnologici da trasportare interi.



# MED IN ITALY

## 5 principi per un'architettura mediterranea



### 4. Ecoattenta

Un'attenta scelta dei materiali utilizzati è la risposta alla ricerca di un vero equilibrio con l'ambiente. I materiali sono riutilizzabili alla fine del ciclo di vita dell'edificio e riciclabili alla fine del ciclo di vita.

# MED IN ITALY

## 5 principi per un'architettura mediterranea



### 5. Densa

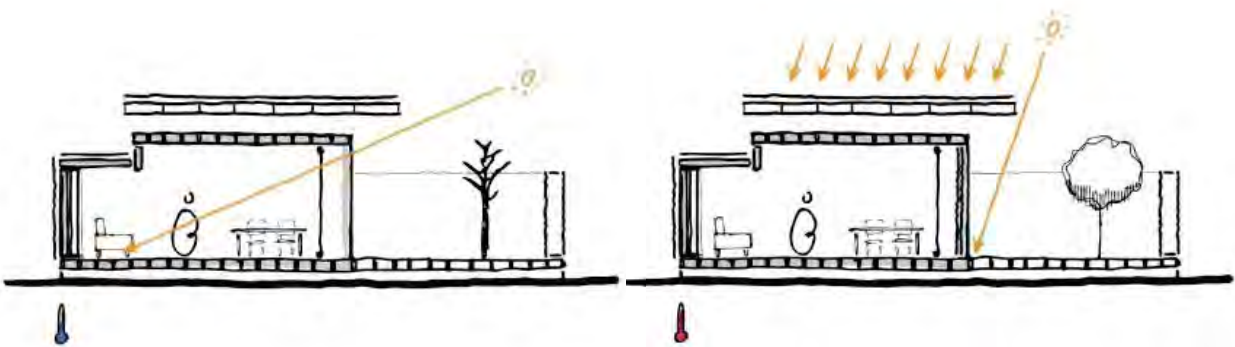
L'efficienza di un edificio passa anche per la sua potenziale densità abitativa, che permette minore uso di territorio, ma anche minori dispersioni e più contenuti costi di costruzione. È importante quindi che le caratteristiche tipologiche e costruttive di questi alloggi consentano aggregazioni orizzontali e verticali secondo schemi adattati di volta in volta al contesto di inserimento.

# MED IN ITALY

## Il ruolo di orientamento e schermature

L'orientamento è di fondamentale importanza per il comportamento energetico degli edifici. Si è deciso di orientare la casa con i fronti più ampi in direzione Sud e Nord; **le zone giorno si aprono sul fronte sud**, dove la radiazione solare, anche se più intensa, è facilmente controllabile attraverso la morfologia dell'edificio. Ad esempio, in estate la posizione del tetto fotovoltaico aiuta ad ombreggiare le superfici vetrate.

Il progetto prevede una parte esterna ed una interna: la parte interna è il *nucleo* della casa che ospita la cucina, il bagno e la zona tecnica, la parte esterna è l'involucro fotovoltaico che protegge la superficie del tetto e le facciate est e ovest, e ombreggia la facciata sud.



Giovedì 29 Settembre 2016 | ING. EMANUELE PIFFERI | Gruppo EDEN

25/120

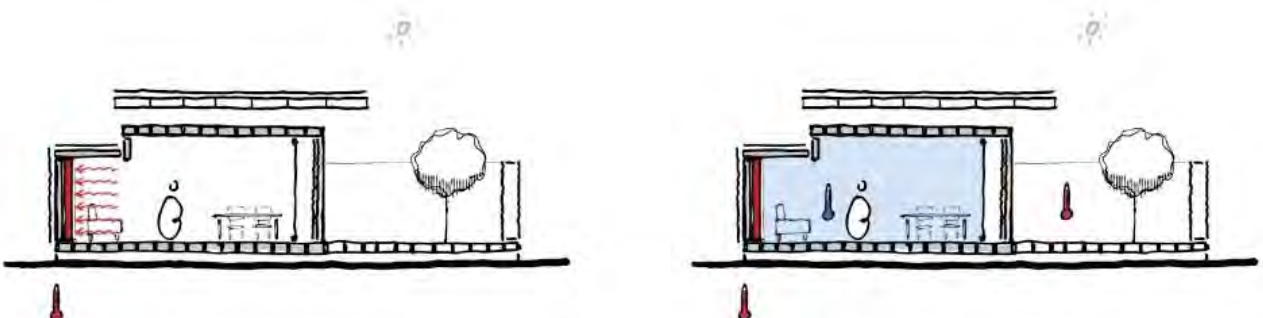
# MED IN ITALY

## Estate giorno, il ruolo della massa

Il progetto Med in Italy si basa su un attento studio dell'involucro, ponendo attenzione alla rimozione dei ponti termici e alla massimizzazione del rendimento passivo.

Particolare attenzione in fase progettuale è stata rivolta al tema della massa.

La costruzione è infatti prefabbricata in legno, ma una volta completato l'assemblaggio del telaio in legno viene aggiunta all'interno delle pareti opache **un'intercapedine riempita di materiali pesanti presenti localmente** (in base alla posizione della casa si potrebbe trattare di sabbia, terra, detriti recuperati, e così via). La casa lavora quindi come se venisse costruita con materiali tradizionali pesanti, con l'aggiunta di uno strato continuo di rivestimento isolante.



Giovedì 29 Settembre 2016 | ING. EMANUELE PIFFERI | Gruppo EDEN

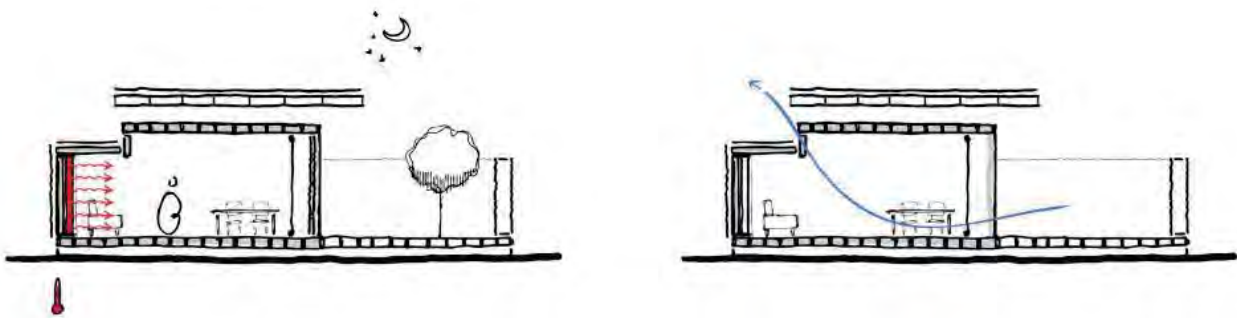
26/120

## Estate notte, il ruolo della massa

Grazie alla stratigrafia delle pareti l'involucro funziona come un organismo vivo, prevalentemente organizzato in due strati:

- uno strato interno, dotato di **massa inerziale** a diretto contatto con l'area interna, funziona come volano termico sia in inverno sia in estate.
- uno **strato esterno isolante** che avvolge l'intero edificio, ne consente l'isolamento dal freddo invernale e dall'irraggiamento estivo.

Durante le notti estive una **ventilazione incrociata** raffredda la massa portando fuori il calore della casa accumulato durante il giorno, così da evitare che questo venga rilasciato all'interno durante le ore notturne, come accade in inverno.



Giovedì 29 Settembre 2016 | ING. EMANUELE PIFFERI | Gruppo EDEN

27/28

# COMPORAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## INERZIA TERMICA

Strategie "storiche" contro il surriscaldamento:

- *Altezze utili importanti*
- *Sfoghi d'aria (effetto camino)*
- *Grandi rapporti superficie disperdente/volume utile*
- *Colori chiari, bianco*
- *Dimensione ed orientamento delle finestre*
- *Grandi spessori (masse) murarie*
- *Giardini pensili*
- *Chiostri, porticati, logge*
- *Tende, graticci, parasole...ecc*

Oggi queste strategie si chiamano: *cool-roof, free-cooling, coperture a verde, barriere vegetali, ombreggiature, schermature...*



# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## INERZIA TERMICA

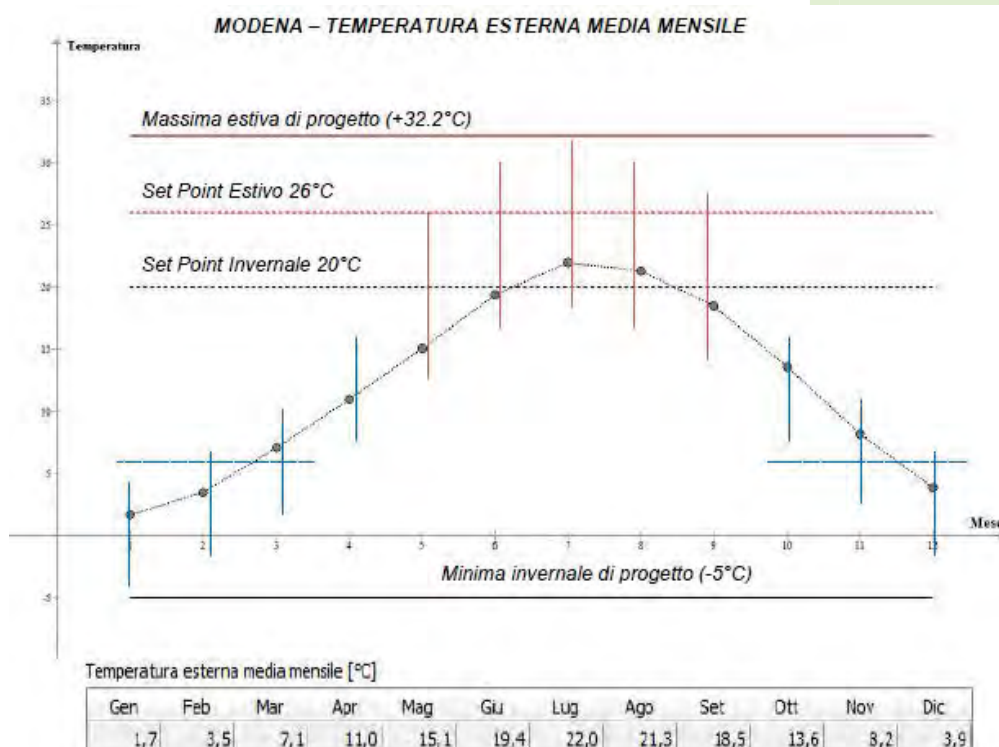
La differenza sostanziale è che oggi “quantifichiamo” l’effetto utile delle varie soluzioni, sia dal punto di vista *termico* che da quello *economico*.

Il progresso è consistito soprattutto in:

- *giustificazione teorica*
- *formalizzazione e modellazione matematica*
- *normazione dei comportamenti progettuali e costruttivi*
- *nuovi materiali (ma descrivibili con gli stessi parametri)*

# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## Premessa: caratteristiche del clima estivo



# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## Caratteristiche del clima estivo

Maggiore irraggiamento (condizioni meteorologiche, durata del giorno)

Temperatura esterna più alta

Maggiore variabilità dei flussi termici (condizioni meteorologiche, ombre)

Inversione dei flussi termici tra giorno e notte

# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## Caratteristiche del clima estivo

### Regime invernale

Nel periodo invernale, l'errore che si commette considerando "costante" la temperatura esterna è trascurabile (accettabile);

La differenza di temperatura (interno – esterno) è sempre positiva

Il flusso termico (di calore) è quindi sempre diretto dall'interno verso l'esterno

Il regime è "stazionario" anche su base giornaliera

### Regime estivo

Nel periodo estivo, l'errore che si commette considerando "costante" la temperatura esterna è inaccettabile;

La differenza di temperatura (interno – esterno) è sia positiva che negativa

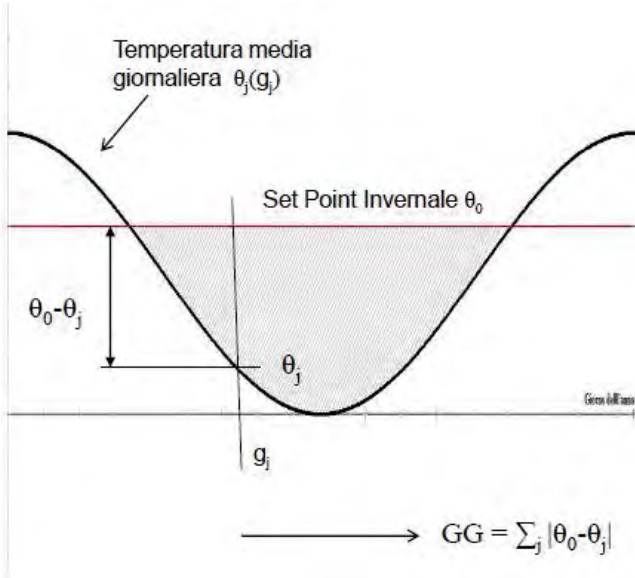
Il flusso termico (di calore) è diretto a volte dall'interno verso l'esterno e a volte viceversa

Il regime è tipicamente "transitorio", cioè variabile

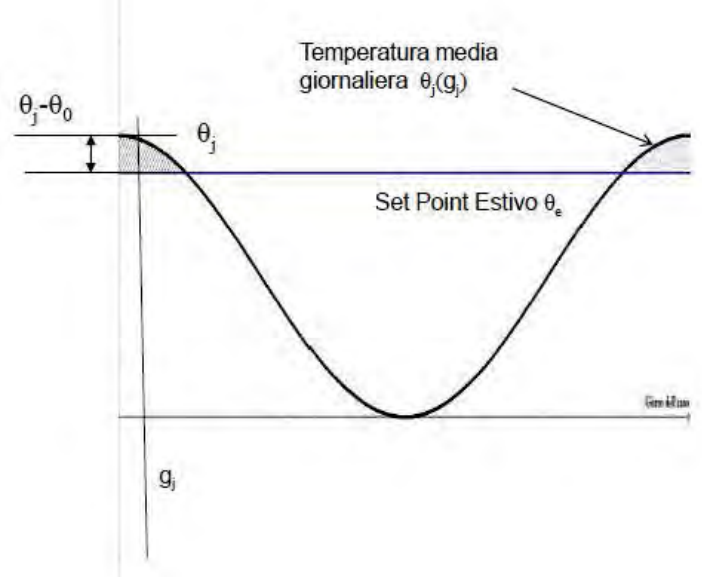
# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## Caratteristiche temperatura estiva

Regime invernale

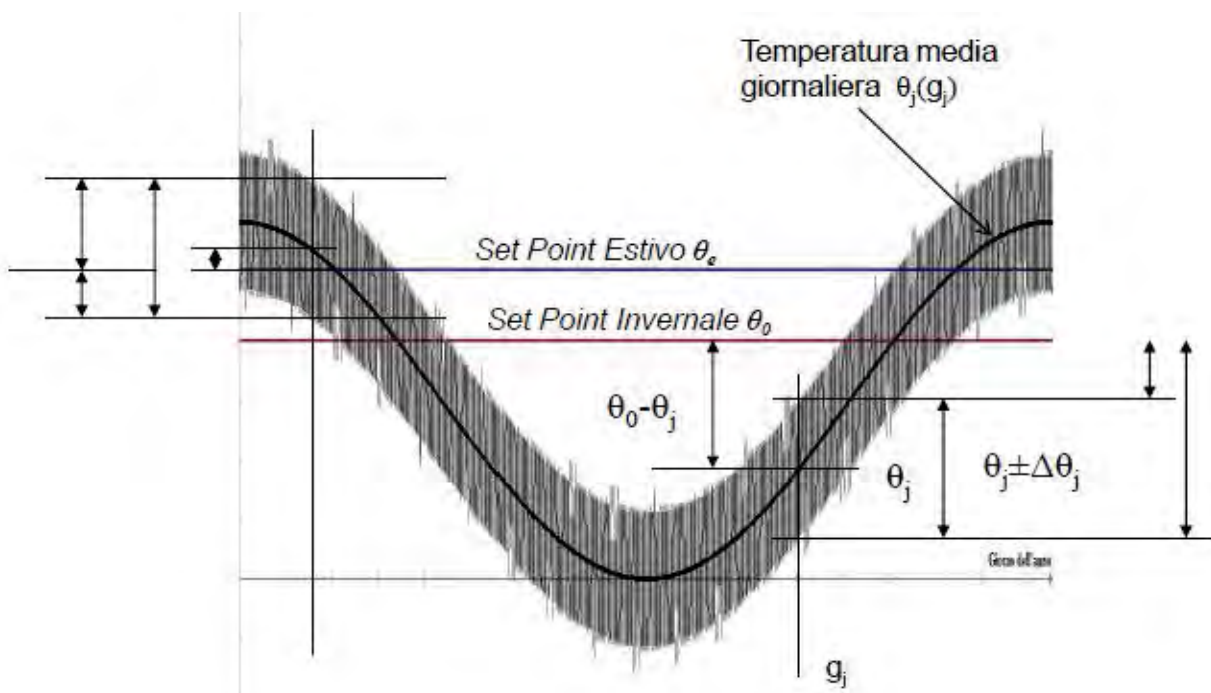


Regime estivo



# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## Caratteristiche temperatura estiva





# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## INERZIA TERMICA

Una struttura esposta ad una variazione di temperatura si riscalda o si raffredda **non istantaneamente**, ma impiega un certo tempo.

Il tempo necessario perché si instauri un nuovo equilibrio termico dipende

- dalle **caratteristiche della struttura**: parametri geometrici e termici della struttura

**e**

- dalle **caratteristiche della variazione di temperatura**: rapidità e ampiezza della variazione di temperatura

# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## INERZIA TERMICA

Il tempo di reazione della struttura (la sua inerzia) dipende essenzialmente dai suoi parametri termici e costitutivi:

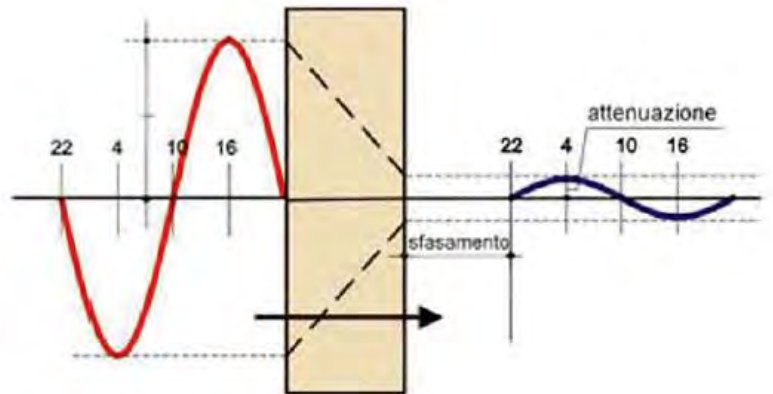
- *Massa,  $m$  (kg), Densità  $\rho$  (kg/m<sup>3</sup>), Massa Superficiale  $m_s$ , kg/m<sup>2</sup>)*
- *Calore specifico  $c_s$  (J/kgK), Capacità Termica  $C_t$  (J/K) o volumica  $C_{vol}$  (J/m<sup>3</sup>K)*
- *Conducibilità termica  $\lambda$  (W/mK) o Resistenza termica  $R_t$  (mK/W)*

# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## INERZIA TERMICA

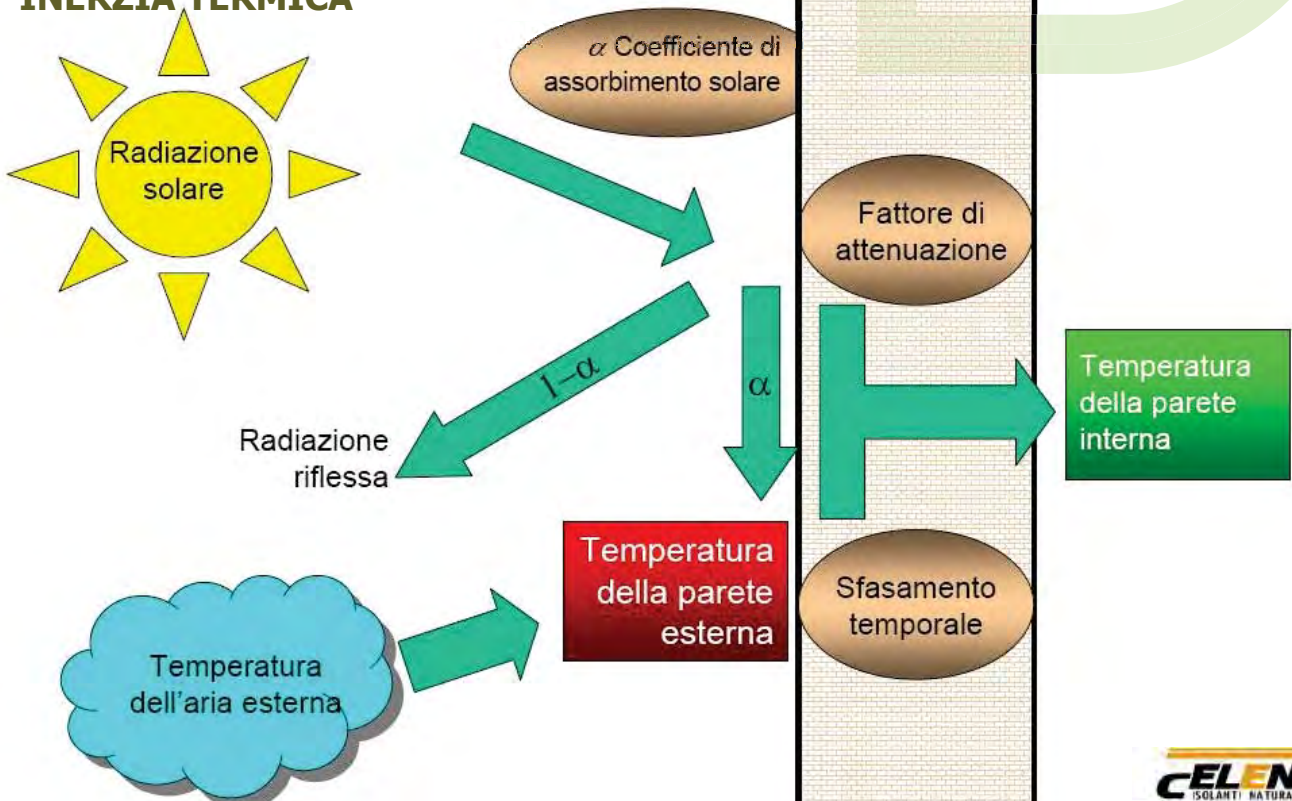
Per la natura dei materiali impiegati nell'edilizia, la velocità di evoluzione dei fenomeni termici è **nettamente governata dalla conduzione**, tanto da potere considerare, rispetto ad essa, quali istantanei gli altri scambi per convezione e irraggiamento.

Se utilmente impiegato, il ritardo con cui l'onda termica proveniente dall'esterno riemerge dalla faccia interna delle parete può consentire di avere ambienti con involucri ancora freschi quando all'esterno si ha il picco dell'irraggiamento solare e della temperatura dell'aria.



# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## INERZIA TERMICA

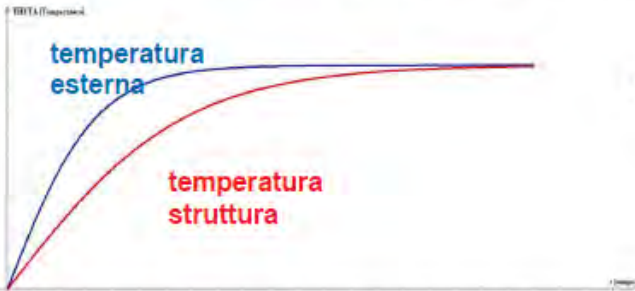


# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## CAPACITA' TERMICA E CALORE SPECIFICO

Ciò avviene perché la struttura possiede una capacità di accumulo di energia termica.

La **capacità termica** dipende dalla massa della struttura (quindi dalla sua densità) e dal calore specifico



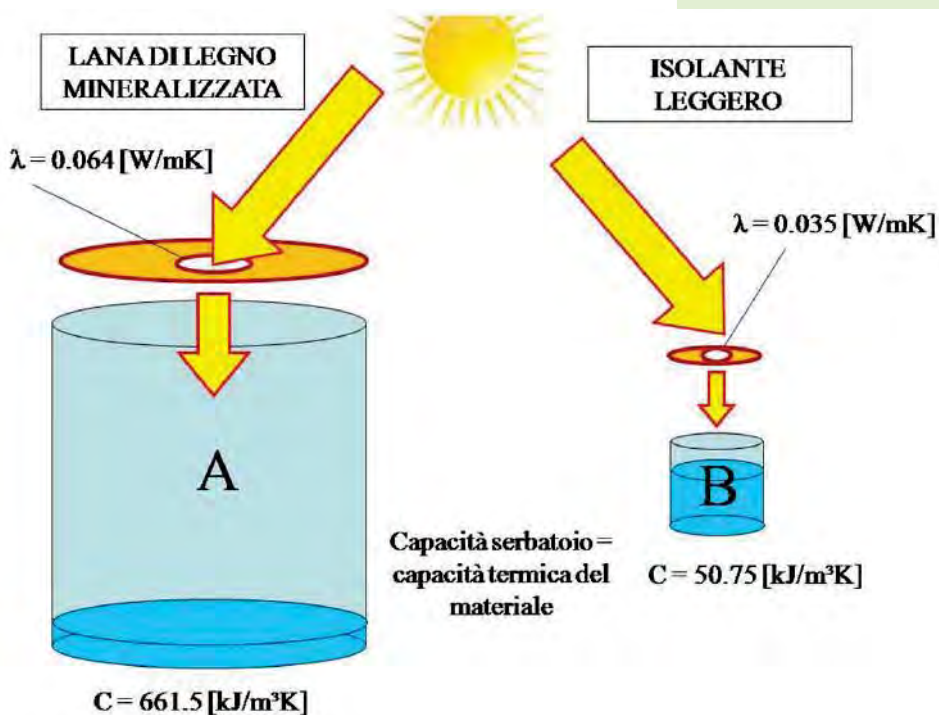
$$C = c_s M = \rho V c_s \text{ (J/K)}$$

In generale l'ordine di grandezza di questi valori è 1000 sia per la densità che per il calore specifico, nelle rispettive unità di misura; pertanto la capacità termica che ne deriva è dell'ordine di grandezza di 1 MJ/m<sup>3</sup>K (1 milione di joule) per ogni metro cubo e grado di variazione di temperatura (0,3 kWh/m<sup>3</sup>K)

39/120

# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## La capacità termica di un materiale

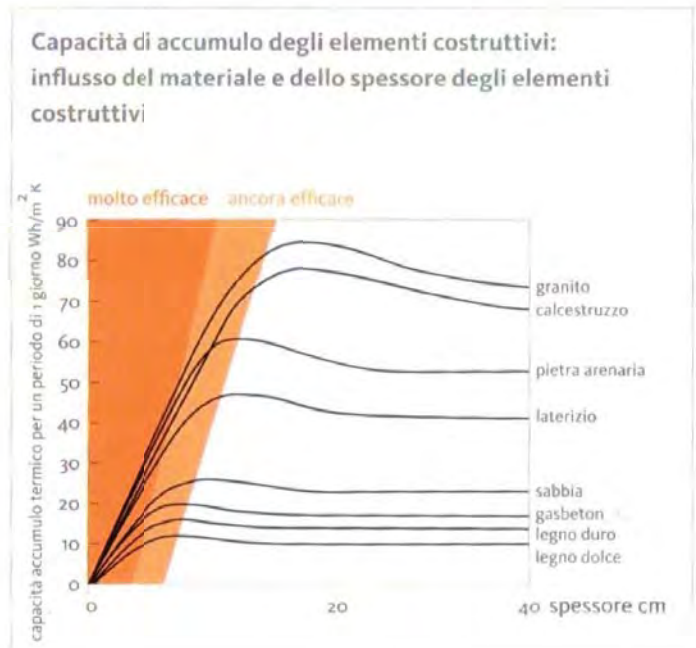




# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## La capacità termica di un materiale

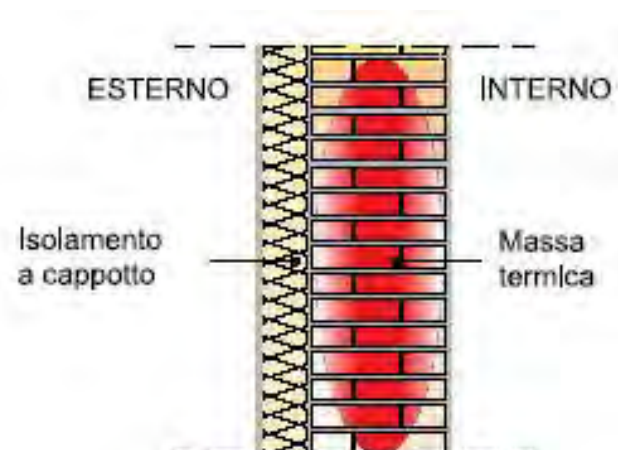
MATERIALI	capacità termica massica J/kgK	massa volumica kg/m <sup>3</sup>
Acqua	4190	1000
Pannelli isolanti in fibra di legno	2100	45-260
Legno	1600-2100	500-800
Pannelli in cellulosa	1900	50
Derivati del legno (OSB, pannelli di trucioli ecc.)	1700	600-900
Lana di pecora	1500	30
Pannelli in polistirolo	1450	15-45
Aria	1080	1
Fibre minerali	830-1030	20-130
Calcestruzzo	1000	1800-2400
Laterizio	940	800-2000
Alluminio	900	2800
Vetro	830	2500



# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## La massa termica superficiale

La massa termica superficiale è la massa per unità di superficie delle chiusure verticali opache dell'edificio, ed influisce direttamente sul comportamento dinamico della parete in relazione allo sfasamento dell'onda termica dovuta agli apporti termici solari e all'irraggiamento termico; l'unità di misura utilizzata è il kg/mq.



# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## La massa termica superficiale

E' esperienza comune che i **grandi spessori murari** (*in realtà le grandi masse superficiali*) attenuino gli sbalzi di temperatura giornalieri (*chiese, costruzioni antiche, o comunque massicce, con spessori di muratura >60 cm*)

Spessori maggiori (*dell'ordine di metri*) possono attenuare anche le oscillazioni stagionali, e mantenere temperature costanti o di poco variabili durante tutto l'anno (*cantine, piani interrati*)

# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## Sfasamento e Attenuazione

E' evidente che nel lungo (e nel lunghissimo) periodo nessuno spessore può trattenere un incremento stabile di temperatura, ma può ritardarne gli effetti

Quando la variazione è periodica, anche il ritardo è periodico e prende il nome di "**sfasamento**" dell'onda termica

Si chiama invece "**attenuazione**" la riduzione dell'ampiezza dell'oscillazione operata dalla struttura

# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## La Trasmittanza Periodica YIE

La **Trasmittanza termica periodica** è il numero complesso che descrive appunto la **dimensione del flusso termico trasmesso** (attenuata) ed il suo **ritardo**:

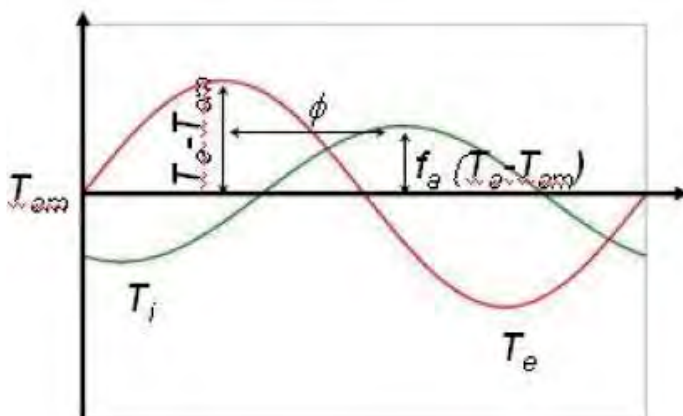
*Si compone di un modulo (ampiezza) e di una fase (sfasamento o ritardo)*

*Come la Trasmittanza Statica U, si misura in  $W/m^2K$*

**Il fattore di attenuazione** è il rapporto tra il modulo della trasmittanza periodica e la trasmittanza statica

# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## La Trasmittanza Periodica YIE



Linea rossa – Temperatura superficiale esterna estiva  
Linea verde – Temperatura superficiale interna estiva

**SFASAMENTO DELL'ONDA TERMICA,  $\phi$**

**ATTENUAZIONE,  $f_a$**

**TRASMITTANZA PERIODICA**

$$Y_{IE} = U \cdot f_a$$

# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## La Trasmittanza Periodica YIE

La trasmittanza termica periodica YIE è dotata di un'ampiezza e di una fase, ed è pertanto descritta da un numero complesso

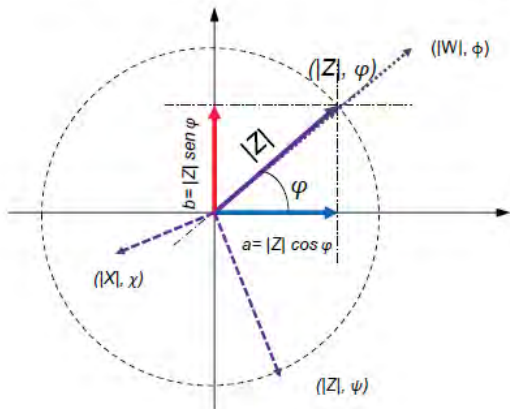
$$\mathbf{Z} = (a, b) = a + jb = (|Z|, \varphi)$$

$$|Z|^2 = a^2 + b^2$$
$$\varphi = \arctan(b/a)$$

notazione trigonometrica ed esponenziale

$$\mathbf{Z} = |Z|(\cos \varphi + j \sin \varphi) = |Z| e^{j\varphi}$$

$$a = |Z| \cos \varphi$$
$$b = |Z| \sin \varphi$$



Ampiezza:  $|Z|$   
Fase:  $\varphi$

# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## Propagazione del calore per conduzione

Se invece la distribuzione varia nel tempo, variano anche le differenze di temperatura e quindi si pone:

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} = \frac{1}{a} \frac{\partial \theta}{\partial t}$$

Questa equazione, che prende il nome di Equazione di Fourier, descrive la propagazione del calore per conduzione, ed è il caso monodimensionale della scrittura più generale:

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} = \frac{1}{a} \frac{\partial \theta}{\partial t}$$

...per un materiale omogeneo ed isotropo...



# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## Propagazione del calore per conduzione

Secondo questa legge, la velocità di propagazione della temperatura  $\theta$  in un corpo varia in base alla variazione della temperatura stessa nel tempo:

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} = \frac{1}{a} \frac{\partial \theta}{\partial t} \quad a = \frac{\lambda}{\rho c}$$

Variazione di temperatura nel tempo > variazione della velocità di propagazione nello spazio

Alta diffusività termica > bassa variazione di velocità > propagazione rapida

# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## La diffusività termica

Il parametro  $a$  ( $m^2/s$ ) è la **diffusività termica**, e rappresenta il “moltiplicatore” della velocità di propagazione:

$$a = \frac{\lambda}{\rho c}$$

Dove:

$\lambda$  conducibilità termica ( $W/mK$ )

$\rho$  densità del materiale ( $kg/m^3$ )

$c$  calore specifico del materiale ( $J/kgK$ )

# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## La diffusività termica

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} \quad \begin{array}{l} \text{conduttività termica} \\ \text{densità volumetrica} \cdot \text{calore specifico} \end{array} \quad \left[ \frac{m^2}{s} \right]$$

Proprietà termofisiche di alcuni materiali

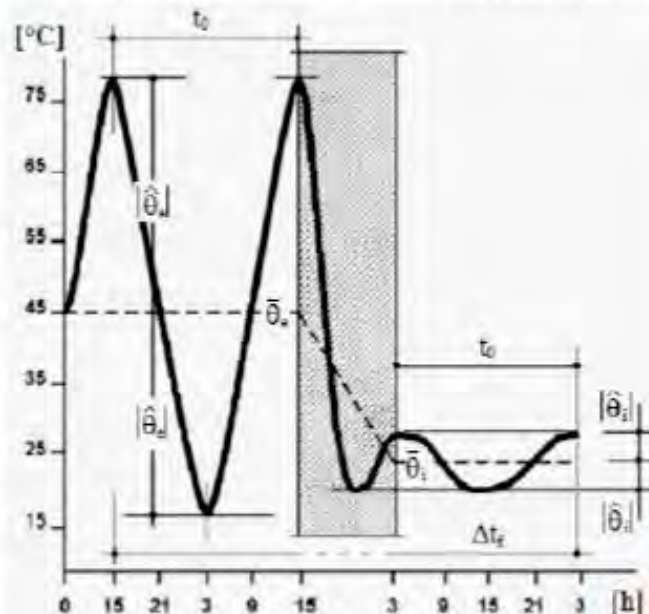
materiali	[W/mK]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[J/kgK]	[m <sup>2</sup> /s] x 10 <sup>-6</sup>
	$\lambda$	$\rho$	$c$	$\alpha$
argento	420	10500	240	16,667
rame	380	8900	420	10,166
alluminio	220	2700	930	8,761
acciaio	72	7800	440	2,098
lana di roccia	0,045	40	840	0,134
marmo	2,800	2680	830	0,126
mattoni pieni in laterizio	1,800	1800	840	0,119
polistirene	0,035	30	1200	0,097
calcestruzzo	1,350	2000	1000	0,068
legno	0,200	500	1600	0,025
pannello in fibra di legno	0,045	160	1700	0,017

# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## Propagazione del calore e matrici di trasferimento

Le oscillazioni di temperatura e flusso di calore in campo complesso sono correlate da una **matrice di trasferimento termico**  $Z$ , cui termini (pure complessi) dipendono dai materiali e spessori degli strati del componente edile e dalle condizioni al contorno sulle superfici esterna e interna:

$$\begin{pmatrix} \hat{\theta}_e \\ \hat{q}_e \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{ii} & Z_{ie} \\ Z_{ei} & Z_{ee} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{\theta}_i \\ \hat{q}_i \end{pmatrix}$$



# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## Propagazione del calore e matrici di trasferimento

Il sistema di equazioni trovato può essere scritto in forma matriciale compatta:

$$\begin{pmatrix} \theta_1 \\ q_1 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \times \begin{pmatrix} \theta_2 \\ q_2 \end{pmatrix}$$

La matrice dei coefficienti  $Z_{ij}$  prende il nome di **matrice di trasferimento**:

$$\begin{pmatrix} \theta_1 \\ q_1 \end{pmatrix} = [Z] \times \begin{pmatrix} \theta_2 \\ q_2 \end{pmatrix}$$

Si verifica l'interessante proprietà:

$$Z_{11}Z_{22} - Z_{12}Z_{21} = 1$$

# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## Propagazione del calore e matrici di trasferimento

*Materiale:*  $\lambda \rho c_s \longrightarrow a = \frac{\lambda}{\rho c}$

*Periodo*  $T$  (24 ore)  $\longrightarrow \delta = \sqrt{\frac{\lambda T}{\pi \rho c}}$

*Spessore*  $d \longrightarrow \xi = \frac{d}{\delta}$

*E complessivamente:*  $\lambda \delta \xi \longrightarrow Z_{11} Z_{12} Z_{21} Z_{22}$



# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## Propagazione del calore e matrici di trasferimento

Alcuni parametri che descrivono il comportamento dinamico di un componente edile possono essere estratti dalla matrice di trasferimento  $Z$ . Tra questi, la **trasmissione termica periodica**  $Y_{IE}$  correla all'oscillazione della temperatura esterna il flusso di calore entrante nell'ambiente interno quando la temperatura di questo è mantenuta costante:

$$\hat{q}_i = Y_{IE} \hat{\theta}_e$$

con

$$Y_{IE} = \frac{1}{Z_{ie}}$$

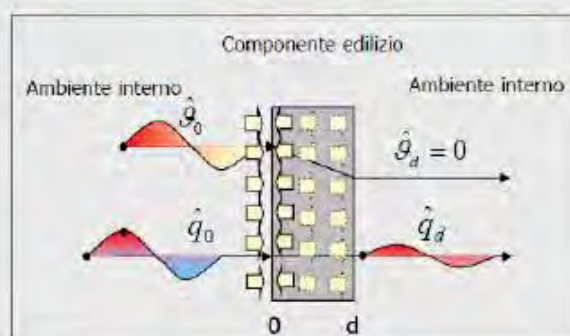
Il **modulo della trasmissione termica periodica** correla il massimo flusso termico indotto alla superficie interna da un'oscillazione della temperatura nell'ambiente esterno a temperatura dell'ambiente interno mantenuta costante.

# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## La Trasmissione Periodica YIE

**Trasmissione termica periodica:** è un numero complesso definito come l'*ampiezza del flusso termico* attraverso la superficie del componente prospiciente una zona rispetto all'*ampiezza della variazione di temperatura nell'altra zona* quando la temperatura nella zona è mantenuta costante.

> *Modula la reazione della superficie opposta a quella esposta alla variazione di temperatura cioè il transito di calore*





# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

## Propagazione del calore e matrici di trasferimento

Il **fattore di attenuazione**  $f$  è il rapporto tra modulo della trasmittanza termica periodica  $Y_{IE}$  e trasmittanza termica stazionaria  $U$ :

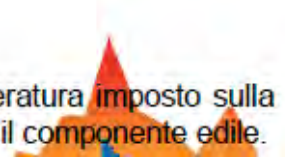
$$f = \frac{|Y_{IE}|}{U}$$

Quando la temperatura dell'ambiente interno viene mantenuta costante, il fattore di smorzamento esprime sostanzialmente il rapporto tra massimo flusso termico che entra nell'ambiente interno a causa di un'oscillazione della temperatura esterna e flusso termico ottenibile con la stessa trasmittanza termica ma inerzia trascurabile.

Lo **sfasamento** o tempo di ritardo  $\Delta t_f$  è correlato all'argomento di  $Z_{ie}$  valutato nell'intervallo da  $-2\pi$  a  $0$ :

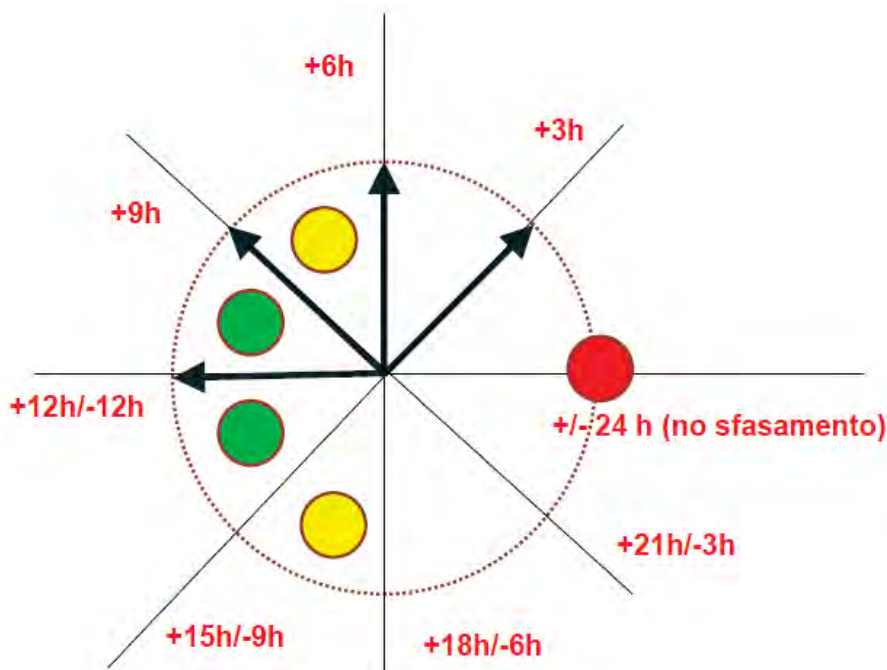
$$\Delta t_f = \frac{t_0}{2\pi} \arg(Z_{ie})$$

Rappresenta lo sfasamento temporale con cui un ciclo di temperatura imposto sulla superficie esterna raggiunge quella interna viaggiando attraverso il componente edile.

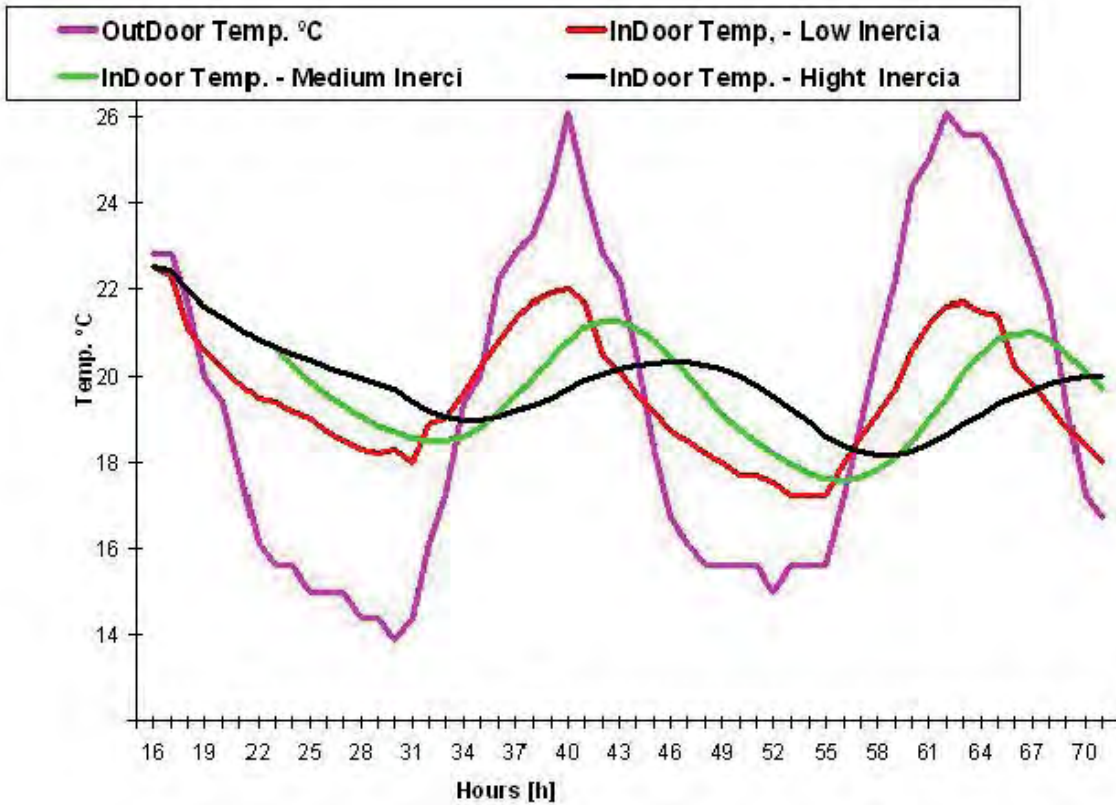


# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

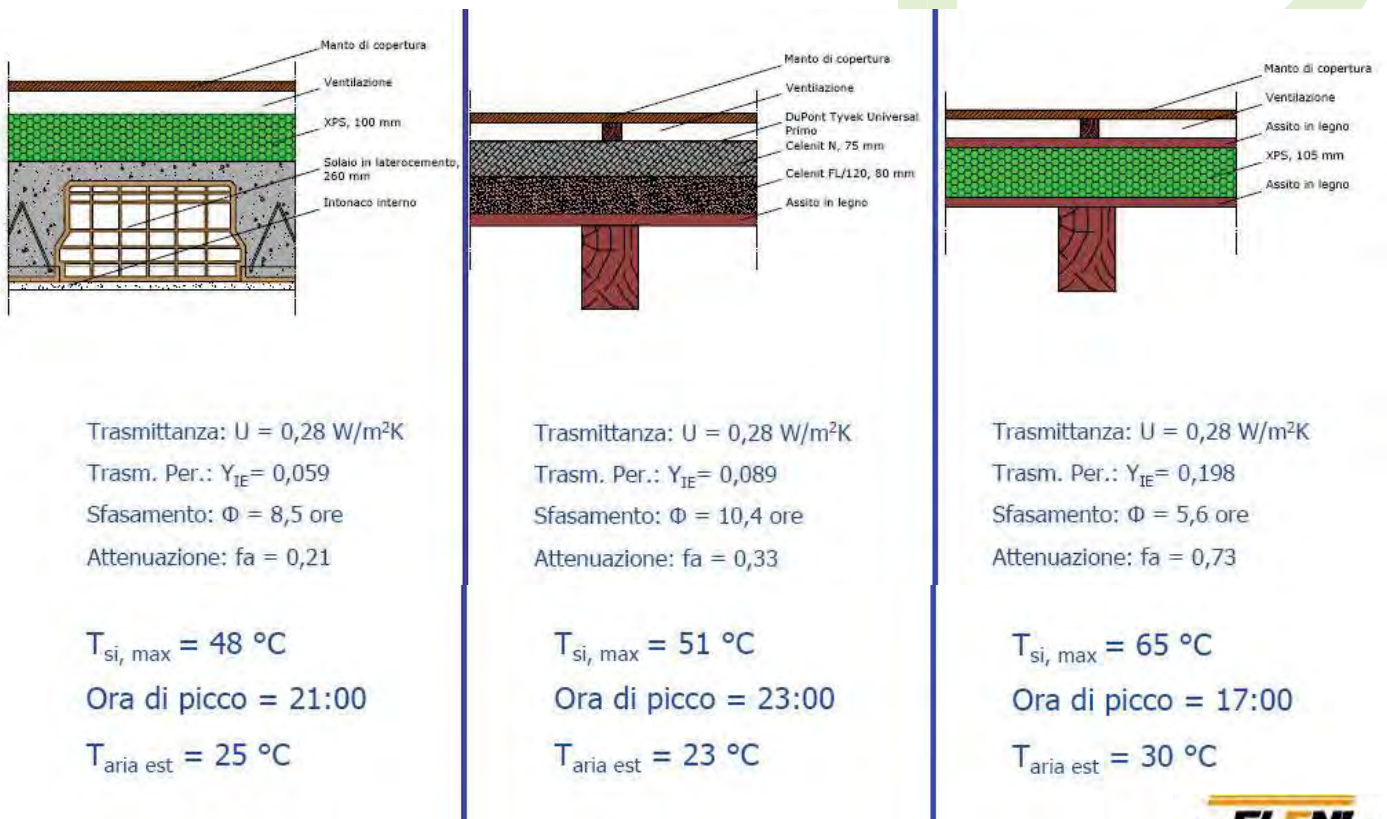
## Propagazione del calore e matrici di trasferimento



# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO

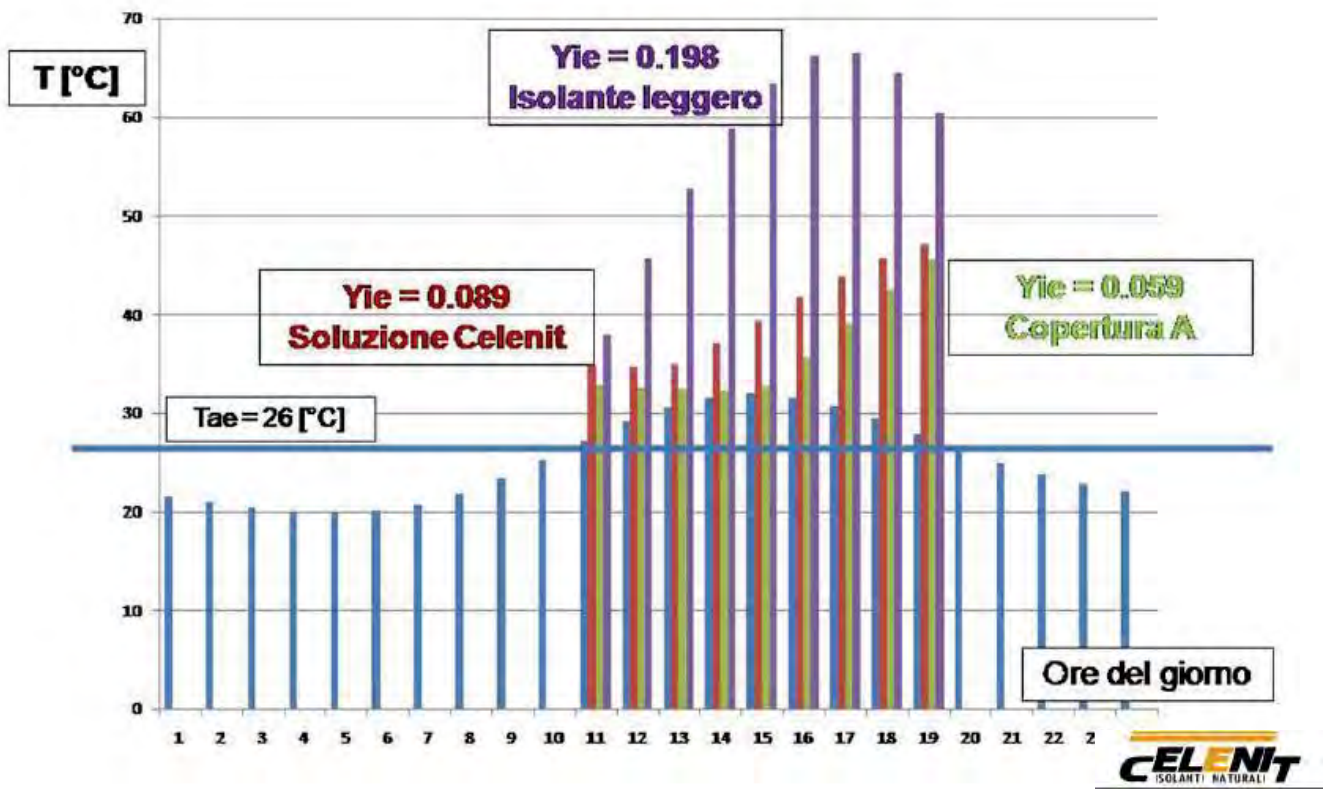


# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO





# COMPORTAMENTO INVOLUCRO IN ESTIVO



# CALCOLO DELLA TRASMITTANZA

**FILE** **HOME** **ARCHIVI DI BASE** **UTILITÀ**

**Pratica energetica**

- Dati generali
  - Informazioni generali
  - Dati climatici
  - M
  - C
- Strutture
  - Pareti
    - Muratura mp + cappotto 40 cm
    - Muratura per p.t. P1 - es01
    - Pilastro per p.t.P1 - es01
    - Muratura forati 30cm - es02
    - Pilastro 30 cm - es02
  - Solai
  - Vetrate
    - Vetro doppio 4-12-4
  - Ponti termici
  - Porte
  - Finestre
    - Finestra prova
- Centrali elettriche
- Centrali termiche
  - Centrale termica
  - pompa calore
- Edifici
  - Zone termiche non calcolate
  - Edificio
  - Layout
- Calcolo edificio
  - Subalterno
  - Calcolo

**Tipologia** Parete esterna

Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	R [m²K/W]	s [cm]
Resistenza superficiale interna	0.130	
Intonaco di calce e gesso	0.014	1.0
Mattoni pieni (1800 kg/m³)	0.389	28.0
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi (25 kg/m³)	2.941	10.0
Malta di calce o di calce e cemento	0.011	1.0
Resistenza superficiale esterna	0.040	
<b>Totale:</b>	<b>3.525</b>	<b>40.0</b>

U calcolata: 0.284 W/m²K  Trasmittanza fornita dal produttore

U adottata: 0.284 W/m²K

Massa superficiale: 506.50 kg/m²  Limite inferiore: 230.00 kg/m²

**Valori calcolati**

Trasmittanza periodica: 0.020 W/m²K

Sfasamento: 12.79 h

Smorzamento: 0.069

Capacità termica interna: 62.911

Massa superficiale verificata



# ESEMPI DI CALCOLO DI YIE

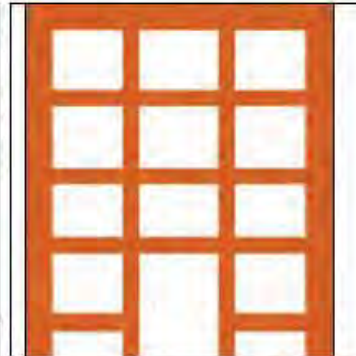
## Parete 1: mattoni forati (20/23)

YIE

SW



Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	R [m <sup>2</sup> K/W]	s [cm]
Resistenza superficiale interna	0,130	
Intonaco di calce e gesso	0,014	1,0
Mattoni forati (800 kg/m <sup>3</sup> )	0,667	20,0
Malta di calce o di calce e cemento	0,022	2,0
Resistenza superficiale esterna	0,040	
Totale:		
	0,873	23,0



U calcolata	1,145 W/m <sup>2</sup> K	<input type="checkbox"/> Trasmittanza fornita dal produttore
U adottata	1,145 W/m <sup>2</sup> K	
Massa superficiale	160,00 kg/m <sup>2</sup>	Limite inferiore 230,00 kg/m <sup>2</sup> ⓘ
Trasmittanza periodica	0,624 W/m <sup>2</sup> K	
Sfasamento	6,97 h	Sfasamento limite --- h
Smorzamento	0,545	Smorzamento limite ---
Capacità termica interna	51,152 kJ/m <sup>2</sup> K	

# ESEMPI DI CALCOLO DI YIE

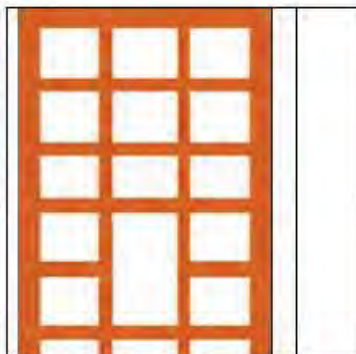
## Parete 2: con isolamento (20/28)

YIE

SW



Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	R [m <sup>2</sup> K/W]	s [cm]
Resistenza superficiale interna	0,130	
Intonaco di calce e gesso	0,014	1,0
Mattoni forati (800 kg/m <sup>3</sup> )	0,667	20,0
Malta di calce o di calce e cemento	0,022	2,0
Polistirene espanso sinterizzato, in lastre ricavate da blocchi (20 k)	1,136	5,0
Resistenza superficiale esterna	0,040	
Totale:		
	2,010	28,0



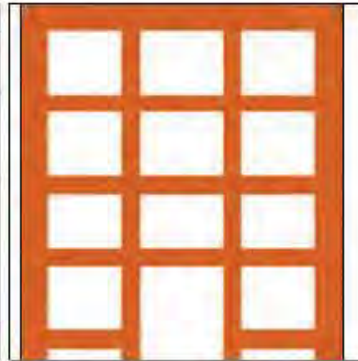
U calcolata	0,498 W/m <sup>2</sup> K	<input type="checkbox"/> Trasmittanza fornita dal produttore
U adottata	0,498 W/m <sup>2</sup> K	
Massa superficiale	161,00 kg/m <sup>2</sup>	Limite inferiore 230,00 kg/m <sup>2</sup> ⓘ
Trasmittanza periodica	0,094 W/m <sup>2</sup> K	
Sfasamento	9,85 h	Sfasamento limite --- h
Smorzamento	0,189	Smorzamento limite ---
Capacità termica interna	45,581 kJ/m <sup>2</sup> K	

# ESEMPI DI CALCOLO DI YIE

## Parete 3: mattoni forati (30/33)



Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	R [m <sup>2</sup> K/W]	s [cm]
Resistenza superficiale interna	0,130	
Intonaco di calce e gesso	0,014	1,0
Mattoni forati (800 kg/m <sup>3</sup> )	1,000	30,0
Malta di calce o di calce e cemento	0,022	2,0
Resistenza superficiale esterna	0,040	
<b>Totale:</b>		
	1,207	33,0



U calcolata: 0,829 W/m<sup>2</sup>K  Trasmittanza fornita dal produttore

U adottata: 0,829 W/m<sup>2</sup>K

Massa superficiale: 240,00 kg/m<sup>2</sup> Limite inferiore: 230,00 kg/m<sup>2</sup> ⓘ

Trasmittanza periodica: 0,233 W/m<sup>2</sup>K

Sfasamento: 10,76 h

Smorzamento: 0,281

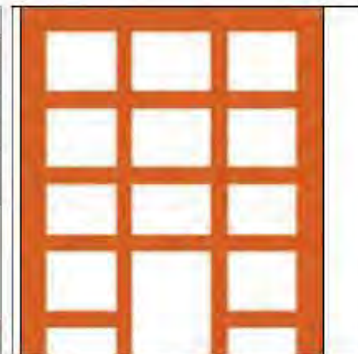
Capacità termica interna: 47,647 kJ/m<sup>2</sup>K

# ESEMPI DI CALCOLO DI YIE

## Parete 4: con isolamento (30/37)



Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	R [m <sup>2</sup> K/W]	s [cm]
Resistenza superficiale interna	0,130	
Intonaco di calce e gesso	0,014	1,0
Mattoni forati (800 kg/m <sup>3</sup> )	1,000	30,0
Malta di calce o di calce e cemento	0,000	2,0
Polistirene espanso sinterizzato, in lastre ricavate da blocchi (20 k)	0,909	4,0
Resistenza superficiale esterna	0,040	
<b>Totale:</b>		
	2,093	35,0



J calcolata: 0,478 W/m<sup>2</sup>K  Trasmittanza fornita dal produttore

J adottata: 0,478 W/m<sup>2</sup>K

Massa superficiale: 240,80 kg/m<sup>2</sup> Limite inferiore: 230,00 kg/m<sup>2</sup> ⓘ

Trasmittanza periodica: 0,060 W/m<sup>2</sup>K

Sfasamento: 12,22 h

Smorzamento: 0,125

Capacità termica interna: 45,031 kJ/m<sup>2</sup>K

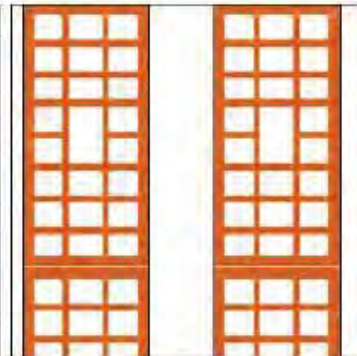


# ESEMPI DI CALCOLO DI YIE

## Parete 5: Intercapedine (25[5]/28)



Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	R [m <sup>2</sup> K/W]	s [cm]
Resistenza superficiale interna	0,130	
Intonaco di calce e gesso	0,014	1,0
Mattoni forati (800 kg/m <sup>3</sup> )	0,333	10,0
Arca intercapedine flusso orizzontale 50 mm	0,183	5,0
Mattoni forati (800 kg/m <sup>3</sup> )	0,333	10,0
Malta di calce o di calce e cemento	0,022	2,0
Resistenza superficiale esterna	0,040	
<b>Totale:</b>	<b>1,056</b>	<b>28,0</b>



U calcolata: 0,947 W/m<sup>2</sup>K  Trasmissione fornita dal produttore

U adottata: 0,947 W/m<sup>2</sup>K

Massa superficiale: 160,06 kg/m<sup>2</sup> Limite inferiore: 230,00 kg/m<sup>2</sup> ⚙

Trasmissione periodica: 0,488 W/m<sup>2</sup>K

Sfasamento: 7,63 h Sfasamento limite: --- h

Smorzamento: 0,515 Smorzamento limite: ---

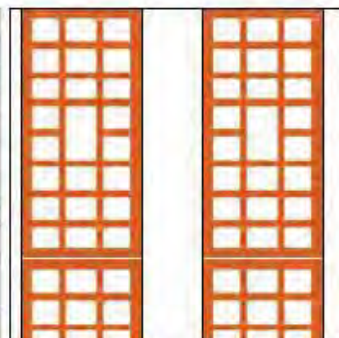
Capacità termica interna: 51,232 kJ/m<sup>2</sup>K

# ESEMPI DI CALCOLO DI YIE

## Parete 6: isolante interno (25[5]/28)



Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	R [m <sup>2</sup> K/W]	s [cm]
Resistenza superficiale interna	0,130	
Intonaco di calce e gesso	0,014	1,0
Mattoni forati (800 kg/m <sup>3</sup> )	0,333	10,0
Polistirene espanso sinterizzato, in lastre ricavate da blocchi (20 k)	1,136	5,0
Mattoni forati (800 kg/m <sup>3</sup> )	0,333	10,0
Malta di calce o di calce e cemento	0,022	2,0
Resistenza superficiale esterna	0,040	
<b>Totale:</b>	<b>2,010</b>	<b>28,0</b>



U calcolata: 0,498 W/m<sup>2</sup>K  Trasmissione fornita dal produttore

U adottata: 0,498 W/m<sup>2</sup>K

Massa superficiale: 161,00 kg/m<sup>2</sup> Limite inferiore: 230,00 kg/m<sup>2</sup> ⚙

Trasmissione periodica: 0,210 W/m<sup>2</sup>K

Sfasamento: 8,91 h Sfasamento limite: --- h

Smorzamento: 0,421 Smorzamento limite: ---

Capacità termica interna: 50,879 kJ/m<sup>2</sup>K



# ESEMPI DI CALCOLO DI YIE

## Parete 7: mattoni forati (40/43)

YIE



Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	R [m <sup>2</sup> K/W]	s [cm]
Resistenza superficiale interna	0,130	
Intonaco di calce e gesso	0,014	1,0
Mattoni forati (800 kg/m <sup>3</sup> )	1,333	40,0
Malta di calce o di calce e cemento	0,022	2,0
Resistenza superficiale esterna	0,040	
<b>Totale:</b>	<b>1,540</b>	<b>43,0</b>



U calcolata  W/m<sup>2</sup>K  Trasmissione fornita dal produttore

U adottata  W/m<sup>2</sup>K

Massa superficiale  kg/m<sup>2</sup> Limite inferiore  kg/m<sup>2</sup>

Trasmissione periodica  W/m<sup>2</sup>K

Sfasamento  h

Smorzamento

Capacità termica interna  kJ/m<sup>2</sup>K

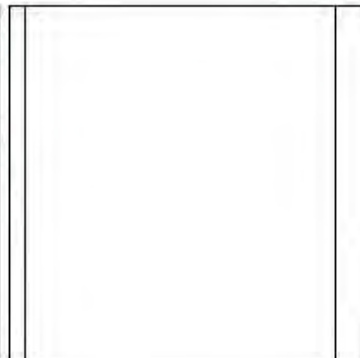
# ESEMPI DI CALCOLO DI YIE

## Parete 8: CLS (20/23)

YIE



Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	R [m <sup>2</sup> K/W]	s [cm]
Resistenza superficiale interna	0,130	
Intonaco di calce e gesso	0,014	1,0
Calcestruzzo (1800 kg/m <sup>3</sup> )	0,174	20,0
Malta di calce o di calce e cemento	0,022	2,0
Resistenza superficiale esterna	0,040	
<b>Totale:</b>	<b>0,380</b>	<b>23,0</b>



U calcolata  W/m<sup>2</sup>K  Trasmissione fornita dal produttore

U adottata  W/m<sup>2</sup>K

Massa superficiale  kg/m<sup>2</sup> Limite inferiore  kg/m<sup>2</sup>

Trasmissione periodica  W/m<sup>2</sup>K

Sfasamento  h

Smorzamento

Capacità termica interna  kJ/m<sup>2</sup>K

# ESEMPI DI CALCOLO DI YIE

## Parete 9: CLS+isolamento (20/29)

YIE



Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	R [m²K/W]	s [cm]
Resistenza superficiale interna	0,130	
Intonaco di calce e gesso	0,014	1,0
Calcestruzzo (1800 kg/m³)	0,174	20,0
Malta di calce o di calce e cemento	0,022	2,0
Polistirene espanso sinterizzato, in lastre ricavate da blocchi (20 k	1,364	6,0
Resistenza superficiale esterna	0,040	
<b>Totale:</b>		
	1,744	29,0

U calcolata  W/m²K  Trasmissione fornita dal produttore

U adottata  W/m²K

Massa superficiale  kg/m² Limite inferiore  kg/m²

Trasmissione periodica  W/m²K

Sfasamento  h

Smorzamento

Capacità termica interna  kJ/m²K

# ESEMPI DI CALCOLO DI YIE

## Parete 10: Pannello CLS isolante interno(20/23)



Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	R [m²K/W]	s [cm]
Resistenza superficiale interna	0,130	
Intonaco di calce e gesso	0,014	1,0
Calcestruzzo (1800 kg/m³)	0,070	8,0
Polistirene espanso sinterizzato, in lastre ricavate da blocchi (20 k	1,136	5,0
Calcestruzzo (1800 kg/m³)	0,061	7,0
Malta di calce o di calce e cemento	0,022	2,0
Resistenza superficiale esterna	0,040	
<b>Totale:</b>		
	1,473	23,0

U calcolata  W/m²K  Trasmissione fornita dal produttore

U adottata  W/m²K

Massa superficiale  kg/m² Limite inferiore  kg/m²

Trasmissione periodica  W/m²K

Sfasamento  h

Smorzamento

Capacità termica interna  kJ/m²K

# ESEMPI DI CALCOLO DI YIE

## Parete 11: pietra (40/44)

YIE



Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	R [m <sup>2</sup> K/W]	s [cm]
Resistenza superficiale interna	0,130	
Intonaco di calce e gesso	0,029	2,0
Blocchi di pietra	0,167	40,0
Malta di calce o di calce e cemento	0,022	2,0
Resistenza superficiale esterna	0,040	
<b>Totale:</b>	<b>0,387</b>	<b>44,0</b>

U calcolata:  W/m<sup>2</sup>K  Trasmissione fornita dal produttore

U adottata:  W/m<sup>2</sup>K

Massa superficiale:  kg/m<sup>2</sup> Limite inferiore:  kg/m<sup>2</sup> ⓘ

Trasmissione periodica:  W/m<sup>2</sup>K

Sfasamento:  h

Smorzamento:

Capacità termica interna:  kJ/m<sup>2</sup>K

# ESEMPI DI CALCOLO DI YIE

## Parete 12: calcare (40/44)

YIE



Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	R [m <sup>2</sup> K/W]	s [cm]
Resistenza superficiale interna	0,130	
Intonaco di gesso (1300 kg/m <sup>2</sup> )	0,035	2,0
Calcare, leggero	0,327	40,0
Cemento e sabbia	0,020	2,0
Resistenza superficiale esterna	0,040	
<b>Totale:</b>	<b>0,552</b>	<b>40,0</b>

U calcolata:  W/m<sup>2</sup>K  Trasmissione fornita dal produttore

U adottata:  W/m<sup>2</sup>K

Massa superficiale:  kg/m<sup>2</sup> Limite inferiore:  kg/m<sup>2</sup> ⓘ

Trasmissione periodica:  W/m<sup>2</sup>K

Sfasamento:  h

Smorzamento:

Capacità termica interna:  kJ/m<sup>2</sup>K

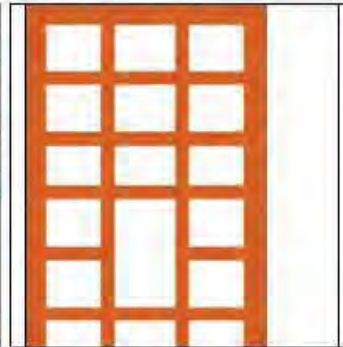


# ESEMPI DI CALCOLO DI YIE

## Parete 14: a norma (39[9]/43)



Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	R [m <sup>2</sup> K/W]	s [cm]
Resistenza superficiale interna	0,130	
Intonaco di calce e gesso	0,029	2,0
Mattoni forati (800 kg/m <sup>3</sup> )	1,000	30,0
Polistirene espanso sinterizzato, in lastre ricavate da blocchi (30 k)	2,143	9,0
Malta di calce o di calce e cemento	0,022	2,0
Resistenza superficiale esterna	0,040	
<b>Totale:</b>	<b>3,364</b>	<b>43,0</b>



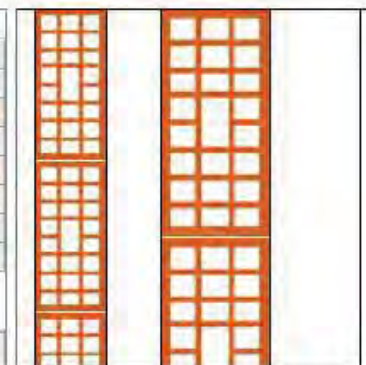
U calcolata	0,297 W/m <sup>2</sup> K	<input type="checkbox"/> Trasmissione fornita dal produttore
U adottata	0,297 W/m <sup>2</sup> K	
Massa superficiale	242,70 kg/m <sup>2</sup>	Limite inferiore: 230,00 kg/m <sup>2</sup>
Trasmissione periodica	0,025 W/m <sup>2</sup> K	
Sfasamento	13,78 h	
Smorzamento	0,087	
Capacità termica interna	48,684 kJ/m <sup>2</sup> K	

# ESEMPI DI CALCOLO DI YIE

## Parete 15: con intercapedine, a norma



Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	R [m <sup>2</sup> K/W]	s [m]
Resistenza superficiale interna	0,130	
Intonaco di calce e gesso	0,029	2,0
Mattoni forati (800 kg/m <sup>3</sup> )	0,267	
Aria intercapedine: flusso orizzontale 60 mm	0,163	6,0
Mattoni forati (800 kg/m <sup>3</sup> )	0,400	12,0
Polistirene espanso sinterizzato, in lastre ricavate da blocchi (30 k)	2,381	10,0
Malta di calce o di calce e cemento	0,022	2,0
Resistenza superficiale esterna	0,040	
<b>Totale:</b>	<b>3,452</b>	<b>40,0</b>



U calcolata	0,290 W/m <sup>2</sup> K	<input type="checkbox"/> Trasmissione fornita dal produttore
U adottata	0,290 W/m <sup>2</sup> K	
Massa superficiale	153,07 kg/m <sup>2</sup>	Limite inferiore: 230,00 kg/m <sup>2</sup>
Trasmissione periodica	0,049 W/m <sup>2</sup> K	
Sfasamento	10,96 h	Sfasamento limite: --- h
Smorzamento	0,158	Smorzamento limite: ---
Capacità termica interna	49,600 kJ/m <sup>2</sup> K	

# ESEMPI DI CALCOLO DI YIE

## Parete 16: in legno, a norma invernale

YIE

SW



Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	R [m <sup>2</sup> K/W]	s [cm]
Resistenza superficiale interna	0,130	
Pino (flusso perpendicolare alle fibre)	0,400	6,0
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi (32 kg/m <sup>3</sup> )	3,125	8,0
Pino (flusso perpendicolare alle fibre)	0,400	6,0
Resistenza superficiale esterna	0,040	
Totale: 4,095 22,0		

U calcolata: 0,244 W/m<sup>2</sup>K

U adottata: 0,244 W/m<sup>2</sup>K

Massa superficiale: 69,30 kg/m<sup>2</sup>

Trasmittanza periodica: 0,137 W/m<sup>2</sup>K

Sfasamento: 7,40 h

Smorzamento: 0,563

Capacità termica interna: 36,668 kJ/m<sup>2</sup>K

Trasmittanza fornita dal produttore

Limite inferiore: 230,00 kg/m<sup>2</sup>

Sfasamento limite: --- h

Smorzamento limite: ---

# ESEMPI DI CALCOLO DI YIE

## Parete 17: in legno, a norma estiva e invernale

YIE

SW



Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	R [m <sup>2</sup> K/W]	s [cm]
Resistenza superficiale interna	0,130	
Pino (flusso perpendicolare alle fibre)	0,400	6,0
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi (32 kg/m <sup>3</sup> )	4,375	14,0
Pino (flusso perpendicolare alle fibre)	0,400	6,0
Resistenza superficiale esterna	0,040	
Totale: 5,345 26,0		

U calcolata: 0,187 W/m<sup>2</sup>K

U adottata: 0,187 W/m<sup>2</sup>K

Massa superficiale: 70,48 kg/m<sup>2</sup>

Trasmittanza periodica: 0,100 W/m<sup>2</sup>K

Sfasamento: 8,14 h

Smorzamento: 0,533

Capacità termica interna: 36,643 kJ/m<sup>2</sup>K

Trasmittanza fornita dal produttore

Limite inferiore: 230,00 kg/m<sup>2</sup>

Sfasamento limite: --- h

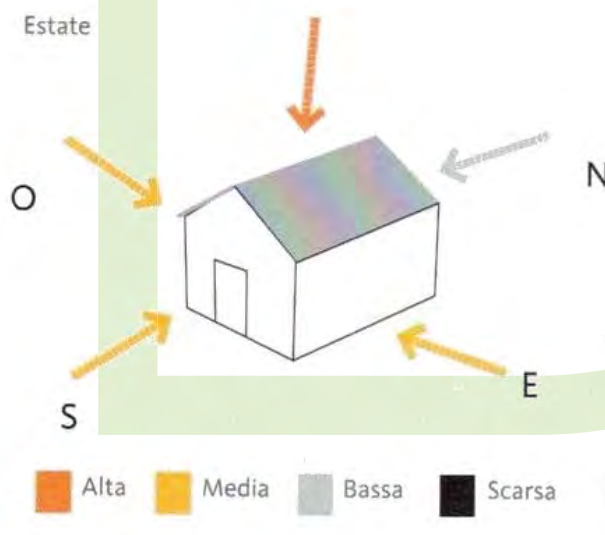
Smorzamento limite: ---

# CORSO per Certificatore Energetico

## 3

### INVOLUCRO TRASPARENTE : CARATTERISTICHE DELLE VETRATE E RUOLO DELLE SCHERMATURE

Trasmissione del calore in regime estivo attraverso strutture trasparenti e ruolo delle schermature nel miglioramento della prestazione estiva

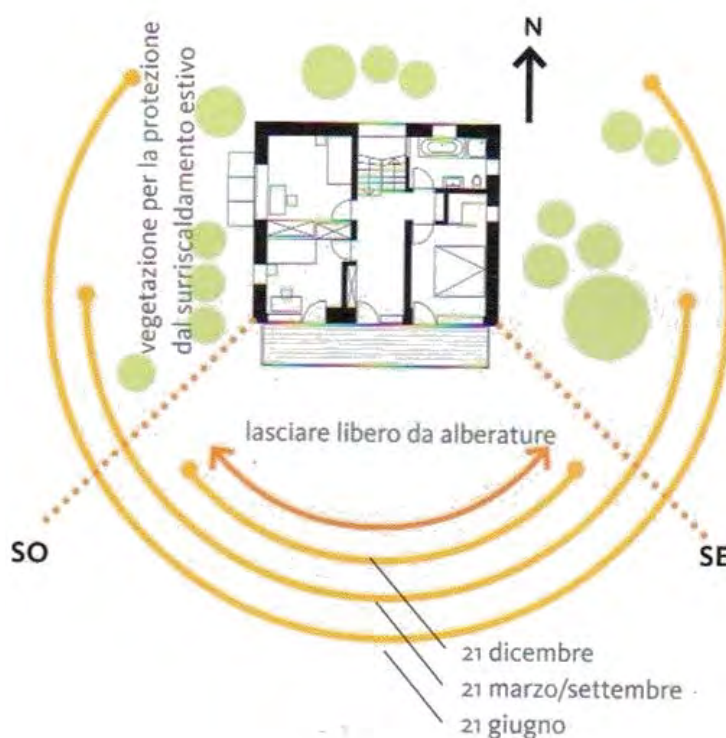


Giovedì 29 Settembre 2016 | ING. EMANUELE PIFFERI | Gruppo EDEN

79/120

## L'ORIENTAMENTO

### Come influenza la prestazione energetica



Giovedì 29 Settembre 2016 | ING. EMANUELE PIFFERI | Gruppo EDEN

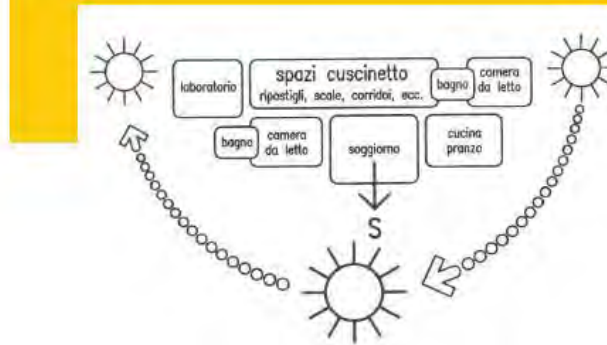
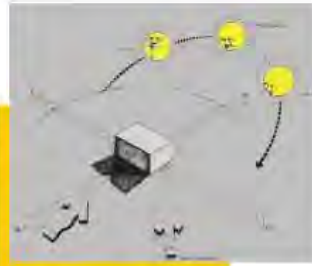
80/120



# L'ORIENTAMENTO

## La distribuzione degli spazi interni

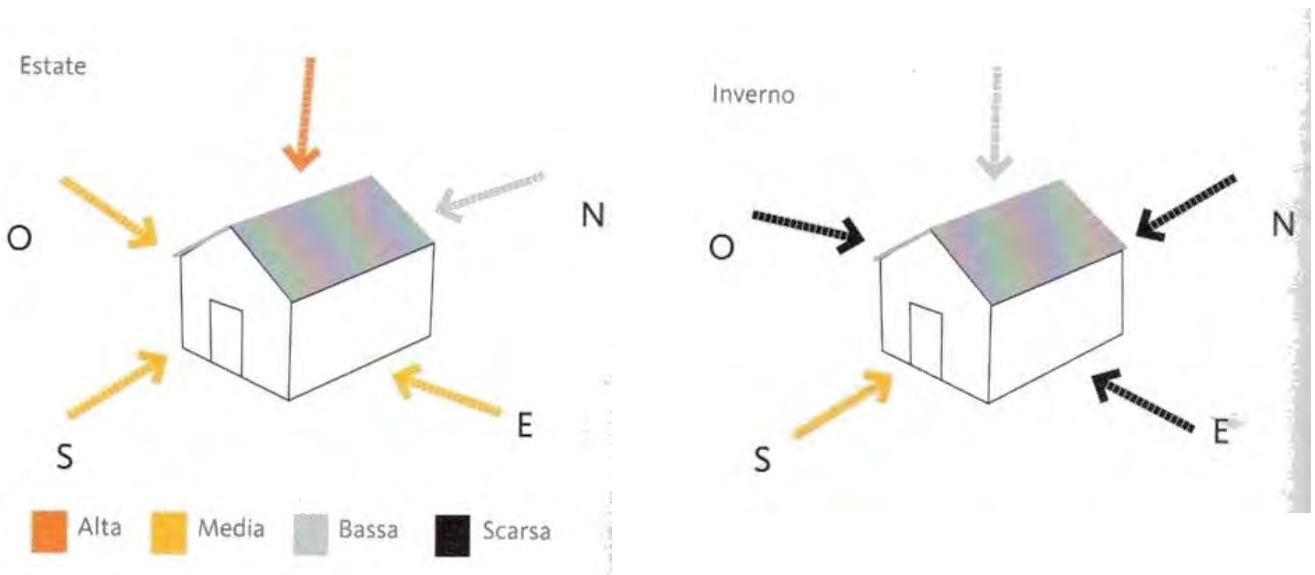
	E	SE	S	SO	O	NO	N	NE
Camera da letto	◆	◆	◆				◆	◆
Soggiorno		◆	◆	◆	◆			
Pranzo	◆	◆	◆	◆	◆			
Cucina	◆	◆	◆	◆				
Biblioteca						◆	◆	◆
Lavanderia						◆	◆	◆
Gioco		◆	◆	◆	◆			
Corte per stendere		◆	◆	◆	◆			
Bagno	◆	◆	◆	◆	◆		◆	◆
Ripostiglio						◆	◆	◆
Garage				◆	◆	◆	◆	◆
Laboratorio						◆	◆	◆
Terrazze	◆	◆	◆	◆	◆			
Veranda	◆	◆	◆					



Fonte: Ricerca e Progetto, 2008

# L'ORIENTAMENTO

## La radiazione solare incidente



# ESEMPIO 1

## Comportamento invernale



Edificio  
residenziale a  
Pieve di Cento  
(BO)

Ricerca e Progetto



Fonte: Ricerca e Progetto, 2008

Giovedì 29 Settembre 2016 | ING. EMANUELE PIFFERI | Gruppo EDEN

83/120

# ESEMPIO 1

## Comportamento estivo diurno



Edificio  
residenziale a  
Pieve di Cento  
(BO)

Ricerca e Progetto



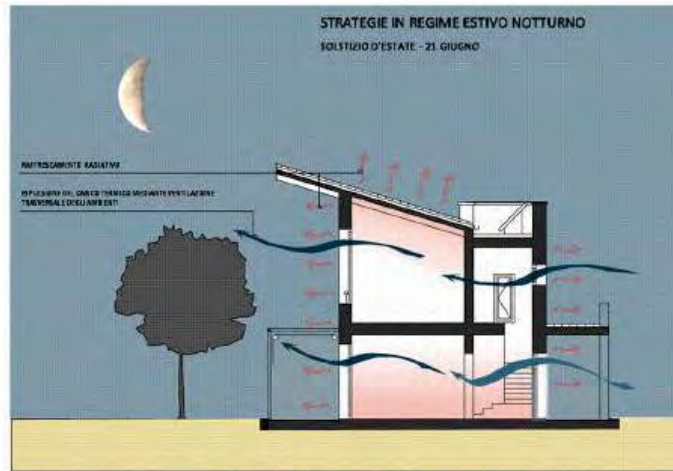
Fonte: Ricerca e Progetto, 2008

Giovedì 29 Settembre 2016 | ING. EMANUELE PIFFERI | Gruppo EDEN

84/120

# ESEMPIO 1

## Comportamento estivo notturno



Edificio  
residenziale a  
Pieve di Cento  
(BO)

Ricerca e Progetto



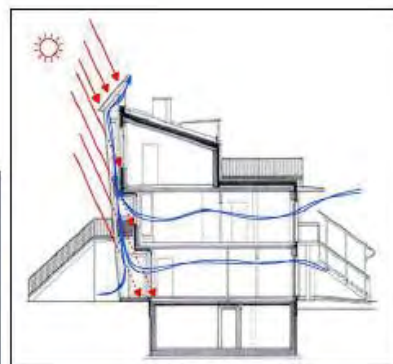
Fonte: Ricerca e Progetto, 2008

Giovedì 29 Settembre 2016 | ING. EMANUELE PIFFERI | Gruppo EDEN

85/120

# ESEMPIO 2

## Comportamento estivo ed invernale



Edificio residenziale "Gneis Moos" (Austria)  
G. Reinberg

Fonte: Ricerca e Progetto, 2008

Giovedì 29 Settembre 2016 | ING. EMANUELE PIFFERI | Gruppo EDEN

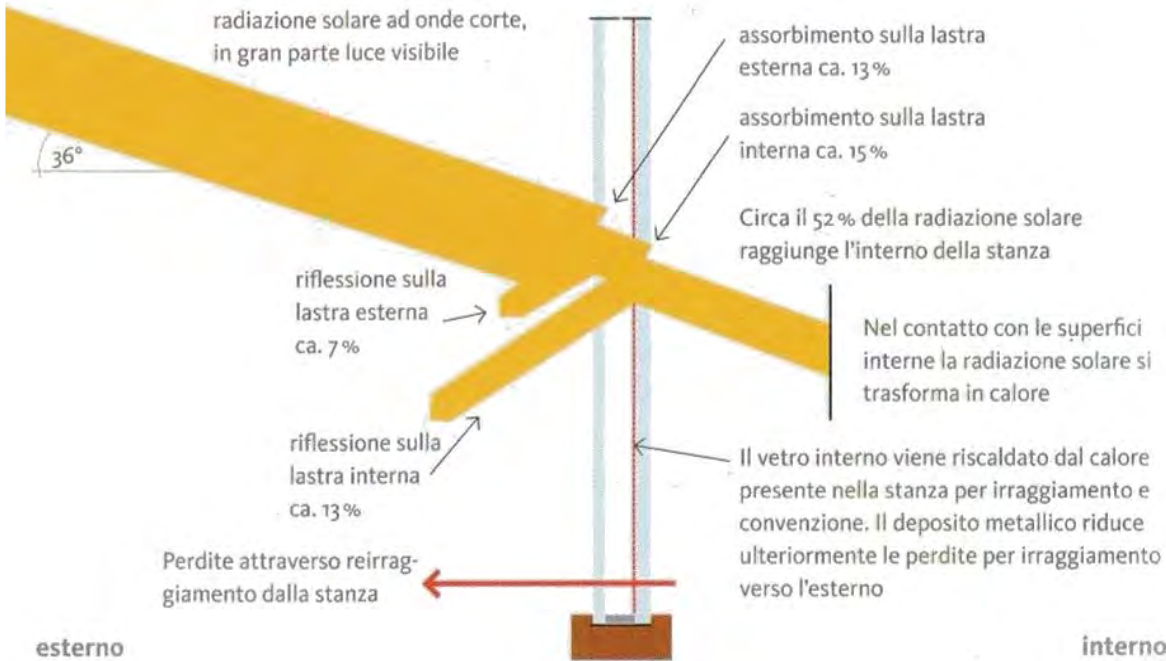
86/120



# LE VETRATE

## L'energia solare e gli elementi trasparenti

### Principio dell'utilizzo passivo dell'energia solare attraverso una finestra

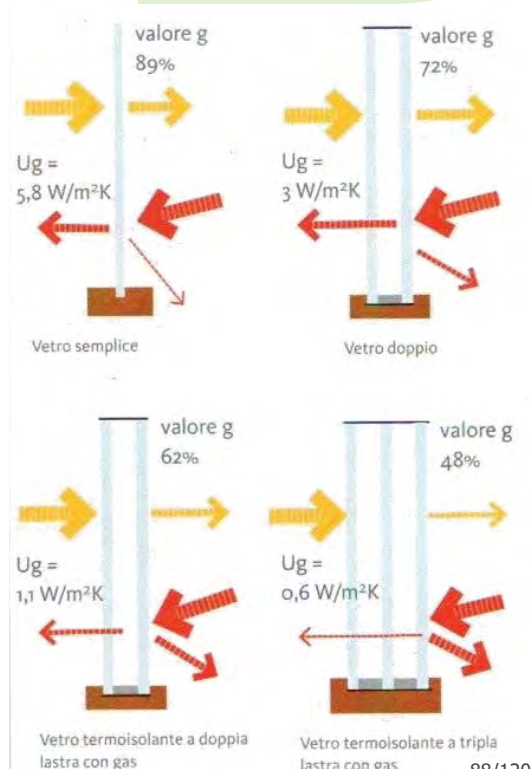


# LE VETRATE

## L'energia solare e gli elementi trasparenti

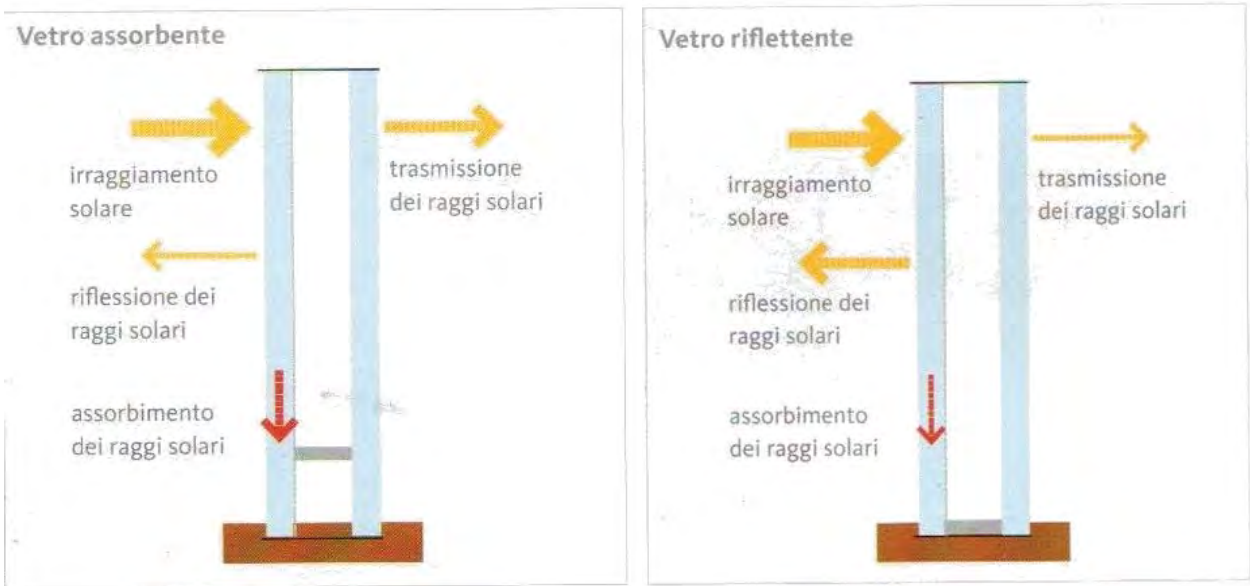
### Rapporto fra valore Ug e valore g

Al migliorare della trasmittanza termica delle vetrate (valori Ug più bassi) diminuiscono le perdite energetiche, ma diminuisce anche il valore g quindi si riducono i guadagni termici solari attraverso le finestre.



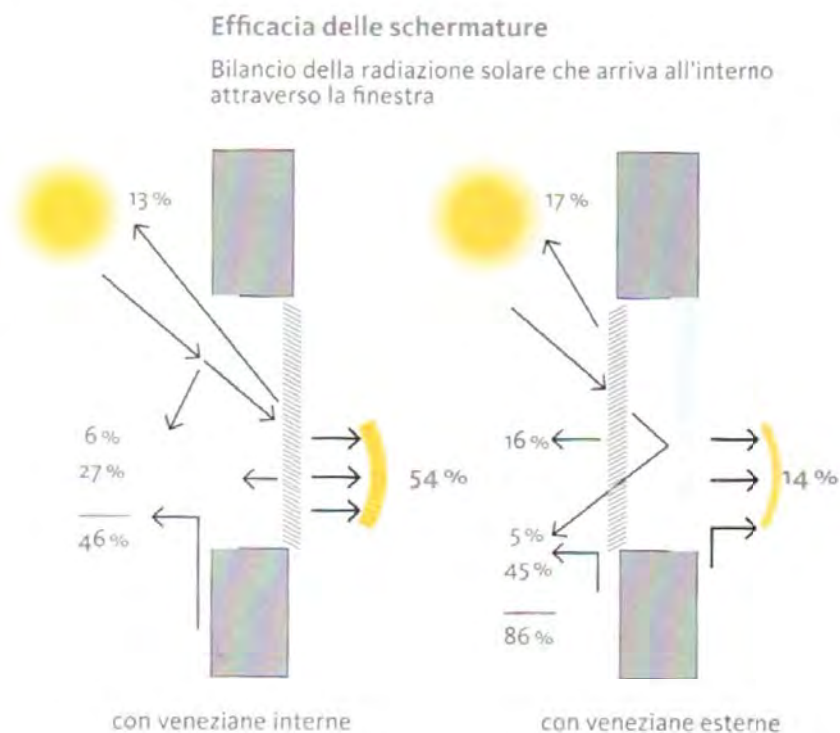
# LE VETRATE

## L'energia solare e gli elementi trasparenti



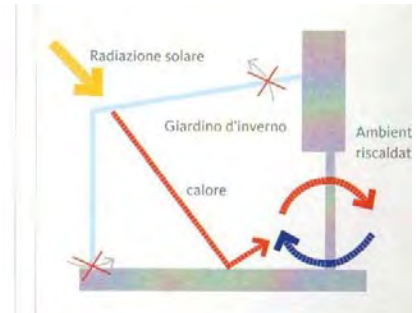
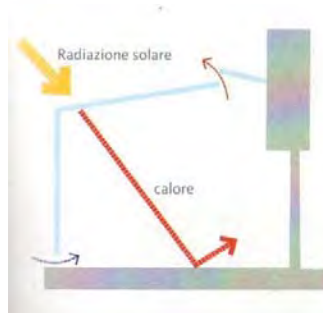
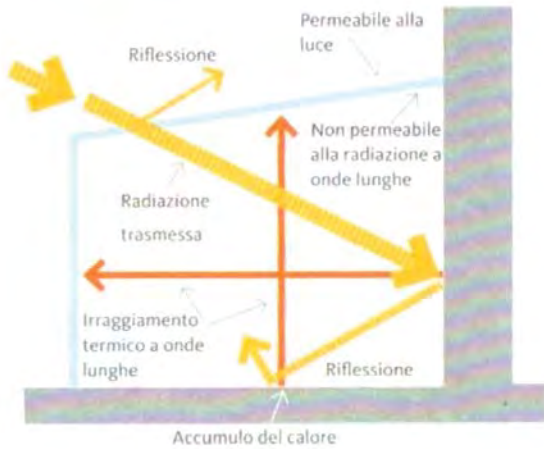
# LE SCHERMATURE

## Come influenzano la prestazione energetica



# LE SERRE SOLARI

## Come influenzano la prestazione energetica



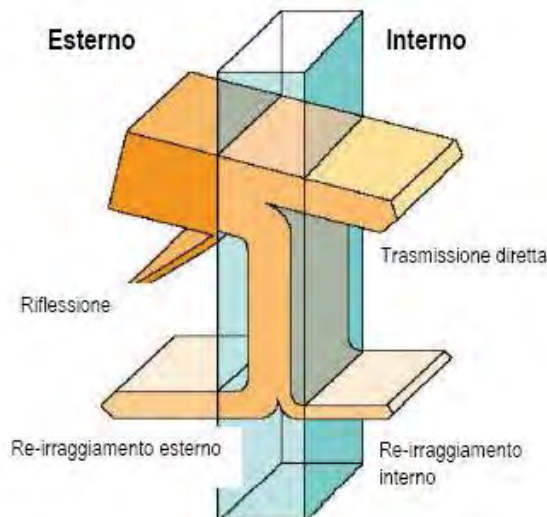
Giovedì 29 Settembre 2016 | ING. EMANUELE PIFFERI

# CORSO sulla Certificazione Energetica

# 4

## REQUISITI MINIMI E PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO ESTIVO

Parametri oggetto di verifica ai sensi della DGR 967/2015 per la valutazione delle prestazioni dell'involucro estivo

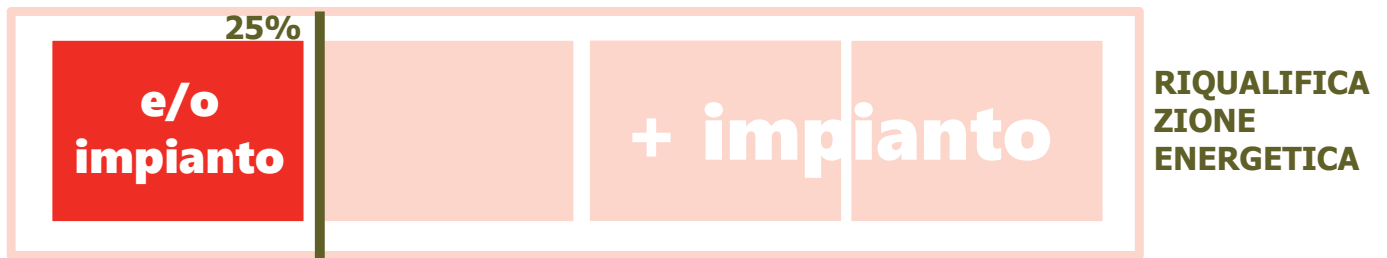




# DM 26/06/2015 | DGR 967 REQUISITI MINIMI

## Riqualificazioni energetiche - INTERVENTI

DGR E-R 967/15, ALL. 2 Art. 1



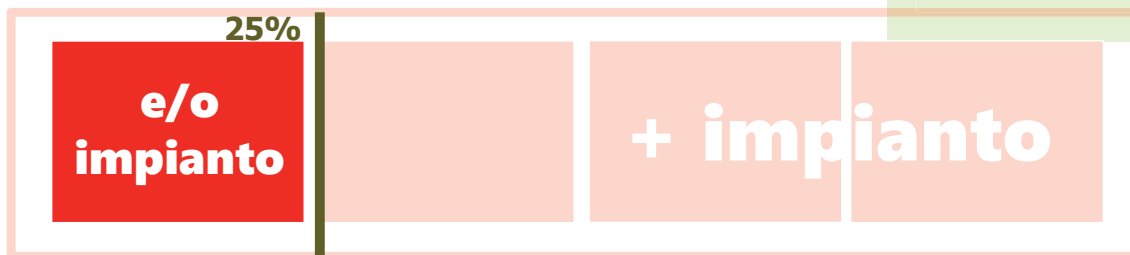
### CATEGORIA 4: EDIFICI ESISTENTI OGGETTO DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

Interventi che coinvolgono una superficie **inferiore o uguale al 25%** della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio e/o consistono nella nuova installazione, nella ristrutturazione di un impianto termico asservito all'edificio o di altri interventi parziali, ivi compresa la sostituzione del generatore.

I requisiti si applicano ai soli componenti edilizi e impianti oggetto di intervento, e si riferiscono alle loro relative caratteristiche termo-fisiche o di efficienza.

# DM 26/06/2015 | DGR 967 REQUISITI MINIMI

## Riqualificazioni energetiche – REQUISITI MINIMI



Verifica, in base agli interventi effettuati, di

- Condensa
  - Riflettanza
  - Trasmittanza strutt. verticali, orizzontali e infissi :  $U < U_{limite}$
  - Per strutture trasparenti:  $g_{gl+sh} < g_{gl+sh,limite}$
  - Per ristrutturazione impianti di climatizzazione  $\eta_H \eta_W \eta_C > \eta_{limite}$
  - Per sostituzione generatori  $\eta_u$  COP GUE EER
  - Impianti idro-sanitari, illuminazione e ventilazione a norma
- + altri requisiti SEZIONE A
- SEZIONE D

## Requisiti minimi Riqualficazioni Energetiche - INVOLUCRO

### A.1 CONTROLLO DELLA CONDENSAZIONE

### CONDENSA

1. Ad eccezione della categoria E.8, nel caso di intervento che riguardi le strutture opache delimitanti il volume riscaldato verso l'esterno, si procede conformemente alla norma UNI EN ISO 13788 alla verifica di assenza:
  - a) di rischio di formazione di muffe, con particolare attenzione ai ponti termici negli edifici di nuova costruzione;
  - b) di condense interstiziali.
2. Le condizioni interne di utilizzazione sono quelle previste nell'appendice alla norma sopra citata, secondo il metodo delle classi di concentrazione. Le medesime verifiche possono essere effettuate con riferimento a condizioni diverse, qualora esista un sistema di controllo dell'umidità interna e se ne tenga conto nella determinazione dei fabbisogni di energia primaria per riscaldamento e raffrescamento.

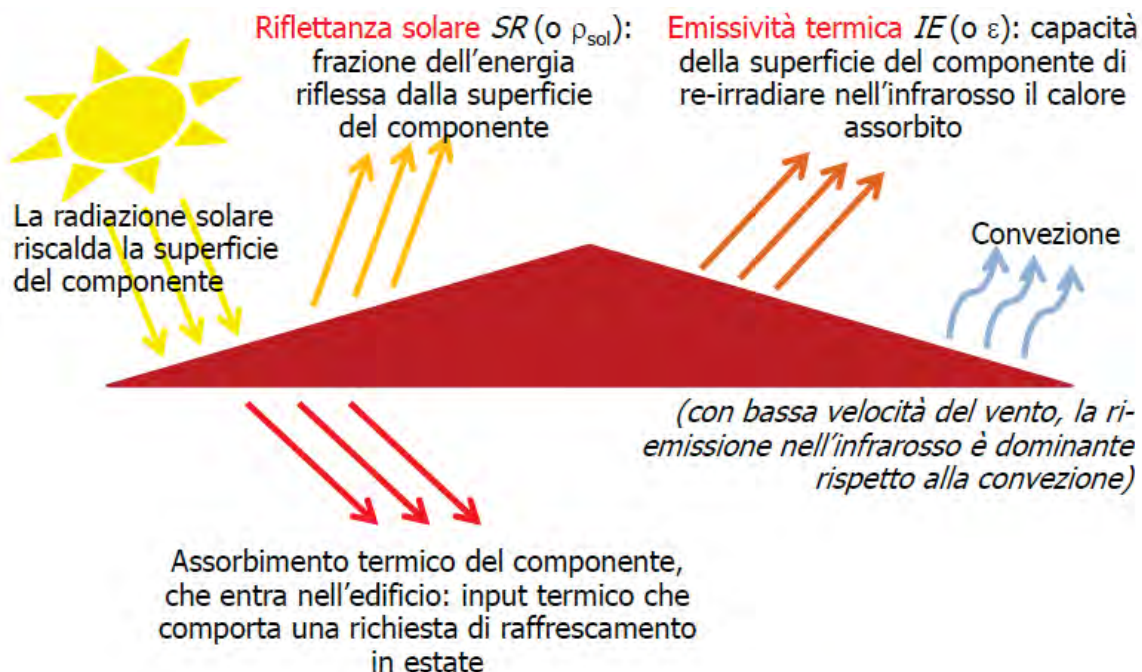
### A.2 CONTROLLO DEGLI APPORTI DI ENERGIA TERMICA IN REGIME ESTIVO

### RIFLETTANZA

1. Al fine di limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e di contenere la temperatura interna degli ambienti, nonché di limitare il surriscaldamento a scala urbana, per le strutture di copertura degli edifici è obbligatoria la verifica dell'efficacia, in termini di rapporto costi-benefici, dell'utilizzo di:
  - a) materiali a elevata riflettenza solare per le coperture (cool roof), assumendo per questi ultimi un valore di riflettenza solare non inferiore a:
    - 0,65 nel caso di coperture piane;
    - 0,30 nel caso di coperture a falde;
  - b) tecnologie di climatizzazione passiva (a titolo esemplificativo e non esaustivo: ventilazione, coperture a verde)

## RIFLETTANZA

### Comportamento di un componente edilizio colpito dal sole



# DM 26/06/2015 | DGR 967 REQUISITI MINIMI

## Requisiti minimi Riqualificazioni Energetiche - INVOLUCRO

DGR E-R 967/15, ALL. 2 Sez. D.1

Pareti

Zona climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015	2021
D	0,36	0,32
E	0,30	0,28
F	0,28	0,26

Solai

Zona climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015	2021
D	0,28	0,26
E	0,26	0,24
F	0,24	0,22

Pavimenti

Zona climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015	2021
D	0,36	0,32
E	0,31	0,29
F	0,30	0,28

Finestre  
incluso  
cassonetto

Zona climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015	2021
D	2,10	1,80
E	1,90	1,40
F	1,70	1,00

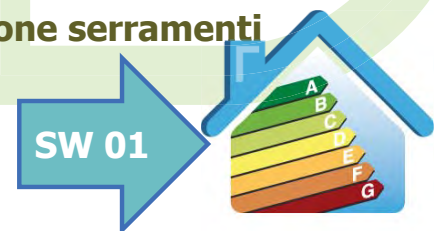
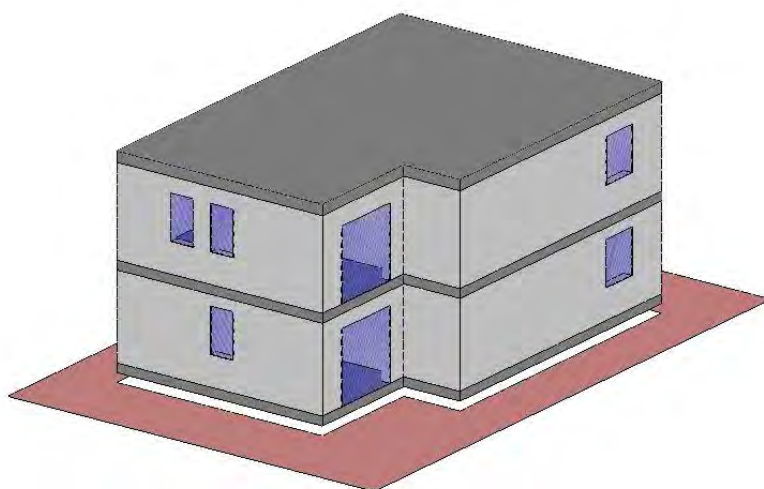
### VALORI PER RIQUALIFICAZIONI ENERGETICHE DAL 1° OTTOBRE 2015

I valori di trasmittanza delle  
tabelle si considerano  
**comprensivi dell'effetto  
dei ponti termici**

Zona climatica	g <sub>gl+sh</sub>	
	2015	2021
Tutte le zone	0,35	

# DGR 967 REQUISITI MINIMI | INFISSI

## Intervento Riqualificazione energetica | Sostituzione serramenti





# DGR 967 REQUISITI MINIMI | INFISSI

## Le trasmittanze limite per le Riqualficazioni: i nuovi valori

DGR E-R 967/15, ALL. 2 Sez. D.1

Finestre  
incluso  
cassonetto

Zona climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015	2021
D	2,10	1,80
E	1,90	1,40
F	1,70	1,00

Verifica U

Inoltre, sempre ad eccezione per la categoria E.8, per le chiusure tecniche trasparenti delimitanti il volume riscaldato verso l'esterno con orientamento da Est a Ovest, passando per Sud, il valore del fattore di trasmissione solare totale ( $g_{gl+sh}$ ) della componente finestrata, deve essere inferiore o uguale a quello riportato nella tabella seguente.

Valore del fattore di trasmissione solare totale  $g_{gl+sh}$  per componenti finestrati con orientamento da Est a Ovest passando per Sud in presenza di una schermatura mobile

Zona climatica	$g_{gl+sh}$	
	2015	2021
Tutte le zone	0,35	

$g_{gl+sh}$

# DGR 967 REQUISITI MINIMI | INFISSI

## Il fattore di trasmissione solare $g_{gl+sh}$

$$g_{gl+sh} = g_{gl,n} \cdot F_w \cdot F_{sh}$$

Tipo di vetro	$g_{gl,n}$
Vetro singolo	0,85
Doppio vetro normale	0,75
Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo	0,67
Tripla vetro normale	0,70
Tripla vetro con doppio rivestimento basso-emissivo	0,50
Doppia finestra	0,75

prospetto 20 Fattore di esposizione,  $F_w$

Mese	Vetro singolo				Doppio vetri				Tripla vetro			
	S	E/O	N	Orizz.	S	E/O	N	Orizz.	S	E/O	N	Orizz.
Gen.	0,984	0,902	0,932	0,876	0,978	0,861	0,901	0,812	0,972	0,833	0,880	0,770
Feb.	0,967	0,923	0,932	0,902	0,950	0,890	0,901	0,851	0,937	0,868	0,880	0,817
Mar.	0,933	0,932	0,931	0,931	0,897	0,904	0,901	0,895	0,872	0,884	0,879	0,871
Apr.	0,888	0,938	0,921	0,949	0,833	0,912	0,890	0,923	0,796	0,894	0,868	0,906
Mag.	0,852	0,941	0,895	0,955	0,787	0,916	0,854	0,933	0,747	0,898	0,828	0,918
Giu.	0,838	0,941	0,877	0,955	0,770	0,915	0,831	0,934	0,731	0,898	0,802	0,920
Lug.	0,835	0,941	0,877	0,956	0,766	0,915	0,831	0,935	0,724	0,898	0,801	0,921
Ago.	0,861	0,940	0,905	0,952	0,797	0,915	0,870	0,928	0,756	0,898	0,846	0,912
Set.	0,911	0,935	0,930	0,940	0,865	0,907	0,899	0,909	0,833	0,888	0,877	0,887
Ott.	0,957	0,925	0,931	0,912	0,933	0,894	0,900	0,865	0,915	0,872	0,878	0,833
Nov.	0,981	0,912	0,931	0,880	0,971	0,876	0,901	0,818	0,964	0,851	0,879	0,776
Dic.	0,987	0,903	0,932	0,858	0,982	0,862	0,901	0,789	0,977	0,834	0,880	0,744

# DGR 967 REQUISITI MINIMI | INFISSI

## Il fattore di trasmissione solare $g_{gl+sh}$

UNI TS 11300-1 14

$$g_{gl+sh} = g_{gl,n} \cdot F_w \cdot F_{sh}$$

$F_{sh}$	Tipo di tenda	Proprietà ottiche della tenda		Fattori di riduzione con	
		assorbimento	trasmissione	tenda interna	tenda esterna
	Veneziane bianche	0,1	0,05	0,25	0,10
			0,1	0,30	0,15
			0,3	0,45	0,35
	Tende bianche	0,1	0,5	0,65	0,55
			0,7	0,80	0,75
			0,9	0,95	0,95
	Tessuti colorati	0,3	0,1	0,42	0,17
			0,3	0,57	0,37
			0,5	0,77	0,57
	Tessuti rivestiti di alluminio	0,2	0,05	0,20	0,08

# DGR 967 REQUISITI MINIMI | INFISSI

## Il fattore di trasmissione solare $g_{gl+sh}$

UNI TS 11300-1 14

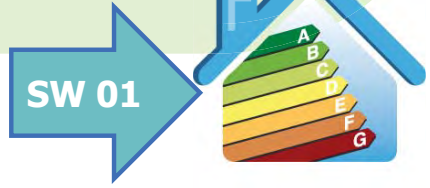
Tapparelle, scuri e persiane in Italia sono utilizzati come schermi, ma non sono contemplati come tali nella UNI/TS 11300-1 perché la tabella è presa dalla UNI EN ISO 13790, sviluppata nel centro-nord Europa.

È online sul sito [www.pit.enea.it](http://www.pit.enea.it) **WINSHELTER - WINdows and SHading Energy Lighting and Thermal Evaluation Routine** - software gratuito per calcolare le proprietà termiche, solari e luminose dei serramenti e dei sistemi di schermatura solare, realizzato da ENEA in collaborazione con la Stazione Sperimentale del Vetro nell'ambito dell'Accordo di Programma con il Ministero dello Sviluppo Economico per la Ricerca di Sistema Elettrico.



# DGR 967 REQUISITI MINIMI | CASO PRATICO 1

## Intervento Riqualficazione energetica | Sostituzione serramenti



Normativa di calcolo / verifica

Data di applicazione verifiche: 05/11/2015

Normativa: Emilia Romagna - D.G.R. 967/2015 - UNI/TS 11300

Tipo di intervento

Involucro: Riqualficazione energetica

Impianto: Nessun intervento sugli impianti

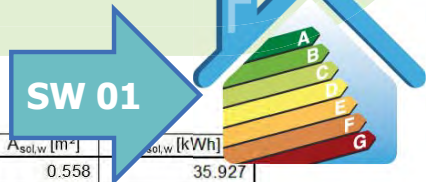
Prevede l'isolamento termico dall'interno o in intercapedine

Struttura	U	Um	Uc	Limite	Verificata
PE1 - Parete POROTON cm30	0.760	0.760	4.652	0.300	<input type="checkbox"/>
PI1 - Muratura forati cm30	1.000	1.000	1.000	0.300	<input type="checkbox"/>
PA1 - Basamento su vespaio cm30 [1]	1.351	1.351	1.351	---	<input type="checkbox"/>
SI1 - Solaio laterocemento cm30	1.667	1.667	1.667	0.800	<input type="checkbox"/>
PE1 - Parete POROTON cm30	0.760	0.456	0.456	0.800	<input checked="" type="checkbox"/>
F5 233x239	1.368	---	---	1.900	<input checked="" type="checkbox"/>
F4 125x149	1.391	---	---	1.900	<input checked="" type="checkbox"/>
F1 80x149	1.345	---	---	1.900	<input checked="" type="checkbox"/>
F3 113x149	1.413	---	---	1.900	<input checked="" type="checkbox"/>
F2 163x149	1.342	---	---	1.900	<input checked="" type="checkbox"/>
Vetro doppio (emis 0,05 - argon 90%) 4-20-4	1.220	---	---	---	<input type="checkbox"/>
Portone in legno	1.434	---	---	1.900	<input checked="" type="checkbox"/>

OK  
Verifica U

# DGR 967 REQUISITI MINIMI | CASO PRATICO 1

## Intervento Riqualficazione energetica | Sostituzione serramenti



### Da Relazione di Calcolo SW Termo

F1 80x149 su PE1 - Parete POROTON cm30 (esposizione Sud)

Mese	gg	$I_{sol}$ [W/m <sup>2</sup> ]	$g_{gl}$	$F_{hor}$	$F_{in}$	$F_{ov}$	$F_{sh,gl}$	$A_g$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{sol,w}$ [m <sup>2</sup> ]	$Q_{sol,w}$ [kWh]
Gennaio	31	86.6	0.658	1.000	1.000	1.000	1.000	0.851	0.558	35.927
Febbraio	28	119.4	0.636	1.000	1.000	1.000	1.000	0.851	0.542	43.453
Marzo	31	140.4	0.601	1.000	1.000	1.000	1.000	0.851	0.511	53.426
Aprile	15	128.6	0.558	1.000	1.000	1.000	1.000	0.851	0.475	21.987
Ottobre	17	138.0	0.625	1.000	1.000	1.000	1.000	0.851	0.532	29.955
Novembre	30	105.9	0.651	1.000	1.000	1.000	1.000	0.851	0.554	42.207
Dicembre	31	85.4	0.658	1.000	1.000	1.000	1.000	0.851	0.560	35.558
Totale										262.514

Se non considero schermature...

~~Verifica  $g_{gl+sh}$~~

### Da Relazione LEGGE 10

#### B.2. Fattore di trasmissione solare totale

Descrizione	Orientamento	$g_{gl+sh}$ [W/m <sup>2</sup> K]	$g_{gl+sh,lim}$ [W/m <sup>2</sup> K]
F4 125x149	Verticale	0.61	0.35
F1 80x149	Verticale	0.66	0.35
F2 163x149	Verticale	0.61	0.35
F5 233x239	Verticale	0.61	0.35



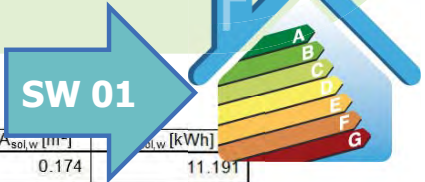
# DGR 967 REQUISITI MINIMI | CASO PRATICO 1

## Intervento Riqualficazione energetica | Sostituzione serramenti

### Da Relazione di Calcolo SW Termo

F1 80x149 su PE1 - Parete POROTON cm30 (esposizione Sud)

Mese	gg	$I_{sol}$ [W/m <sup>2</sup> ]	$g_{gl}$	$F_{hor}$	$F_{fin}$	$F_{ov}$	$F_{sh,gl}$	$A_g$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{sol,w}$ [m <sup>2</sup> ]	$Q_{sol,w}$ [kWh]
Gennaio	31	86.6	0.655	1.000	1.000	1.000	0.311	0.851	0.174	11.191
Febbraio	28	119.4	0.636	1.000	1.000	1.000	0.303	0.851	0.164	13.166
Marzo	31	140.4	0.601	1.000	1.000	1.000	0.311	0.851	0.159	16.642
Aprile	15	128.6	0.558	1.000	1.000	1.000	0.371	0.851	0.176	8.157
Ottobre	17	138.0	0.625	1.000	1.000	1.000	0.269	0.851	0.143	8.058
Novembre	30	105.9	0.651	1.000	1.000	1.000	0.286	0.851	0.158	12.071
Dicembre	31	85.4	0.658	1.000	1.000	1.000	0.269	0.851	0.151	9.565
Totale										78.851



### Da Relazione LEGGE 10

#### B.2. Fattore di trasmissione solare totale

OK  
Verifica  $g_{gl+sh}$

Descrizione	Orientamento	$g_{gl+sh}$ [W/m <sup>2</sup> K]	$g_{gl+sh,lim}$ [W/m <sup>2</sup> K]
F4 125x149	Verticale	0.09	0.35
F1 80x149	Verticale	0.10	0.35
F2 163x149	Verticale	0.09	0.35
F5 233x239	Verticale	0.09	0.35

# DGR 967 REQUISITI MINIMI | CASO PRATICO 1

## Relazione Tecnica di Progetto (ex Legge 10)

DGR E-R 967/15, ALL. 4

Descrizione intervento	Sezione della relazione tecnica da compilare
<input type="checkbox"/> Intervento su coperture piane o a falde (ad es: isolamento o impermeabilizzazione)	4.1.4 ; 4.2
<input checked="" type="checkbox"/> Intervento di sostituzione di infissi	4.1.6
<input type="checkbox"/> Intervento su pareti verticali esterne (ad esempio, rifacimento intonaco con un incidenza superiore al 10%)	4.1.3
<input type="checkbox"/> Intervento su pareti di separazione	4.1.2
<input type="checkbox"/> Intervento su chiusure opache orizzontali inferiori	4.1.5
<input type="checkbox"/> Nuovo impianto termico in edifici esistenti con potenza del generatore maggiore o uguale a 100 kW	5.1 ; 6 ; 7.1 ; 7.2 ; 7.3 ; 7.4 ; 7.5 ; 7.6 ; 8
<input type="checkbox"/> Ristrutturazione impianto termico in edifici esistenti con potenza del generatore maggiore o uguale a 100 kW	5.1 ; 6 ; 7.1 ; 7.2 ; 7.3 ; 7.4 ; 7.5 ; 7.6 ; 8
<input type="checkbox"/> Sostituzione del generatore di calore impianto termico in edifici esistenti con potenza del generatore maggiore o uguale a 100 kW	5.1 ; 7.2 ; 7.4 ; 7.6 ; 8
<input type="checkbox"/> Nuova installazione o ristrutturazione di impianti termici in edifici pubblici o ad uso pubblico	5.2 ; 6 ; 7.1 ; 7.2 ; 7.3 ; 7.4 ; 7.5 ; 7.6 ; 8

#### RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA (art.3 comma 3)

Interventi sull'involucro edilizio con un incidenza inferiore o uguale al 25% della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio, in qualunque modo denominati (a titolo indicativo e non esaustivo: manutenzione ordinaria o straordinaria, ristrutturazione e risanamento conservativo). Interventi sugli impianti.

# DGR 967 REQUISITI MINIMI | CASO PRATICO 1

## Relazione Tecnica di Progetto (ex Legge 10)

DGR E-R 967/15, ALL. 4

### 4. PARAMETRI RELATIVI AL FABBRICATO: CHIUSURE OPACHE E TRASPARENTI DELL'EDIFICIO OGGETTO DELL'INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA (SE PREVISTI) E VALORI LIMITE

Riportare l'elenco delle chiusure opache e trasparenti oggetto di intervento, il valore di trasmittanza di progetto ed il rispetto del valore limite

Riportare in allegato la stratigrafia ed il calcolo delle trasmittanza e dei valori termofisici

Compilare solo le parti oggetto di intervento, in caso di interventi parziali i limiti sono riferiti alle sole parti oggetto di intervento

#### 4.1.6 Chiusure trasparenti

##### a) Valori di Trasmittanza termica

n.	Denominazione struttura	(Requisiti All.2 Sez. C. 1.2 o Sez.D.1.4)		(Requisiti All.2 Sez.A.1)
		Trasmittanza termica U (W/m <sup>2</sup> K) di progetto	Trasmittanza termica U (W/m <sup>2</sup> K) valore limite	Controllo della condensazione (UNI EN ISO 13788)
	.....	.....	.....	<input type="checkbox"/> NA* <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
	.....	.....	.....	<input type="checkbox"/> NA* <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO

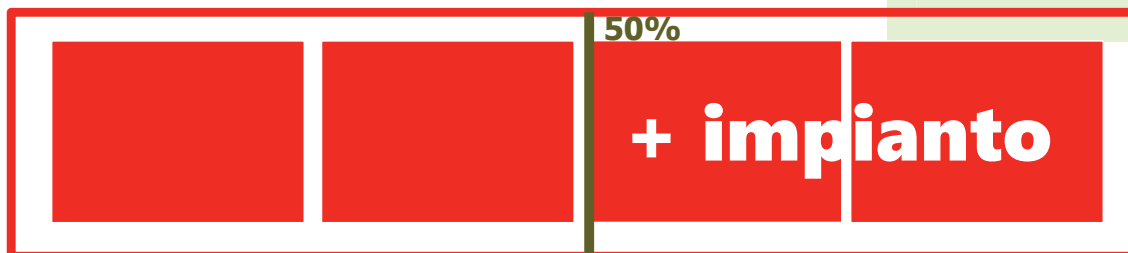
##### b) Fattore solare

Elenco	Denominazione struttura	(Requisiti All.2 Sez. D. 1.4)	(Requisiti All.2 Sez.A.1)	Verifica (barrare)
		trasmissione solare totale q <sub>gl,sh</sub> di progetto	trasmissione solare totale q <sub>gl,sh</sub> valore limite	
				<input type="checkbox"/> NA* <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO

\* N.A. (non applicabile)

# DM 26/06/2015 | DGR 967 REQUISITI MINIMI

## Ristrutturazioni 1° livello e nuove Costruzioni – REQUISITI MINIMI



- Condensa, Riflettanza + altri req. SEZ.A
- Parametro  $H'_T < \text{valore limite da Tabella}$
- Trasmittanza divisori:  $U_{\text{divisori}} < 0.8$
- $EP_{H,ndr}$ ,  $EP_{C,ndr}$ ,  $EP_{gl,tot} < \text{limite calcolato per l'Edificio di Riferimento}$
- Efficienze  $\eta_H$ ,  $\eta_W$ ,  $\eta_C > \eta_{H,limite}$ ,  $\eta_{W,limite}$ ,  $\eta_{C,limite}$  calcolate per l'Ed. di Rif.
- Schermature e fattore g
- Parametro  $A_{\text{sol,est}} / A_{\text{sup,utile}} < \text{valore limite da Tabella}$
- Trasmittanza periodica YIE < 0.10 per pareti, 0.18 per coperture
- Obbligo FER



# REQUISITI NUOVE COSTRUZIONI E 1° LIVELLO

## Verifica della Prestazione Energetica globale e parziale

DGR E-R 967/15, ALL. 2 Sez. B.2

INDICI E PARAMETRI	DESCRIZIONE	OBBLIGO VERIFICA
$EP_{H,nd}$	indice di prestazione termica utile per riscaldamento;	SI
$\eta_H$ [-]	efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale;	SI
$EP_{H,tot}$	indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale espresso in energia primaria totale (indice "tot")	NO
$EP_{H,nren}$	indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale espresso in energia primaria non rinnovabile (indice "nren")	NO
$EP_{W,nd}$	indice di prestazione termica utile per la produzione di acqua calda sanitaria nell'edificio;	NO
$\eta_w$	efficienza media stagionale dell'impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria;	SI
$EP_{W,tot}$	indice di prestazione energetica per la produzione dell'acqua calda sanitaria espresso in energia primaria totale (indice "tot")	NO
$EP_{W,nren}$	indice di prestazione energetica per la produzione dell'acqua calda sanitaria espresso in energia primaria non rinnovabile (indice "nren")	NO
$EP_{V,tot}$	indice di prestazione energetica per la ventilazione espresso in energia primaria totale (indice "tot")	NO
$EP_{V,nren}$	indice di prestazione energetica per la ventilazione espresso in energia primaria non rinnovabile (indice "nren")	NO

Giovedì 29 Settembre 2016

ING. EMANUELE PIFFERI

Gruppo EDEN

109/120

# REQUISITI NUOVE COSTRUZIONI E 1° LIVELLO

## Verifica della Prestazione Energetica globale e parziale

DGR E-R 967/15, ALL. 2 Sez. B.2

$EP_{C,nd}$	indice di prestazione termica utile per il raffrescamento;	SI
$\eta_c$	efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità);	SI
$EP_{C,tot}$	indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità) espresso in energia primaria totale (indice "tot")	NO
$EP_{C,nren}$	indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità) espresso in energia primaria non rinnovabile (indice "nren")	NO
$EP_{L,tot} (1)$	indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale, espresso in energia primaria rinnovabile totale (indice "tot")	NO
$EP_{L,nren} (1)$	indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale, espresso in energia primaria non rinnovabile (indice "nren")	NO
$EP_{T,tot} (1)$	indice di prestazione energetica del servizio per il trasporto di persone e cose (impianti ascensori, marciapiedi e scale mobili), espresso in energia primaria rinnovabile totale (indice "tot")	NO
$EP_{T,nren} (1)$	indice di prestazione energetica del servizio per il trasporto di persone e cose (impianti ascensori, marciapiedi e scale mobili), espresso in energia primaria non rinnovabile (indice "nren")	NO
$EP_{gl,tot} = EP_{H,tot} + EP_{W,tot} + EP_{V,tot} + EP_{C,tot} + EP_{L,tot} + EP_{T,tot}$	indice di prestazione energetica globale dell'edificio, espresso in energia primaria totale (indice "tot")	SI
$EP_{gl,nren} = EP_{H,nren} + EP_{W,nren} + EP_{V,nren} + EP_{C,nren} + EP_{L,nren} + EP_{T,nren}$	indice di prestazione energetica globale dell'edificio, espresso in energia primaria non rinnovabile (indice "nren")	NO



# REQUISITI NUOVE COSTRUZIONI E 1° LIVELLO

## Abaco dei Requisiti e delle Specifiche

DGR E-R 967/15, ALL. 2 Sez. E

### SEZIONE B

Nuovo + 1° Livello + NZeb

B	B.1	Controllo delle perdite per trasmissione	B.1.1	Coefficiente globale di scambio termico
			B.1.2	Trasmittanza termica dei componenti edilizi: pareti di separazione
	B.2	Prestazione energetica globale e parziale		
	B.3	Controllo degli apporti di energia termica in regime estivo	B.3.1	Protezione delle chiusure esposte all'irraggiamento solare
			B.3.2	Controllo dell'area solare equivalente estiva
			B.3.3	Protezione delle chiusure opache
	B.4	Allacciamento a reti di teleriscaldamento / teleraffrescamento		
	B.5	Adozione di sistemi di regolazione e controllo		
	B.6	Configurazione impianti termici		
	B.7	Produzione e utilizzo di fonti energetiche rinnovabili (FER)	B.7.1	Apporto di energia termica da fonti energetiche rinnovabili
B.7.2			Produzione di energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili	
B.7.3			Condizioni applicative	
B.7.4			Caratteristiche minime delle unità di microgenerazione	
B.8	Requisiti degli Edifici ad energia quasi zero			

# DM 26/06/2015 | DGR 967 REQUISITI MINIMI

## Grandezze da calcolare e da verificare

$U$   $Y_{IE}$

$H'_T$  Riflettanza

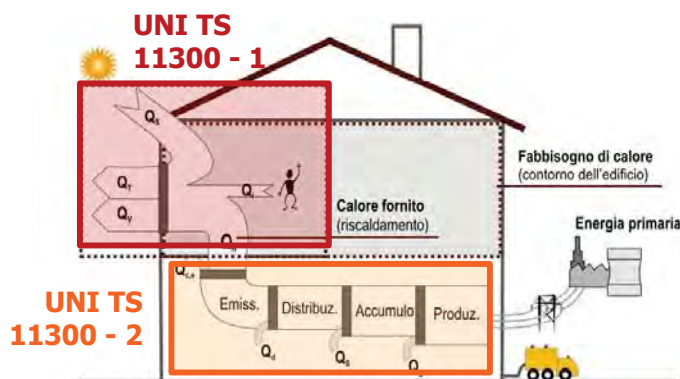
Condensa

$g_{gl+sh}$

$A_{sol,est} / A_{sup,utile}$

$EP_{H,nd}$   $EP_{gl,tot}$

$EP_{C,nd}$



$\eta_u$  EER

COP GUE

$\eta_H$   $\eta_W$   $\eta_C$

# REQUISITI NUOVE COSTRUZIONI E 1° LIVELLO

## Controllo apporti di energia termica in regime ESTIVO

DGR E-R 967/15, ALL. 2 Sez. B.1.1

$H'_T$

### CONTROLLO DELLE PERDITE PER TRASMISSIONE: COEFFICIENTE GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO

Il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente  $H'_T$  per l'intero involucro edilizio < valore limite da tabella:

RAPPORTO DI FORMA (S/V) (Tipologia Edilizia)	Zona climatica		
	D	E	F
$S/V \geq 0,7$	0,53	0,50	0,48
$0,7 > S/V \geq 0,4$	0,58	0,55	0,53
$0,4 > S/V$	0,80	0,75	0,70

# REQUISITI NUOVE COSTRUZIONI E 1° LIVELLO

## Controllo apporti di energia termica in regime ESTIVO

DGR E-R 967/15, ALL. 2 Sez. B.1.1

$H'_T$

### CONTROLLO DELLE PERDITE PER TRASMISSIONE: COEFFICIENTE GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO

La verifica si effettua calcolando il coefficiente medio globale di scambio termico  $H'_T$  come:

$$H'_T = H_{tr,adj} / \sum_k A_k \quad [W/m^2K]$$

dove:

- $H_{tr,adj}$  è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione dell'involucro determinato con la UNI/TS 11300-1 (W/K);
- $A_k$  è la superficie del k-esimo componente (opaco o trasparente) costituente l'involucro (m<sup>2</sup>).

# REQUISITI NUOVE COSTRUZIONI E 1° LIVELLO

## Controllo apporti di energia termica in regime ESTIVO

DGR E-R 967/15, ALL. 2 Sez. B.3.3

YIE

### PROTEZIONE DELLE CHIUSURE OPACHE

Al fine limitare gli apporti termici dovuti alla radiazione solare incidente sulle chiusure opache durante il regime estivo, il progettista verifica, per le località con irradianza media mensile sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione estiva  $I_{m,s} \geq 290 \text{ W/m}^2$ :

- a) per le chiusure verticali opache (= pareti esterne) il rispetto di almeno uno dei seguenti requisiti:
- valore della massa superficiale  **$M_s > 230 \text{ kg/m}^2$** ;
  - valore della trasmittanza termica periodica  **$YIE < 0,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$**

- b) per le chiusure opache orizzontali ed inclinate (coperture)  
 **$YIE < 0,18 \text{ W/(m}^2\text{K)}$**

Esclusi gli edifici nelle categorie E.6 ed E.8, quelli in Zona climatica F e le pareti esterne nel quadrante nord-ovest / nord / nord-est

# REQUISITI NUOVE COSTRUZIONI E 1° LIVELLO

## Controllo apporti di energia termica in regime ESTIVO

DGR E-R 967/15, ALL. 2 Sez. B.3.1

Schermature, g

### PROTEZIONE DELLE CHIUSURE MAGGIORMENTE ESPOSTE ALL'IRRAGGIAMENTO SOLARE

Si dovranno adottare soluzioni che garantiscano la **schermatura delle aperture e/o dei serramenti verticali, orizzontali o inclinati** (se delimitanti una zona termica), che risultano esposti all'irraggiamento solare mediante sistemi schermanti fissi (aggetti, brise-soleil, balconi, porticati, frangisole fissi, etc. ) o la installazione di schermi flessibili (ante mobili oscuranti, frangisole mobili, chiusure avvolgibili, tende esterne, etc.) dei quali sia assicurata la presenza e manutenzione.

Il requisito è espresso come percentuale della superficie schermata rispetto alla superficie di ciascuna apertura e/o serramento rivolto verso sud e verso ovest. Tale percentuale deve essere **superiore al 50%**.

La verifica deve essere effettuata con riferimento alla posizione del sole e alla radiazione solare incidente alle ore 13.00 ed alle ore 15.00 del 25 luglio.



# REQUISITI NUOVE COSTRUZIONI E 1° LIVELLO

## Controllo apporti di energia termica in regime ESTIVO

DGR E-R 967/15, ALL. 2 Sez. B.3

Schermature, g

### PROTEZIONE DELLE CHIUSURE MAGGIORMENTE ESPOSTE ALL'IRRAGGIAMENTO SOLARE

In via subordinata, il requisito si intende soddisfatto se vengono adottate vetrate dotate di sistemi filtranti, con caratteristiche di controllo del **fattore solare g**.

Per edifici con un rapporto tra superficie delle chiusure trasparenti e delle chiusure opache  $> 50\%$ , il requisito si intende soddisfatto  $g \leq 0,5$ .

Per edifici con Sup. chiusure trasparenti / Sup. chiusure opache  $< 50\%$ ,  $g \leq$  **valori da tabella:**

Tipo di chiusura	Fattore di trasmissione g
orizzontale o inclinata superiore	0,5
verticale	0,6

# REQUISITI NUOVE COSTRUZIONI E 1° LIVELLO

## Controllo apporti di energia termica in regime ESTIVO

DGR E-R 967/15, ALL. 2 Sez. B.3.2

$A_{sol,est} / A_{su}$

### CONTROLLO DELL'AREA SOLARE EQUIVALENTE ESTIVA

Il parametro  $A_{sol,est} / A_{sup.utile}$  deve risultare inferiore al corrispondente valore limite riportato nella Tabella:

Categoria edificio	Valore $A_{sol,est} / A_{sup.utile}$
Categoria E.1 fatta eccezione per collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1 (3)	$\leq 0,030$
Tutti gli altri edifici	$\leq 0,040$

# REQUISITI NUOVE COSTRUZIONI E 1° LIVELLO

## Controllo apporti di energia termica in regime ESTIVO

DGR E-R 967/15, ALL. 2 Sez. B.3.2

$$A_{sol,est} / A_{su}$$

## CONTROLLO DELL'AREA SOLARE EQUIVALENTE ESTIVA

La verifica si effettua calcolando l'area equivalente estiva  $A_{sol,est}$  dell'edificio come sommatoria delle aree equivalenti estive di ogni componente vetrato  $k$ :

$$A_{sol,est} = \sum_k F_{sh,ob} \times g_{gl+sh} \times (1 - F_F) \times A_{w,p} \times F_{sol,est} \quad [m^2]$$

dove:

- $F_{sh,ob}$  è il fattore di riduzione per ombreggiatura relativo ad elementi esterni per l'area di captazione solare effettiva della superficie vetrata  $k$ -esima, riferito al mese di luglio.
- $g_{gl+sh}$  è la trasmittanza di energia solare totale della finestra, calcolata nel mese di luglio quando la schermatura solare è utilizzata;
- $F_F$  è la frazione di area relativa al telaio, rapporto tra l'area proiettata del telaio e l'area proiettata totale del componente finestrato;
- $A_{w,p}$  è l'area proiettata totale del componente vetrato (area del vano finestra);
- $F_{sol,est}$  è il fattore di correzione per l'irraggiamento incidente, ricavato come rapporto tra l'irradianza media nel mese di luglio sull'esposizione considerata, e l'irradianza media annuale sul piano orizzontale.

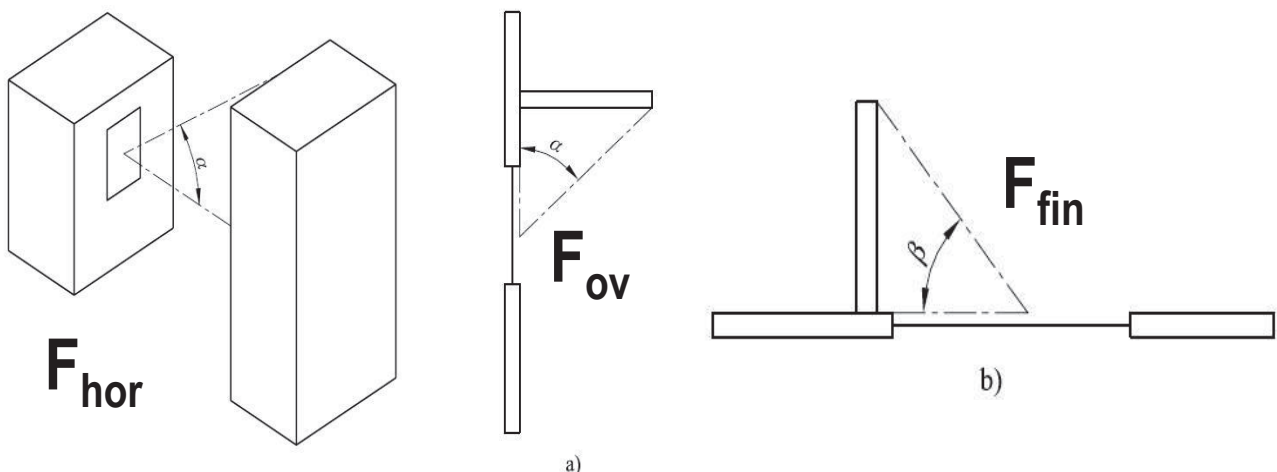
# REQUISITI NUOVE COSTRUZIONI E 1° LIVELLO

## Controllo apporti di energia termica in regime ESTIVO

UNI TS 11300-1 5.3

$$A_{sol,est} / A_{su}$$

$$F_{sh,ob,k} = F_{hor} \cdot \min (F_{ov} , F_{fin})$$



*Grazie  
per  
l'attenzione...*

 **EDEN**  
edilizia **energetica**

Gruppo EDEN | Via della Barca, 24/3 - 40133 Bologna  
Tel. 051-7166459 | e-mail: [info@gruppoeden.it](mailto:info@gruppoeden.it)

[www.ediliziaenergetica.it](http://www.ediliziaenergetica.it)

*...e restiamo in contatto!*



**Ing. Emanuele Pifferi**  
[emanuele.pifferi@gruppoeden.it](mailto:emanuele.pifferi@gruppoeden.it)  
[www.facebook.com/gruppoeden](http://www.facebook.com/gruppoeden)



Questa presentazione è messa a disposizione sulla base dei termini della licenza Creative Commons Public License; Attribuzione – Non commerciale – Non opere derivate 2.5 Versione italiana