

Mediclima 2013 - G.F.T.A.

MEDICLIMA 2013
ENERGIA ed AMBIENTE: la Sardegna del futuro

**Progettazione e ottimizzazione
dell'involucro edilizio**

Relatore
Dott. Ing. Costantino Carlo Mastino
mastino@fisicatecnica-unica.it
<http://www.fisicatecnica-unica.it>

G.F.T.A. **DICAAR**



**Principali Leggi e norme da rispettare
Aspetto Energetico**

- Legge 10 del 1991
- D.P.R. 412 del 1993
- D.Lgs. 192 del 2005
- D.Lgs. 311 del 2006
- **DPR 59 del Febbraio 2009**

D.M. 26 giugno 2009
D.M. 22 novembre 2012
Modifica del D.M. 26 giugno 2009, recante: «Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici G.U. n. 290 del 3/12/2012;
D.M. 22 novembre 2012
Modifica All. A D.Lgs. n.192/2005
G.U. n.21 del 25-1-2013

UNI TS 11300-1
UNI EN ISO 6946
UNI EN ISO 13788
UNI EN ISO 13786

Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

**Principali Leggi e norme da rispettare
in fase progettuale
Aspetto Acustico**

- Legge 447/95
- D.P.C.M. 5/12/97
- Delibera RAS 62/9 del 2008

UNI TR 11175
UNI EN 12354

Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Decreto attuativo D.P.C.M. 05/12/97

Art. 1 campo di applicazione

L'art. 1 definisce il campo di applicazione, infatti il decreto emanato in attuazione dell'art.3 della legge 447 del 1995 (legge quadro sull'inquinamento acustico) riguarda la determinazione di:

- **Requisiti acustici di sorgenti sonore interne agli edifici,**
- **Requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore.**

Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

**Quali verifiche bisogna
eseguire
obbligatoriamente nel
processo di progettazione
o riqualificazione del
involucro secondo le leggi
e le norme descritte???**

Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Mediclima 2013 - G.F.T.A.

Mediclima 2013 - G.F.T.A.

Comma 3 - Art.4 - DPR 59/2009

Nel caso di edifici di **nuova costruzione e nei casi di ristrutturazione di edifici esistenti**, previsti dall'articolo 3, comma 2, lettere a) e b), del decreto legislativo, si procede in sede progettuale alla determinazione della prestazione energetica per il raffrescamento estivo dell'involucro edilizio (Epe, invol)

Limiti massimi di legge da rispettare per l'involucro**a) residenziali:**

- 1) 40 kWh/m2 anno nelle zone climatiche A e B;
- 2) 30 kWh/m2 anno nelle zone climatiche C, D, E, e F;

b) per tutti gli altri edifici:

- 1) 14 kWh/m3 anno nelle zone climatiche A e B;
- 2) 10 kWh/m3 anno nelle zone climatiche C, D, E, e F.

*Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio***Comma 4 - Art.4 - DPR 59/2009**

Nei casi di **ristrutturazione o manutenzione straordinaria**, previsti all'articolo 3, comma 2, lettera c), numero 1), del decreto legislativo, consistenti in opere che prevedono, a titolo esemplificativo e non esaustivo, **refacimento di pareti esterne, di intonaci esterni, del tetto o dell'impermeabilizzazione delle coperture**

Limiti massimi di legge da rispettare per l'involucro**a) tutte le categorie di edifici:**

Rispettare il valore della trasmittanza termica (U) per le strutture opache **verticali**, a ponte termico corretto;

b) per tutti gli altri edifici:

Rispettare il valore della trasmittanza termica (U) per le strutture opache **orizzontali o inclinate**, a ponte termico corretto;

*Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio***Comma 17 - Art.4 - DPR 59/2009**

Per tutte le categorie di edifici ad eccezione della categoria E.8, nel caso di nuova nel caso di nuova costruzione e ristrutturazione di edifici esistenti, previsti dal decreto legislativo all'articolo 3, comma 2, lettere a), b) e c), numero 1)

si procede alla verifica:

- **assenza di condensazioni superficiali**
- **condensazioni interstiziali delle pareti opache siano limitate alla quantità rievaporabile, conformemente alla normativa tecnica vigente**

*Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio***Sistemi schermanti**

Per tutte le categorie di edifici al fine di limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e di contenere la temperatura interna degli ambienti

Comma 19 - Art.4 - DPR 59/2009

obbligatoria la presenza di sistemi schermanti esterni. **Qualora se ne dimostri la non convenienza in termini tecnico-economici**, detti sistemi possono essere omessi in presenza di superfici vetrate con **fattore solare** (UNI EN 410) minore o uguale a 0,5. Tale valutazione deve essere evidenziata nella relazione tecnica di cui al comma 25

Non si applica ne caso di:

Ristrutturazioni parziali, manutenzione straordinaria dell'involucro edilizio e ampliamenti volumetrici inferiori al 20%

*Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio***Fattore di trasmissione dell'energia solare totale (fattore solare) secondo UNI EN 410**

$$g = \tau_e + q_i$$

Il fattore di trasmissione dell'energia solare totale **g** viene calcolato come la somma:

- Del fattore di trasmissione solare diretta **τ_e** ;
- Del fattore di scambio termico secondario della vetrata verso l'interno **q_i** ;

*Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio***Comma 4 - Art.4 - DPR 59/2009**

Nei casi di **ristrutturazione o manutenzione straordinaria**, previsti all'articolo 3, comma 2, lettera c), numero 1), del decreto legislativo, consistenti in opere che prevedono, a titolo esemplificativo e non esaustivo, **refacimento di pareti esterne, di intonaci esterni, del tetto o dell'impermeabilizzazione delle coperture**

Verifica della
Trasmittanza
termica «U»

**Norma
UNI EN ISO 6946**

Comma 18 - Art.2 - DPR 59/2009

nel caso di edifici di **nuova costruzione** e nel caso di **ristrutturazioni di edifici esistenti** di cui all'articolo 3, comma 2, lettere a), b) e c), numero 1), del decreto legislativo, questo ultimo **limitatamente alle ristrutturazioni totali**

Verifica della
Trasmittanza
termica
periodica
«Yie»

**Norma
UNI EN ISO 13786**

Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Mediclima 2013 - G.F.T.A.

Mediclima 2013 - G.F.T.A.

Comma 4 - Art.2 - DPR 59/2009
Trasmittanza termica periodica Y_{ie} [W/(m²K)], 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

Trasmittanza termica periodica «Yie»

Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Approfondimento sulla trasmittanza termica periodica

Trasmittanza termica
$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_n \frac{s_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_e}}$$

Trasmittanza Termica Periodica

$\delta = \sqrt{\frac{\lambda}{\rho \cdot c}}$

profondità di penetrazione periodica

Massa volumica

Calore specifico

$\lambda_k = 0,603 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
 $\lambda_{ky} = 8500 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
 $\alpha_{ext} = 60 \cdot 9,6 \cdot s$
 $\alpha_{int} = 25,359 \cdot C \cdot s$

Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Approfondimento sulla trasmittanza termica periodica

Il rapporto tra lo spessore dello strato e la profondità di penetrazione

$\alpha_{re} = \frac{d}{\delta}$

Matrice di trasferimento di calore di uno strato omogeneo

$$Z = \begin{pmatrix} \hat{\theta}_2 \\ \hat{q}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{\theta}_1 \\ \hat{q}_1 \end{pmatrix}$$

Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Approfondimento sulla trasmittanza termica periodica

Calcolo degli elementi della matrice

$$\begin{aligned} Z_{11} &= Z_{22} = \cosh(z) \cos(z) + \frac{\sinh(z)}{i} \sin(z) \\ Z_{12} &= -\frac{\delta}{2i} \sinh(z) \cos(z) \\ Z_{21} &= -\frac{\delta}{i} \sinh(z) \cos(z) - \cosh(z) \sin(z) + \frac{\delta}{i} \left[\sinh(z) \cos(z) + \cosh(z) \sin(z) \right] \end{aligned}$$

Sono grandezze complesse

Matrice di trasferimento del calore di un componente edilizio

$$Z = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix} = Z_N Z_{N-1} \dots Z_3 Z_2 Z_1$$

Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Approfondimento sulla trasmittanza termica periodica

Trasmittanza termica periodica

$$Z = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix}$$

Per Ottenere Y_{ie} richiamato nella normativa
Si esegue il modulo di Y_{12}

$$Y_{12} = -\frac{1}{Z_{12}}$$

$$|Y_{12}|$$

Pareti verticali opache < 0,12 [W/(m²K)]
Strutture orizzontali / inclinate opache < 0,20 [W/(m²K)]

Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Esempio

Caso 1

100.0	Intonaco di calce e gesso
100.0	Muratura in mattoni pieni
100.0	Polistirene esp. sint. blocchi
100.0	Intonaco interno (a base di calce)

$Y_{ie}=0,06$ [W/(m²K)]
 $U=0,40$ [W/(m²K)]

Caso 2

100.0	Intonaco di calce e gesso
100.0	Polistirene esp. sint. blocchi
100.0	Muratura in mattoni pieni
100.0	Intonaco interno (a base di calce)

$Y_{ie}=0,04$ [W/(m²K)]
 $U=0,40$ [W/(m²K)]

Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Mediclima 2013 - G.F.T.A.

Mediclima 2013 - G.F.T.A.

Tabella riepilogativa		Zona Climatica C
Pareti verticali opache	U=0,40 (0,36)	[W/(m²K)]
	Se $M_s < 230$ $Y_{ie} = 0,12$	[W/(m²K)]
Strutture Orizz. o incl. di cop.	U=0,38 (~0,34)	[W/(m²K)]
	Se $M_s < 230$ $Y_{ie} = 0,20$	[W/(m²K)]
Strutture Orizz. o incl. di cpav.	U=0,42 (~0,37)	[W/(m²K)]
	Y_{ie} (non si appl.)	-
Serramenti	2,6	[W/(m²K)]
Vetri	2,1	[W/(m²K)]

Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Decreto attuativo D.P.C.M. 05/12/97 Delibera Ras 62/9 del 2008
PARTE VI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI 2. Campo di applicazione Le disposizioni contenute nel D.P.C.M. 5 dicembre 1997 si applicano nella progettazione e realizzazione di ambienti abitativi, per i quali debba essere rilasciata la concessione edilizia per gli interventi sotto riportati: • nuova costruzione o ampliamento di costruzioni esistenti; • ristrutturazione edilizia limitatamente ai casi di demolizione e ricostruzione, e ristrutturazione globale; • risanamento conservativo con contestuale cambio di destinazione d'uso. <i>Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio</i>

Decreto attuativo D.P.C.M. 05/12/97 Delibera Ras 62/9 del 2008
PARTE VI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI 3. Iter procedurale I progetti relativi a concessioni edilizie per la realizzazione di interventi ricadenti in una delle tipologie sopra elencate dovranno essere elaborati anche nel rispetto dei requisiti acustici per gli edifici civili stabiliti dal D.P.C.M. 5 dicembre 1997, nonché da eventuali regolamenti e specifiche indicazioni impartite dalle competenti Amministrazioni comunali. Pertanto per quanto concerne la documentazione relativa agli aspetti acustici, essa dovrà contenere almeno i sottoelencati elementi: <i>Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio</i>

Decreto attuativo D.P.C.M. 05/12/97 Delibera Ras 62/9 del 2008
PARTE VI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI 1. relazione tecnica e di calcolo, atta a dimostrare il rispetto delle norme UNI EN 12354 o UNI TR 11175:2005. Le conclusioni analitiche dovranno dimostrare che seguendo le indicazioni progettuali saranno verificati i valori imposti dalla legge per tutti i locali dell'opera realizzata; 2. elaborati grafici, in appropriato formato, costituiti da planimetrie, sezioni e particolari costruttivi che evidenzino gli interventi previsti ai fini del rispetto della normativa in ambito di acustica edilizia; 3. modalità di esecuzione, standard normativi e/o obiettivi qualitativi richiesti, modalità di collaudo finale delle opere e norme tecniche e di prodotto a cui dovranno sottostare i materiali adottati da inserire nel capitolato speciale d'appalto delle opere acustiche; 4. specifiche/schede tecniche per silenziatori, materiali fonoassorbenti e/o fonoisolanti, prodotti antivibranti per macchinari e impianti, particolari materiali edili, prodotti resilienti vari e per riduzione del rumore di calpestio, ecc. <i>Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio</i>

Valutazione dei sistemi schermanti <i>Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio</i>
--

Mediclima 2013 - G.F.T.A.

componenti trasparenti del involucro edilizio

Trasmittanza di energia solare totale

I valori della trasmittanza di energia solare totale degli elementi vetrati (g_{gl}) possono essere ricavati moltiplicando i valori di **trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale ($g_{gl,n}$) per un fattore di esposizione (F_w) assunto pari a 0,9**.

I valori della trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale degli elementi vetrati possono essere determinati attraverso la **UNI EN 410**. In assenza di dati documentati, si usa la tabella sotto riportata:

$$g_{gl} = g_{gl,n} \cdot F_w$$

Trasmittanza di energia solare totale g_{gl} di alcuni tipi di vetri

Tipi di vetri	F_{gl}
Altri vetri	0,90
Strati vetri termici	0,75
Strati vetri con rivestimento basso-emissivo	0,87
Strati vetri termici	0,70
Strati vetri con doppio rivestimento basso-emissivo	0,80
Strati termici	0,70

Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Mediclima 2013 - G.F.T.A.

Fattore telaio

Il fattore di correzione dovuto al telaio ($1 - F_p$) è pari al rapporto tra l'area trasparente e l'area totale dell'unità vetrata del serramento.

In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, si può assumere un valore convenzionale del fattore telaio pari a 0,8.



Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Effetto di schermature mobili

In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, l'effetto di schermature mobili può essere valutato attraverso i fattori di riduzione riportati nella tabella qui sotto, pari al rapporto tra i valori di trasmittanza di energia solare totale della finestra con e senza schermatura (g_{gl+sh}/g_{gl}).

Fattori di riduzione per schermature mobili

Tipi di schermatura	Profilo di tipo standard		Profilo a sbrinatori	
	Assorbimento	Trasmissione	Assorbimento	Trasmissione
Horizontali	0,10	0,10	0,10	0,10
Verticali	0,10	0,10	0,10	0,10
Obliqui	0,10	0,10	0,10	0,10
Obliqui	0,10	0,10	0,10	0,10
Obliqui	0,10	0,10	0,10	0,10
Obliqui	0,10	0,10	0,10	0,10
Obliqui	0,10	0,10	0,10	0,10
Obliqui	0,10	0,10	0,10	0,10
Obliqui	0,10	0,10	0,10	0,10
Obliqui	0,10	0,10	0,10	0,10

$$\text{Fattore di riduzione} = \frac{g_{gl+sh}}{g_{gl}}$$

Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Gestione delle schermature mobili

Il fattore di riduzione degli apporti solari relativo all'utilizzo di schermature mobili, $F_{sh,gl}$, è ricavato dalla seguente espressione:

$$F_{sh,gl} = \frac{(1 - f_{sh,with}) \cdot g_{gl} + f_{sh,with} \cdot g_{gl+sh}}{g_{gl}}$$

dove:

g_{gl} è la trasmittanza di energia solare totale della finestra, quando la schermatura solare non è utilizzata;

g_{gl+sh} è la trasmittanza di energia solare totale della finestra, quando la schermatura solare è utilizzata;

$f_{sh,with}$ è la frazione di tempo in cui la schermatura solare è utilizzata, pesata sull'irraggiamento solare incidente; essa dipende dal profilo dell'irradianza solare incidente sulla finestra e quindi dal clima, dalla stagione e dall'esposizione.

Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Nella valutazione di progetto o nella valutazione standard i valori di $f_{sh,with}$ devono essere ricavati dalla tabella sotto riportata in funzione del mese e dell'orientamento. Per orientamenti non considerati nella tabella, si procede per interpolazione lineare.

Fattori di riduzione per le schermature mobili, $f_{sh,with}$

Mese	Nord	Est	Sud	Ovest
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00

Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Valutazione dell'isolamento acustico di facciata

Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Mediclima 2013 - G.F.T.A.

D_{2m,nT,w}

Indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata
FORMULE PREVISIONALI DI PROGETTO A INDICE SINGOLO

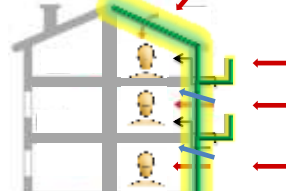
Cosa Considera

La forma della facciata, i serramenti presenti, bocchette di aerazione e etc.

Trasmissione sonora diretta attraverso gli elementi della facciata.

Trasmissione sonora per via aerea attraverso aperture.

Trasmissione sonora laterale.



Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Mediclima 2013 - G.F.T.A.

L'indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata ($D_{2m,nT,w}$), secondo la UNI TR 11175 varia in funzione della forma e dell'assorbimento sino a 8 dB

Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Valutazione delle dispersioni

Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

H_D

Coefficienti di trasferimento del calore per trasmissione e ventilazione Metodo di calcolo

UNI EN ISO 13789

$$H_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k I_k \Psi_k + \sum_j \chi_j$$

Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

H_D

REALE

MODELLO

Limite di Applicazione UNI EN ISO 13370

Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

H_D

$$H_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k I_k \Psi_k + \sum_j \chi_j$$

Annex B
UNI EN ISO 13789
Dimensioni da Considerare

ad esempio, il termine $\sum_i A_i U_i$

è maggiore quando si usano le dimensioni esterne di quando si usa dimensioni interne. Di conseguenza, i valori di Ψ_k sono generalmente più piccoli per dimensioni esterne, e possono anche essere negativi, in alcuni casi, come gli angoli esterni.

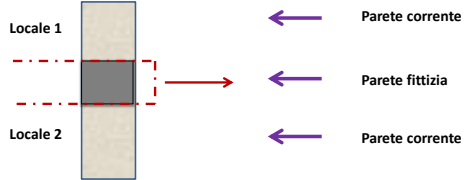
Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Mediclima 2013 - G.F.T.A.

Mediclima 2013 - G.F.T.A.

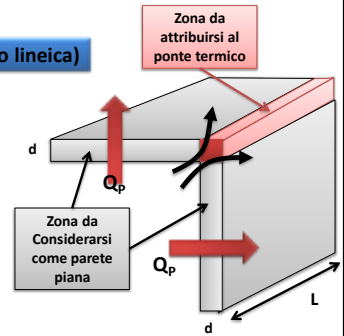
CALCOLO DEI PONTI TERMICI

Definizioni secondo **D.M. 22 novembre 2012 - G.U. n.21 del 25-1-2013**
 32. ponte termico è la discontinuità di isolamento termico che si può verificare in corrispondenza di elementi strutturali (solai e pareti verticali o pareti verticali tra loro);
 33. **ponte termico corretto** è quando la trasmittanza termica della parete fittizia (il tratto di parete esterna in corrispondenza del ponte termico) **non supera per più del 15% la trasmittanza termica della parete corrente;**

*Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio***ESEMPIO CALCOLO DEI PONTI TERMICI****Trasmittanza lineare (o lineica)**

$$k_l = 0,2 U_p d$$

UNI EN ISO 10211-1
 Metodi generali di calcolo;
UNI EN ISO 10211-2
 Ponti termici lineari;
UNI EN ISO 14683
 Metodi semplificati e valori di progetto;

*Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio***H_g****Scambio termico verso il terreno**

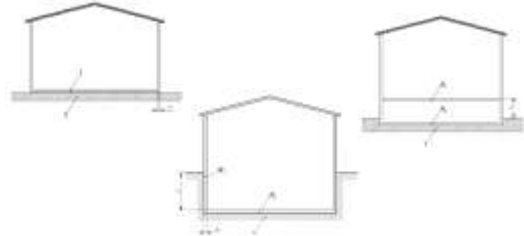
Lo scambio termico verso il terreno deve essere calcolato secondo la **UNI EN ISO 13370**.

Per gli edifici esistenti, in assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, il coefficiente di accoppiamento termico in regime stazionario tra gli ambienti interno ed esterno è dato da:

$$H_g = A \cdot U_f \cdot b_{tr,g}$$

Fattore di correzione $b_{tr,g}$

Attivazione condizionale	$b_{tr,g}$
Pavimento isolato	0,42
Parete isolata	0,45
Pavimento su regoli, anche	0,80

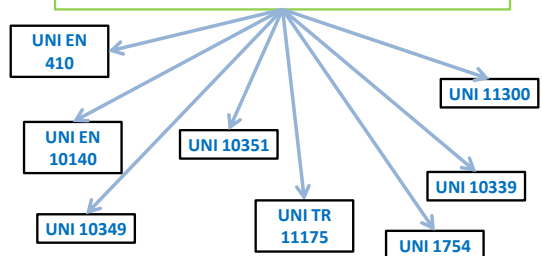
*Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio***H_g****Scambio termico verso il terreno****UNI EN ISO 13370***Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio***UNI 13370 - PAVIMENTO CONTROTERRA** U_0 = Trasmittanza termica

$$U_0 = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_f} \ln \left(\frac{\pi B' + d_f}{d_f} \right)$$

Categoria	Descrizione	Conduttività termica λ (W/mK)
1	argilla cotta	1,5
2	cemento o ghiaia	2,0
3	terra compressa	1,5

 B' dimensione caratteristica del pavimento [m] d_f è lo spessore equivalente per pavimenti [m] w è lo spessore totale delle pareti, comprendente tutti gli strati [m] R_f è la resistenza termica del pavimento [m²K/W]*Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio*

Mediclima 2013 - G.F.T.A.

Dati necessari per i calcoli
Alcune norme di riferimento*Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio*

Mediclima 2013 - G.F.T.A.

Esempio

Verifiche nel caso di applicazione della legge Regionale 4/2009 s.m.i. (Piano Casa Regionale)

Art.2 – Ampliamento sino al 20%

Quali verifiche bisognerebbe eseguire !!!! ???

- Verifica della trasmittanza termica U a ponte termico corretto;
- Verifica della massa superficiale o trasmittanza termica Y_{ie} ;
- Verifica della non formazione di condensa superficiale per tutti i 12 mesi dell'anno;
- Verifica della non formazione o rievaporazione entro i limiti della normativa della condensa interstiziale per tutti i 12 mesi dell'anno;
- Verifica dell'isolamento acustico di facciata.

Progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio



MEDICLIMA 2013
ENERGIA ed AMBIENTE: la Sardegna del futuro

**Progettazione e ottimizzazione
dell'involucro edilizio**

Relatore
Dott. Ing. Costantino Carlo Mastino

G.F.T.A.

<http://www.gftas.it>
<http://www.fisicatecnica-unica.it>

Mediclima 2013 - G.F.T.A.