

Condizioni di progetto invernali

Corso di Impianti Termotecnici e Riqualificazione Energetica

Marco Manzan

Università di Trieste
Dipartimento di Ingegneria e Architettura

marzo 2023

Normative di riferimento

- **Legge 373/76**: livello minimo di isolamento. introduce il **coefficiente di dispersione**

$$C_d < C_{d_{lim}}$$

- **Legge 10/91**: **risparmio energetico**, abroga la 373, mantiene la verifica del C_d .
- **D.P.R. 412/93** 10/91; ribadisce la verifica del C_d , stabilisce altri due parametri da verificare: il **fabbisogno energetico normalizzato (FEN)** ed il **rendimento globale medio stagionale** (η_g).
- **D.M. 13/12/93**: fornisce la traccia della relazione tecnica da presentare ai Comuni per il soddisfacimento del D.P.R.412/93.
- **D.M. 12/06/94**: fornisce l'elenco delle norme UNI da utilizzare per il calcolo del F.E.N. e di (η_g) per il soddisfacimento del D.M.412/93.
- **DPR 23/11/82**: calcolo $C_{d_{lim}}$ per edifici industriali.
- **D.P.R. 21 dicembre 1999, 551** aggiorna il D.P.R. 412/93.

Classificazione degli edifici per categorie

E.1 Edifici adibiti a residenza e assimilabili

E.1 (1) Abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo;

E.1 (2) Abitazioni adibite a residenza con occupazione saltuaria;

E.1 (3) Edifici adibiti ad albergo, pensione ed attività similari;

E.2 Edifici adibiti a uffici e assimilabili: pubblici o privati, indipendenti o contigui a costruzioni adibite anche ad attività industriali o artigianali, purché siano da tali costruzioni scorporabili agli effetti dell'isolamento termico;

E.3 Edifici adibiti a ospedali, cliniche, o case di cura e assimilabili ivi compresi quelli adibiti a ricovero o cura di minori o anziani nonché le strutture protette per l'assistenza ed il recupero dei tossicodipendenti e di altri soggetti affidati a servizi sociali pubblici;

E.4 Edifici adibiti ad attività ricreative, associative o di culto e assimilabili:

E.4 (1) quali cinema e teatri, sale di riunione per congressi;

E.4 (2) quali mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto;

E.4 (3) quali bar, ristoranti, sale da ballo;

Classificazione degli edifici per categorie

E.5 Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili: quali negozi, magazzini di vendita all'ingrosso o al minuto, supermercati, esposizioni;

E.6 Edifici adibiti ad attività sportive:

E.6 (1) piscine, saune e assimilabili;

E.6 (2) palestre e assimilabili;

E.6 (3) servizi di supporto alle attività sportive;

E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;

E.8 Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili.

La potenza termica dispersa da un edificio si calcola utilizzando la norma UNI EN 12831:

$$\Phi_I = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,1}$$

$\Phi_{T,i}$ = potenza dispersa per trasmissione;

$\Phi_{V,1}$ = potenza dispersa per ventilazione.

i due flussi vanno calcolati separatamente.

Potenza dispersa per trasmissione attraverso l'involucro

La potenza dispersa si calcola come

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$H_{T,ie}$ coefficiente di trasmissione dall'interno all'esterno

$H_{T,iue}$ coefficiente di trasmissione attraverso ambienti non riscaldati

$H_{T,ig}$ coefficiente di trasmissione attraverso il terreno

$H_{T,ij}$ coefficiente di trasmissione con spazi a temperatura diversa
(eg: cella frigorifera)

$\theta_{int,i}$ temperatura interna

θ_e temperatura esterna

Temperatura esterna

Il valore della temperatura esterno di progetto θ_e é fissata dalla Norma UNI 5364 e dal prospetto NA.1 della UNI EN 12831

si considerano delle variazioni:

- effetto della quota: gradiente $-\frac{1}{100}$ K/m, la temperatura si abbassa per ogni 100 m di aumento di quota
- esposizione al vento
 - $-0,5 \div -1$ K per edifici in piccoli agglomerati
 - $-1 \div -2$ K per edifici isolati
 - $-1 \div -2$ K ulteriore correzione per edifici più alti di quelli adiacenti (solo per i piani sporgenti).

temperatura interna di progetto

si ricava dal prospetto NA.2 della UNI EN 12831 in funzione della tipologia di locale

Tipo di locale	Temperatura interna °C
Ufficio singolo	20
Uffici a spazio aperto	20
Sala conferenze	20
Auditorium	20
Bar -Ristorante	20
Aule scolastiche	20
Scuola materna	20
Asilo nido	22
Supermercato	16
Locali di abitazione	20
Bagni	24
Chiese	15
Musei -Gallerie	16

Calcolo della potenza dispersa attraverso le pareti

$$H_{T,ie} = \sum_{k=1} A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_{j=1} \Psi_j \cdot l_j \cdot e_j$$

A_k area della k -esima parete

U_k trasmittanza della k -esima parete

e_k, e_j coefficienti di esposizione

Ψ_j coefficiente di dispersione del j -esimo ponte termico (trasmittanza lineica);

l_j lunghezza del j -esimo ponte termico

Calcolo della resistenza e trasmittanza di una parete

La resistenza termica e la trasmittanza termica si possono ricavare utilizzando la UNI EN ISO 6946, per strati omogenei abbiamo:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots R_n + R_{se}$$

R_{si}, R_{se} resistenze superficiali interne ed esterne

R_j resistenze di ciascun strato

dove

$$R_i = \frac{d}{\lambda_i}$$

$\lambda_i =$ **conduttività** termica dello strato [W/(m K)] , assume valori compresi tra 3 e 0,03 W/(m K) per la pietra e per isolanti asciutti, rispettivamente.

d spessore dello strato

Calcolo delle proprietà

UNI EN ISO 10456

problema

$$R_j = \frac{s_j}{\lambda_j}$$

s_j spessore dello strato

λ_j conducibilità termica dello strato

Calcolo delle proprietà

UNI EN ISO 10456

problema

$$R_j = \frac{s_j}{\lambda_j}$$

s_j spessore dello strato

λ_j conducibilità termica dello strato

Che valore utilizzo?

Componenti opachi

- proprietà dei materiali da dati di accompagnamento della marcatura CE
- i dati devono essere corretti per tener conto delle condizioni operative
- utilizzo UNI EN 10456
- oppure da UNI 19456, UNI 10351, UNI 1745
- murature o solai da UNI 1745 o UNI 10355

calcolo proprietà UNI EN ISO 10456

variazione delle proprietà

$$\lambda_2 = \lambda_1 \cdot F_T \cdot F_m \cdot F_a$$

F_T fattore di variazione con la temperatura

F_m fattore di variazione con umidità

F_a fattore di conversione per l'età

Fattori di conversione

fattore di conversione per temperatura

$$F_T = e^{f_T \cdot (\theta_2 - \theta_1)}$$

f_T coefficiente di conversione per temperatura (da tabella)

Fattori di conversione

fattore di conversione per temperatura

$$F_T = e^{f_T \cdot (\theta_2 - \theta_1)}$$

fattore di conversione per umidità massa/massa

$$F_m = e^{f_u \cdot (u_2 - u_1)}$$

f_T coefficiente di conversione per temperatura (da tabella)

f_u coefficiente di conversione per umidità massa/massa

u contenuto di umidità massa su massa

Fattori di conversione

fattore di conversione per temperatura

$$F_T = e^{f_T \cdot (\theta_2 - \theta_1)}$$

fattore di conversione per umidità massa/massa

$$F_m = e^{f_u \cdot (u_2 - u_1)}$$

fattore di conversione per umidità volume/volume

$$F_m = e^{f_\psi \cdot (\psi_2 - \psi_1)}$$

f_T coefficiente di conversione per temperatura (da tabella)

f_u coefficiente di conversione per umidità massa/massa

f_ψ coefficiente di conversione per umidità volume/volume

u contenuto di umidità massa su massa

ψ contenuto di umidità volume su volume



conducibilità termica

valori di f_T

- la conducibilità termica varia con la temperatura
- come varia è riportato nella norma UNI-EN 10456

esempi di valori F_T

Prodotto	Conducibilità λ W/(m K)	Fattore conversione f_T 1/K
polistirene estruso	0,025	0,0046
	0,030	0,0045
	0,040	0,0045
polistirene espanso	0,025	0,0046
	0,030	0,0045
	0,040	0,0045
lana minerale	0,032	0,0030
	0,035	0,0033
	0,040	0,0038

conducibilità termica

valori di f_{ψ}

- la conducibilità termica varia con il contenuto di umidità
- l'umidità viene espressa in termini di massa/massa o volume/volume
UNI-EN 10456

esempi di valori F_{ψ}

Prodotto	umidità	Fattore conversione
	ψ m^3/m^3	f_{ψ} -
EPS pannelli	< 0,10	4
XPS pannelli	< 0,10	2,5
Poliuretano rigido	< 0,15	6
Lana di roccia pannelli	< 0,15	4
Lana di roccia sfusa	< 0,15	4
Lana di legno pannelli	< 0,10	1,8
Sughero pannelli	< 0,10	6
fibra di legno pannelli	< 0,05	1,4

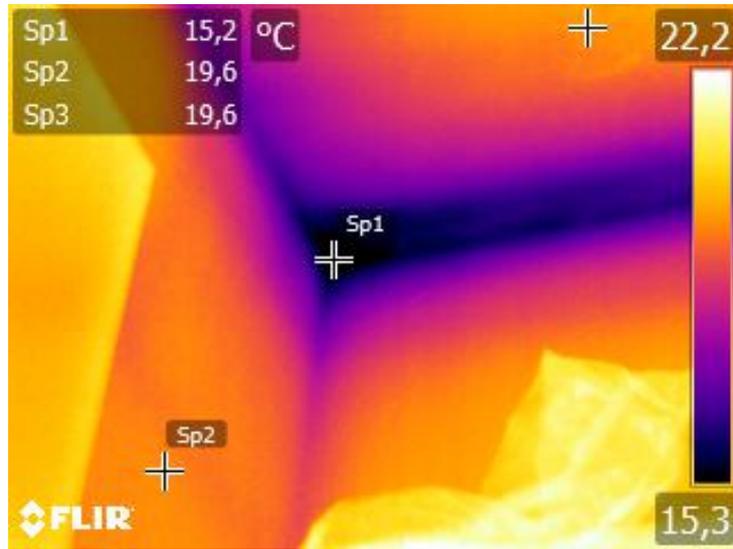
resistenza termica superficiale

La norma UNI EN ISO 6946 riporta la seguente tabella per il calcolo della resistenza termica superficiale

	Direzione flusso termico		
	ascendente	orizzontale	discendente
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

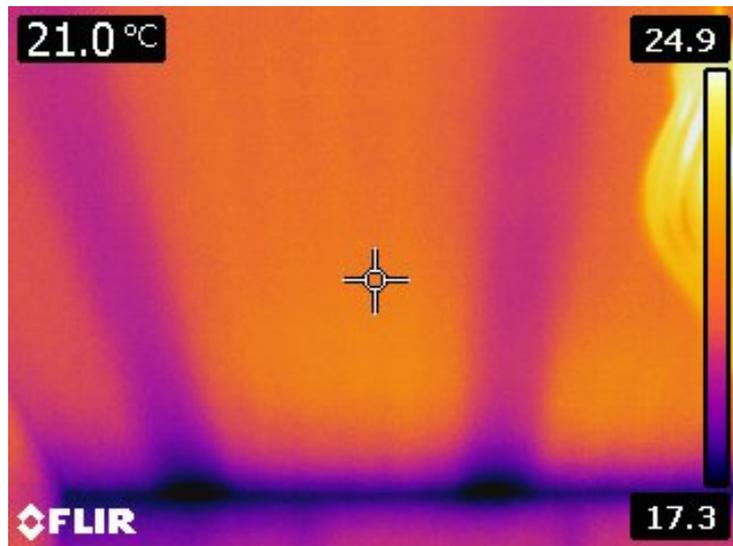
Ponti termici: casi

termografia



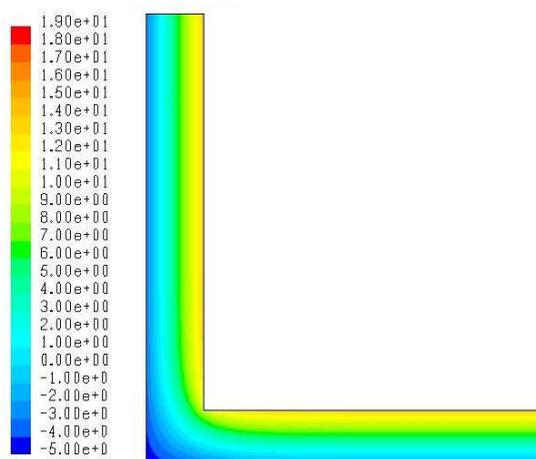
Ponti termici: casi

termografia

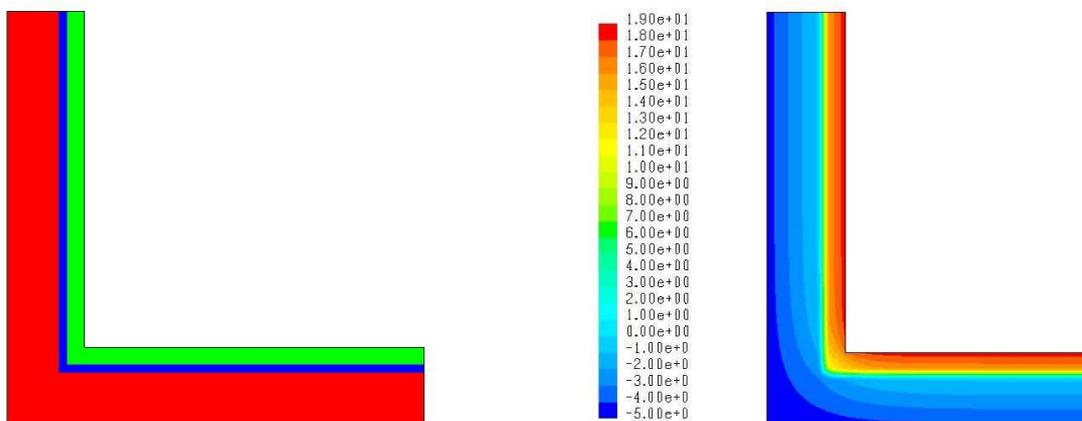


Ponti termici: Angolo

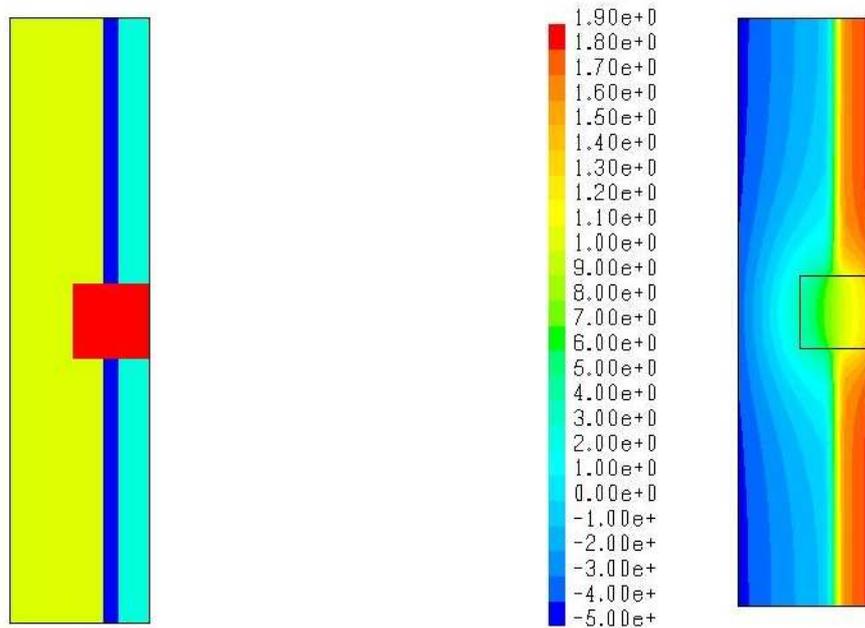
Le disuniformità geometriche modificano il campo termico



Ponti termici: Angolo isolato



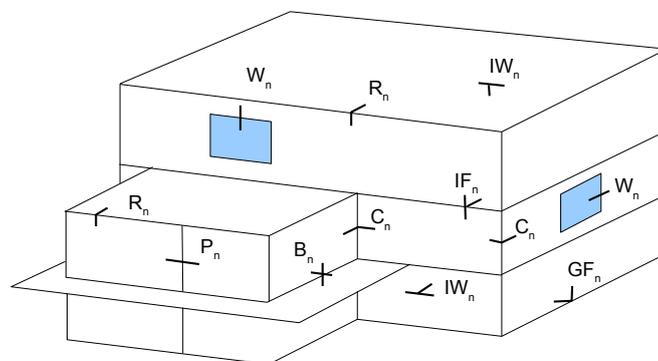
Ponti termici: Pilastro in cemento



Ponti termici

Calcolo secondo UNI 14683

La norma riporta valori di default per casi tipici



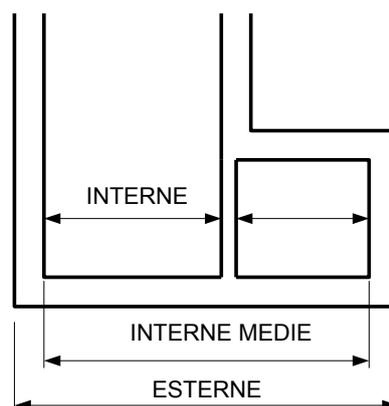
- per calcolo di progetto attraverso calcolo numerico secondo UNI EN ISO 14683
- utilizzo di atlanti conformi alla UNI EN ISO 14683:2008
- per edifici esistenti ammesso uso calcoli manuali conformi a UNI EN ISO 14683:2008
- è escluso l'utilizzo dell'allegato A della UNI EN ISO 14683:2008
- non è più possibile il calcolo percentuale per edifici esistenti

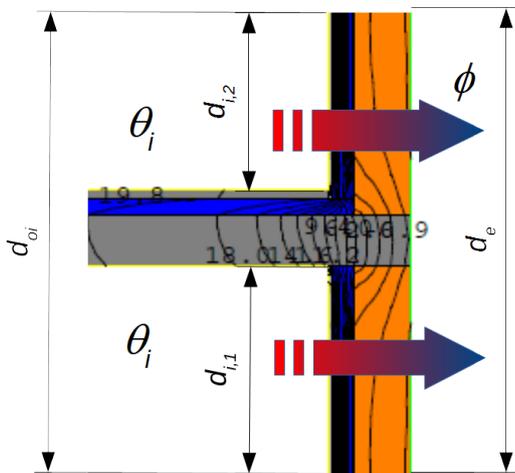
Dimensioni geometriche

Le dimensioni possono essere

- interne
- medie interne
- esterne

La scelta delle dimensioni deve essere coerente con la scelta del fattore del ponte termico





$$L_{2D} = \frac{\Phi}{\theta_i - \theta_e}$$

$$\psi_e = L_{2D} - \sum_k U_k \times d_{e,k}$$

$$\psi_i = L_{2D} - \sum_k U_k \times d_{i,k}$$

$$\psi_{oi} = L_{2D} - \sum_k U_k \times d_{oi,k}$$

Calcolo della dispersione degli elementi finestrati

Si usa UNI EN 10077-1, la trasmittanza è una media pesata della trasmittanza del vetro, del telaio e del ponte termico tra di essi:

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + \Psi_g L_g}{A_g + A_f}$$

$$\Phi_w = U_w A_w \Delta\theta$$

U_g trasmittanza elemento vetrato

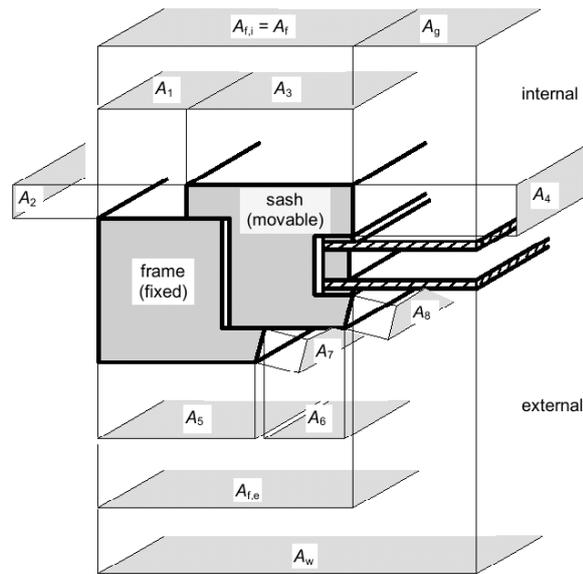
U_f trasmittanza termica del telaio

ψ_l trasmittanza dei distanziali

L_g Lunghezza perimetrale della superficie vetrata

A_g Area vetro

A_f area telaio



NOTE $A_f = \max(A_{fi}, A_{fe})$
 $A_w = A_f + A_g$
 $A_{d,i} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$
 $A_{d,e} = A_5 + A_6 + A_7 + A_8$

Trasmittanza termica del componente trasparente

La trasmittanza sia per vetro semplice che multiplo è data da

$$U_g = \left(R_e + \sum_{i=1}^n r_i \cdot d_i + \sum_{j=1}^{n-1} R_{sj} + R_i \right)^{-1}$$

R_e resistenza termica superficiale esterna $R_e = 1/h_e$;

r resistività del vetro $r = 1 \text{ (m K)}/W$;

d spessore del vetro;

R_i resistenza termica superficiale interna $R_i = 1/h_i$;

R_s resistenza termica dell'intercapedine;

n numero di lastre.

I coefficienti h_i e h_e si calcolano come:

$$h_e = 25 \quad h_i = 3,6 + 4,4 \frac{\varepsilon}{0,837} \quad W/(m^2 K)$$

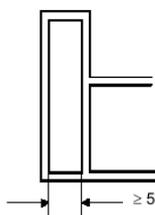
Trasmittanza del telaio in plastica

Table D.1 - Thermal transmittances for plastic frames with metal reinforcements

Frame material	Frame type	U_f W/(m ² ·K)
Polyurethane	with metal core thickness of PUR ≥ 5 mm	2,8
PVC-hollow profiles ¹⁾	external  internal	2,2
	external  internal	2,0

¹⁾ With a distance between wall surfaces of hollow chambers of at least 5 mm (refer to Figure D.1).

Dimensions in millimetres



Trasmittanza del telaio in legno

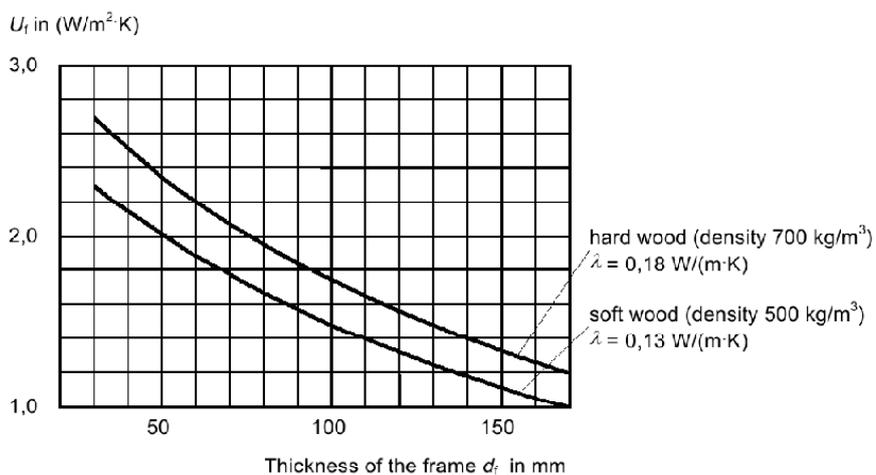
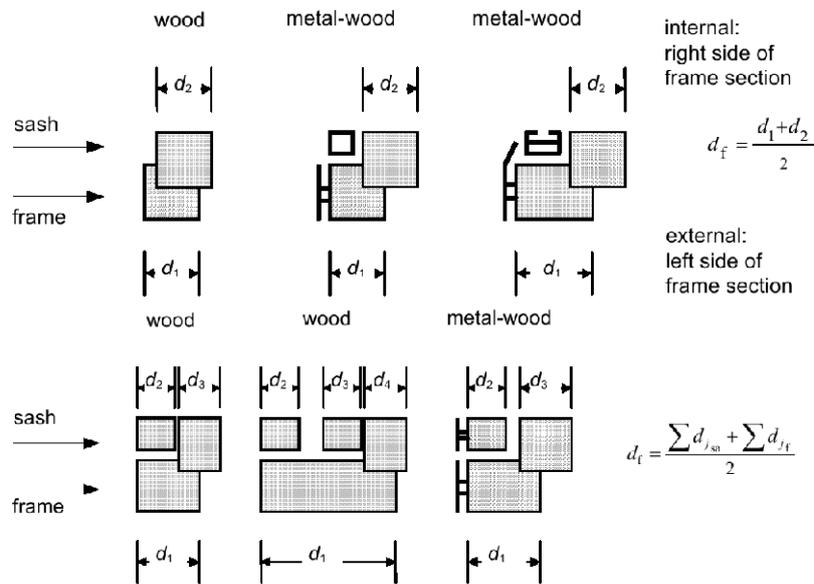


Figure D.2 - Thermal transmittances for wooden frames and metal-wood frames (see Figure D.3) depending on the frame thickness d_f





Resistenza intercapedini d'aria

Table C.1 - Thermal resistance R_s of unventilated air spaces, in $m^2 \cdot K/W$, for coupled and double windows

Thickness of air space mm	One side coated with a normal emissivity of:				Both sides uncoated
	0,1	0,2	0,4	0,8	
6	0,211	0,190	0,163	0,132	0,127
9	0,298	0,259	0,211	0,162	0,154
12	0,376	0,316	0,247	0,182	0,173
15	0,446	0,363	0,276	0,197	0,186
50	0,406	0,335	0,260	0,189	0,179
100	0,376	0,315	0,247	0,182	0,173
300	0,333	0,284	0,228	0,171	0,163

Calcolo della dispersione delle strutture a contatto col terreno UNI EN ISO 13370

La EN 12381 implementa un metodo di calcolo delle dispersioni attraverso il terreno, ma comunque il metodo della UNI 13370 va utilizzato per il calcolo dell'energia

$$\phi_G = H_{T,g} \Delta\theta$$

ϕ_G potenza dispersa attraverso il terreno;

H_G coefficiente di dispersione attraverso il terreno;

il coefficiente di dispersione si ricava dalla trasmittanza equivalente del terreno:

$$H_{T,g} = U_{eq} \cdot A$$

Dispersione attraverso il pavimento, tipologie

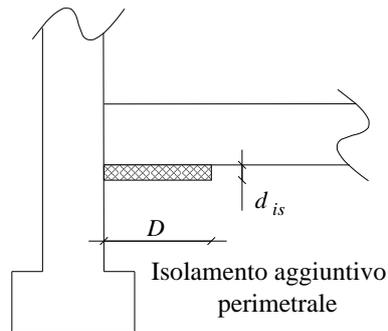
Per il calcolo della trasmittanza U_{eq} si distinguono tre casi

- pavimento appoggiato sul terreno;
- pavimento su spazio aerato;
- pavimento di vano interrato;
- pavimento interrato non riscaldato
- pavimento interrato parzialmente riscaldato

Isolamento aggiuntivo disposto orizzontalmente

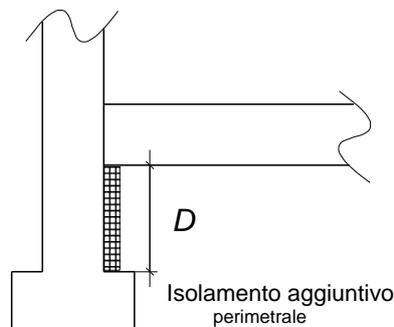
$$\Delta\Psi = -\frac{\lambda}{\pi} \left[\ln\left(\frac{D}{d_t} + 1\right) - \ln\left(\frac{D}{d_t + R'\lambda} + 1\right) \right]$$

$$R' = \frac{d_{is}}{\lambda_{is}} - \frac{d_{is}}{\lambda}$$



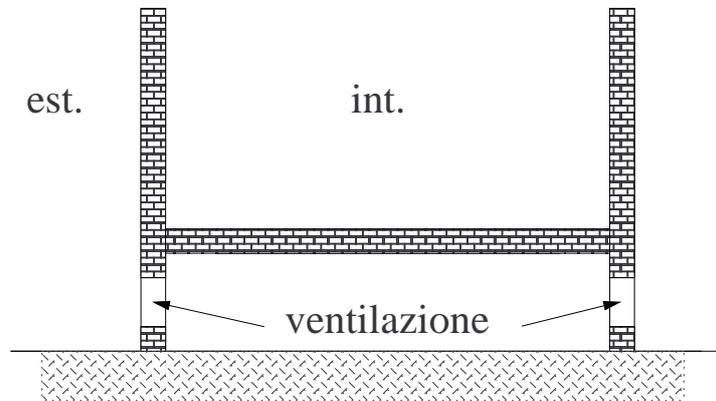
isolamento aggiuntivo disposto verticalmente

$$\Delta\Psi = -\frac{\lambda}{\pi} \left[\ln\left(\frac{2D}{d_t} + 1\right) - \ln\left(\frac{2D}{d_t + R'\lambda} + 1\right) \right]$$

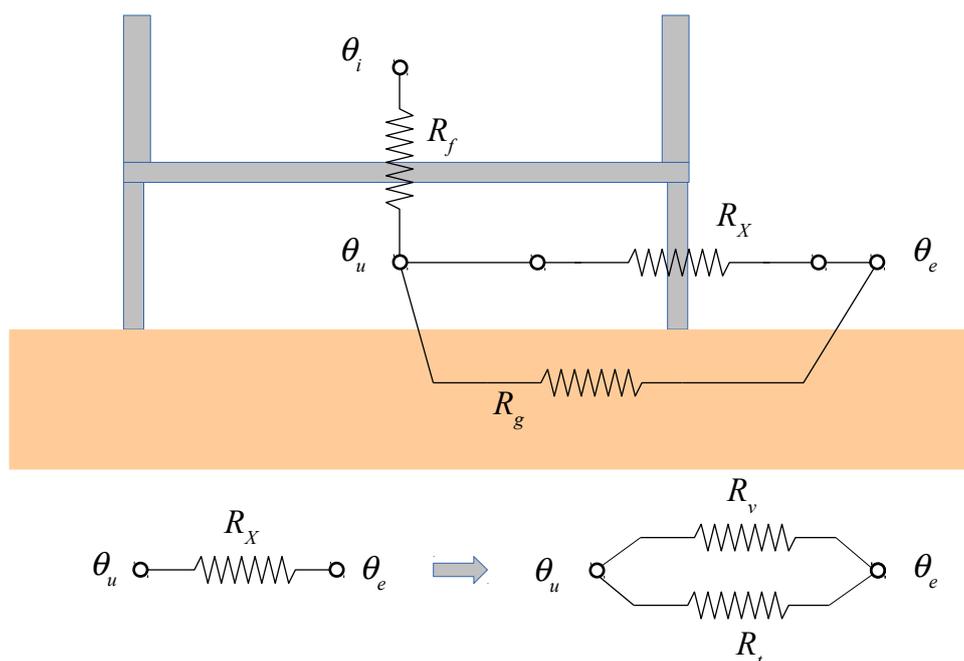


Pavimento su spazio aerato

Il pavimento è sollevato da terra con ventilazione, la trasmittanza è dovuta sia al solaio che allo spazio areato



Resistenze per Pavimento su spazio areato



Resistenze e Trasmittanze

$$R_{Tot} = R_f + \left(\frac{1}{R_g} + \frac{1}{R_x} \right)^{-1}$$

$$R_f = \frac{1}{U_f \cdot A}$$

$$R_g = \frac{1}{U_g \cdot A}$$

$$R_x = \frac{1}{U_x \cdot A}$$

Trasmittanza del pavimento areato

La trasmittanza equivalente tiene conto sia degli scambi conduttivi che di quelli convettivi

$$\frac{1}{U_{eq}} = \frac{1}{U_f} + \frac{1}{U_g + U_x}$$

- U_f è la trasmittanza termica della parte sospesa del pavimento;
- U_g è la trasmittanza attraverso il terreno per il fondo del vano aerato (si calcola come U_0 nel caso di pavimento a livello del terreno);
- U_x è la trasmittanza termica equivalente che tiene conto dello scambio termico per lo spazio sottopavimento attraverso le pareti dell'intercapedine e per effetto della ventilazione dello stesso spazio aerato.

Pavimenti interrati

Contributo del pavimento

Il primo contributo tiene conto delle dispersioni attraverso il pavimento.
Per vani interrati con pavimenti non isolati o poco isolati ($d_t + \frac{z}{2} < B'$):

$$U_{bf} = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t + \frac{z}{2}} \ln \left(\frac{\pi B'}{d_t + \frac{z}{2}} + 1 \right)$$

Per pavimenti ben isolati ($d_t + \frac{z}{2} \geq B'$):

$$U_{bf} = \frac{\lambda}{0,457 B' + d_t + \frac{z}{2}}$$

Pavimenti interrati

Contributo delle pareti

Il secondo contributo tiene conto delle pareti verticali

$$U_{bw} = \frac{2\lambda}{\pi z} \left(1 + \frac{d_t/2}{d_t + z} \right) \ln \left(\frac{z}{d_w} + 1 \right)$$

$d_w = \lambda(R_{si} + R_w + R_{se})$ spessore equivalente di terreno.

$d_w < d_t$ in questo caso si deve sostituire d_t con d_w .

Flussi termici per singoli vani

Distinguo un contributo perimetrale ed uno centrale (UNI EN ISO 13370)

Φ_e flusso perimetrale

Φ_m flusso centrale

Φ_t flusso totale

$$\Phi_e = \Phi_t \frac{A_e}{A_m \frac{b + d_t}{0,5B' + d_t} + A_e}$$

$$\Phi_m = \Phi_t - \Phi_e$$

$$q_e = \Phi_e / A_e \quad q_m = \Phi_m / A_m$$

q_e è la densità di flusso termico per vani perimetrali;

q_m è la densità di flusso termico per vani centrali dell'edificio;

b è la larghezza media dei vani perimetrali ;

B' è la dimensione caratteristica dell'intero pavimento

A_e è la superficie dei vani perimetrali;

A_m è la superficie dei vani centrali;



Calcolo della dispersione attraverso vani non riscaldati

La norma UNI EN 12831 calcola il coefficiente di dispersione come:

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_l \Psi_l \cdot l_l \cdot b_u$$

b_u è un coefficiente di riduzione e può essere calcolato in tre modi:

a) se si conosce la temperatura del vano non riscaldato θ_u

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

b) se non si conosce θ_u

$$b_u = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}}$$

c) utilizzando valori precalcolati per b_u



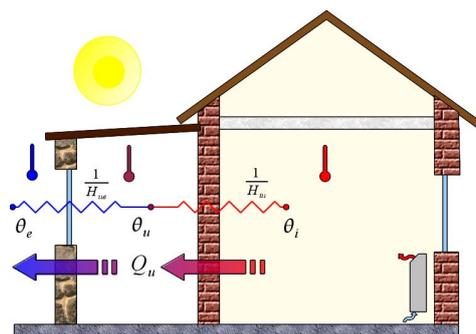
Table D.4 - Temperature reduction factor, b_u

Unheated space	b_u
Room	
with only 1 external wall	0,4
with at least 2 external walls without outer doors	0,5
with at least 2 external walls with outer doors (e.g. halls, garages)	0,6
with 3 external walls (e.g. external staircase)	0,8
Basement	
without windows/external doors	0,5
with windows/external doors	0,8
Roof space	
high ventilation rate of the roof space (e.g. roofs clad in tiles or other materials giving a discontinuous cover) without sarking felts or sarking boards	1,0
other non-insulated roof	0,9
insulated roof	0,7
Internal circulation areas (without external walls, air exchange rate less than 0.5 h^{-1})	0
Freely ventilated circulation areas (area of openings/volume of space $> 0.005 \text{ m}^2/\text{m}^3$)	1,0
Suspended floor (floor above crawl space)	0,8



Vani non riscaldati

analogia elettrica



$$R_{ie} = R_{iu} + R_{ue}$$

i_u pedice relativo agli scambi tra ambiente interno e vano non riscaldato;

u_e pedice relativo agli scambi tra vano non riscaldato e ambiente esterno;

i_e pedice relativo agli scambi tra ambiente interno ed esterno



- Resistenza totale

$$R_{ie} = R_{iu} + R_{ue}$$

- il coefficiente di dispersione è l'inverso della resistenza:

$$H_{ie} = \frac{1}{R_{ie}} \quad H_{iu} = \frac{1}{R_{iu}} \quad H_{ue} = \frac{1}{R_{ue}}$$

- coefficiente di dispersione

$$H_{ie} = \frac{H_{iu}H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}}$$

Trasmissione e ventilazione

Il coefficiente di dispersione è dovuto sia alla ventilazione che alla trasmissione

- trasmissione

$$H_{T,iu} \quad H_{T,ue}$$

- ventilazione

$$H_{V,iu} \quad H_{V,ue}$$

- coefficienti di trasmissione

$$H_{iu} = H_{T,iu} + H_{V,iu}$$

$$H_{ue} = H_{T,ue} + H_{V,ue}$$

Calcolo portata di ventilazione

senza sistemi di ventilazione

$$\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{inf}, \dot{V}_{min})$$

\dot{V}_{inf} portata di infiltrazione

\dot{V}_{min} portata minima per ragioni igieniche

con sistemi di ventilazione

$$\dot{V}_i = \dot{V}_{inf} + \dot{V}_{su,i} \times f_{v,i} + \dot{V}_{mech,inf,i}$$

$\dot{V}_{su,i}$ portata aria di rinnovo

$f_{v,i}$ fattore di riduzione della temperatura $f_{v,i} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{su,i}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$

$\dot{V}_{mech,inf,i}$ portata d'aria d'estrazione in eccesso

Igiene: portata d'aria

La portata d'aria minima di uno spazio riscaldato può essere determinata come:

$$\dot{V} = n_{min} \times V_i$$

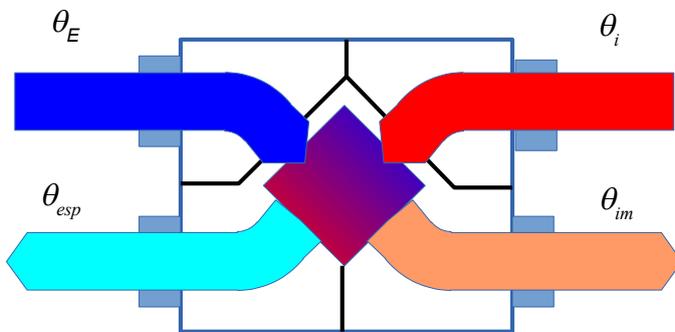
n_{min} tasso orario minimo;

V_i volume interno netto [m³]

Tipo di locale	n_{min} (h ⁻¹)
Locale di abitazione	0,5
Cucina, bagno con finestra	1,5
Ufficio	1,0
Sala riunioni, aula scolastica	2,0

Recuperatori di calore

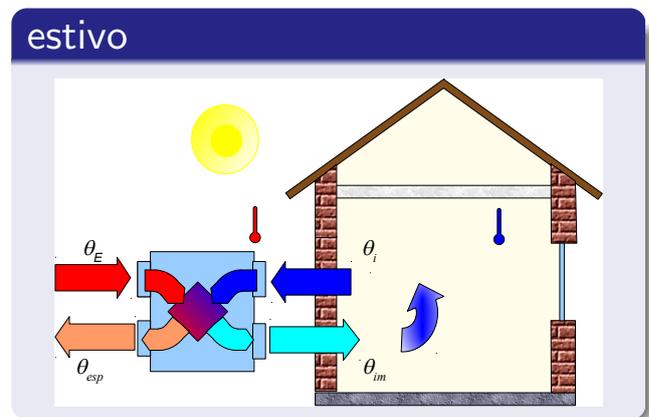
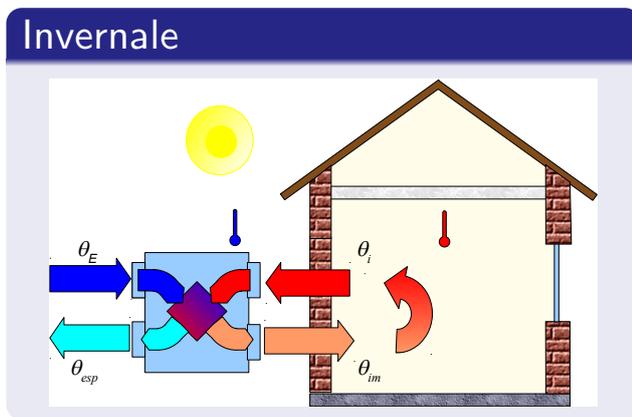
Recupero energia del sistema di ventilazione



Ventilazione forzata

Utilizzo dei recuperatori

- i recuperatori si utilizzano in presenza di flusso forzato
- permettono di recuperare parte dell'energia che altrimenti sarebbe dispersa nell'ambiente



Recuperatori di calore

efficienza

- i recuperatori sono caratterizzati dall'efficienza
- l'efficienza è il rapporto tra flusso scambiato ed il massimo scambiabile
- si considerano come scambiatori di calore con uguali portate termiche di flusso $c_{pf} \times \dot{m}_f = c_{pc} \times \dot{m}_c$

$$\eta_V = \frac{\Phi_r}{\Phi_{r,max}} = \frac{\theta_{su} - \theta_e}{\theta_{int} - \theta_e}$$

$$f_v = \frac{\theta_{int} - \theta_{su}}{\theta_{int} - \theta_e} = 1 - \eta_V$$

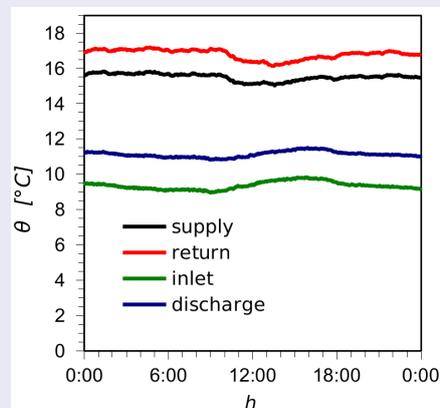
$$\Phi_V = \dot{m} \times c_{pa} \times (\theta_{int} - \theta_{su}) = \dot{m} \times c_{pa} \times (1 - \eta_V)(\theta_{int} - \theta_e) \quad [\text{W}]$$

$$\Phi_V = \dot{m} \times c_{pa} \times f_v \times (\theta_{int} - \theta_e) = \rho \times c_p \times \dot{V}_{su} \times f_v \times (\theta_{int} - \theta_e)$$

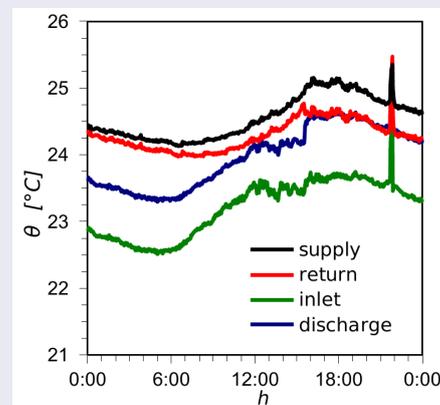
$$H_V = 0,34 \times \dot{V}_{su} \times f_v = 0,34 \times \dot{V}$$

Misure su recuperatori

invernale



estivo



recuperatore



distribuzione



Correzione per soffitti alti

Nel caso di soffitti alti la norma europea EN 12831 corregge il flusso termico con la seguente formula:

$$\phi = (\phi_{T,i} + \phi_{V,i}) \cdot f_{h_i}$$

- il valore di f_{h_i} si ricava da tabelle;
- la correzione è necessaria per tener conto dell'effetto del gradiente termico;
- il gradiente di temperatura cresce all'aumentare dell'altezza dell'edificio
- dipende dal sistema di riscaldamento utilizzato.

Potenza per il dimensionamento della caldaia

La potenza si calcola come:

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i}$$

Posso scegliere la potenza nominale della caldaia

$$\Phi_n \geq \left(\frac{\Phi_{HL}}{\eta_e \eta_c \eta_d} \right) C_s$$

Φ_n potenza nominale della caldaia;

C_s fattore correttivo per tener conto delle imprecisioni nei calcoli

η_e rendimento di emissione

η_c rendimento di controllo

η_d rendimento di distribuzione