

CONDUCIBILITÀ TERMICA E MATERIALI ISOLANTI

a) Alcuni sintetici richiami su calore ed energia

calore: energia termica (Q); unità di misura: caloria: quantità di energia termica necessaria per aumentare di un grado Kelvin la temperatura di un grammo di acqua (da cui per 1 kg : 1 kcal = 4,18 kJ)

potenza termica: energia termica scambiata nell'unità di tempo ($W = Q/t$); unità di misura: watt : J / s (1000 kcal/h = 1,16 kW)

calore specifico di un materiale: quantità di energia termica necessaria per innalzare di un grado Kelvin la temperatura di un grammo di materiale (C_e); unità di misura: J / kgK (1 kcal/kgK = 4,18 kJ/kgK)

capacità o massa termica: in un corpo di massa m, quantità di calore necessaria per innalzare di un grado Kelvin la temperatura; unità di misura: J/K (1 kcal/K = 4,18 J/K)

I materiali componenti una parete che separa due ambienti a temperature differenti offrono una resistenza al passaggio del calore che varia in relazione diretta allo spessore del materiale e in relazione inversa alla sua 'facilità' a trasmettere il calore (trasmittanza : K o U).
La resistenza termica totale di una parete sarà dunque data dalla somma delle differenti resistenze che il flusso di calore incontrerà lungo il percorso dall'elemento più caldo a quello più freddo. La conducibilità o conducibilità termica di un materiale indica il flusso di calore che, in condizioni stazionarie, passa attraverso uno strato di materiale in presenza di una differenza di temperatura tra le due facce opposte del materiale considerato.
La conducibilità dipende dalla porosità (densità) e dal contenuto igrometrico del materiale.

resistenza termica (R) (unità di misura: m^2K/W) $R = s/\lambda$
s è lo spessore (unità di misura: m)
 λ è la conducibilità termica del materiale (unità di misura: W/mK)

Normalmente per valutare il comportamento di un paramento come barriera termica, si utilizza la trasmittanza globale interno-esterno (U), ossia la grandezza che misura la quantità di calore per unità di tempo, cioè la potenza termica, che passa attraverso un metro quadrato di involucro quando tra le due facce vi sia una differenza di temperatura di 1 grado Kelvin.

trasmittanza termica (U) (unità di misura: W/m^2K)
coefficiente di trasmissione del calore globale interno-esterno

$U = 1 / (1/a_i + \text{somm } R_i + 1/a_e)$, dove a sono i coeff. liminari o adduttanze

Con questo coefficiente K o U è possibile calcolare il flusso di calore che attraversa un elemento di involucro di superficie A, quando vi sia una differenza di temperatura tra l'aria interna (T_i) e l'aria esterna (T_e).

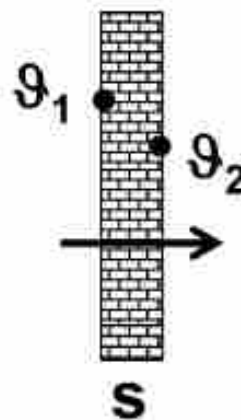
flusso di calore (Q) (unità **di misura: W**)
 $Q = U \cdot A \cdot (T_i - T_e)$

Legge di Fourier

La legge che regola la propagazione del calore per conduzione è la **legge di Fourier**: permette di stabilire il **flusso termico** per unità di area che attraversa una parete.

In **regime stazionario** (temperature e flussi termici costanti nel tempo) e con **flusso unidimensionale** (in direzione perpendicolare alle isoterme) nel caso di parete monostrato omogenea si può scrivere:

$$\frac{\dot{Q}}{A} = \lambda \frac{(\vartheta_1 - \vartheta_2)}{s}$$



\dot{Q} = flusso termico [W]

A = area attraversata dal flusso termico [m²]

ϑ_1, ϑ_2 = temperature delle due facce della parete [K],[°C]

s = spessore della parete [m]

λ = conducibilità termica della parete [W/(mK)], [W/(m°C)]

b) Conducibilità termica di materiali da costruzione

Fonte www.casaclima.info

I coefficienti di conducibilità termica sono da considerare come valori indicativi per il calcolo delle prestazioni termiche. Un eventuale uso di valori più bassi è condizionato ad una certificazione adeguata da organismi riconosciuti.

Pannelli da costruzione	Lambda (W/mK)	Densità (kg/m ³)
Cartongesso	0,21	900
P.lli in fibre di legno porosi semiduri	0,06	200
duri 0,15 1000	0,10	650
P.lli in trucioli in legno con collante mineralizzati	0,16	700
	0,26	1250

P.Ili in legno compensato	0,44	600
P.Ili in fibrocemento	0,6	2000
P.Ili in lana di legno mineralizzato	0,093	400
P.Ili in terra cruda	0,14	500
P.Ili in canna	0,055	190
P.Ili in paglia	0,09	340
P.Ili in polistirene con cemento	0,07	140

	Lambda (W/mK)	Densità (kg/m ³)
Materiali isolanti		
Cotone	0,04	20 - 40
Vermiculite espansa	0,07	90
Argilla espansa	0,09	350
Polietilene espanso in lastre	0,04	30
Polistirene espanso in lastre	0,04	20
Polistirene estruso in lastre	0,035	35
Materassino in lino	0,04	30
Lana di vetro	0,04	20
Canapa	0,045	25
Trucioli di legno	0,05	100
P.Ili extraporosi in fibra di legno (130)	0,04	130
P.Ili porosi in fibra di legno (190)	0,045	190
P.Ili porosi in fibra di legno con bitume oppure lattice	0,06	270
P.Ili in lana di legno mineralizzati	0,093	400
P.Ili di calcio silicato	0,06	250
Fibra di cocco	0,045	70
Granuli di sughero	0,05	100
P.Ili di sughero espanso	0,045	110
P.Ili in fibre minerale	0,045	115
Perlite espansa	0,05	90
Poliuretano	0,03	30
Lana di pecora	0,04	25
Vetro cellulare (120)	0,041	120
Vetro cellulare (160)	0,050	160
Canneto	0,055	190
Lana di roccia	0,04	30
Paglia	0,09	340
Fiocchi di cellulosa	0,04	50
P.Ili di cellulosa	0,04	85

	Lambda (W/mK)	Densità (kg/m ³)
Materia prima		
Acciaio	60	7800
Rame	380	8900
Alluminio	200	2800
Vetro	0,8	2500
Vetro acrilico (Plexiglas)	0,19	1180
Guaine di polietilene, bitume, ecc.	0,26	1700
Acciaio Ni-Cr inossidabile	13	7700
Legno di conifere – flusso di calore trasversale alla fibra	0,13	fino a 500
Legno di conifere – flusso di calore lungo la fibra	0,22	fino a 500

Legno di latifoglie	0,18	fino a 800
---------------------	------	------------

Pavimentazione

	Lambda (W/mK)	Densità (kg/m ³)
Massetto in cemento	1,4	2000
Massetto autolivellante a base anidride	1,1	2000
Massetto in asfalto	0,8	2200
Ceramica	1,2	2000
Legno duro	0,22	850
Quadretti di sughero 0,06 300		

Intonaci e malte

	Lambda (W/mK)	Densità (kg/m ³)
Intonaco in cemento	1,4	2200
Intonaco in calce-cemento	1	1800
Intonaco plastico per cappotto	0,9	1200
Intonaco in calce	0,8	1600
Intonaco di gesso (calce/gesso)	0,7	1500
Intonaco termoisolante con perlite, polistirolo < 250 kg/m ³	0,09	fino a 250
Intonaco termoisolante con perlite, polistirolo, fino a 450 kg/m ³	0,13	fino a 450
Malta di cemento	1,4	2200
Malta di calce/cemento	1	1800
Malta termoisolante < 800 kg/m ³	0,28	800

Materiali da Muratura

	Lambda (W/mK)	Densità (kg/m ³)
Blocchi con argilla espansa	0,18	800
Blocchi cavi con argilla espansa	0,22	650
Blocchi cavi con scorie da altoforno, tufo, ecc.	0,6	1500
Blocchi cavi con lana di legno mineral.	0,45	fino a 1500
Mattone facciavista Klinker	1	1800
Mattone pieno	0,7	fino a 1600
Mattone forato	0,36	1200
Tramezza in laterizio	0,36	1100
Mattone forato porizzato	0,25	800
Mattone forato porizzato leggero murato con malta isolante	0,18	650
Blocco "cassero" in laterizio	0,55	fino a 1700
Muratura in pietra	2,3	fino a 2600
Blocchi cellulari autoclavati	0,11	fino a 400
Blocchi cellulari autoclavati	0,14	fino a 500
Blocchi cellulari autoclavati	0,16	fino a 600
Blocchi cellulari autoclavati	0,24	fino a 800
Cemento armato	2,3	2400
Calcestruzzo CLS	1,6	1800
CLS alleggerito con argilla esp.	0,45	1100
CLS alleggerito con argilla esp. > 1100 kg	0,7	fino a 1700
Solai con travetti e blocchi in lat. + caldana	(0,8)	1200-1600
Solai con travetti e blocchi cem. + caldana	(0,8)	1200-1600
Solai con travetti e blocchi in lat. por.	(0,67)	900-1200
Solai a pannelli cavi in c.a. 360kg/m ²	(1,33)	1800

Solai a pannelli cavi in c.a. 280kg/m ²	(1,0)	1400
Solai a lastre in c.a. con blocchi in polistirene e caldana 4-12-4	0,6	1670
Solai a lastre in c.a. con blocchi in polistirene e caldana 4-8-4	0,64	1670
Solai a lastre in c.a. con blocchi in polistirene e caldana 4-16-4	0,58	1670
	Lambda	Densità
	(W/mK)	(kg/m³)
Materiali isolanti sfusi		
Perlite espansa	0,05	90
Vermiculite espansa	0,07	90
Argilla espansa	0,09	350
Sughero granulare espanso	0,042	80-100
Sughero granulare naturale	0,05	100
Fiocchi di cellulosa	0,04	35
Polistirolo espanso sfuso	0,044	10
Lana minerale sfusa	0,044	15
Segatura di legno	0,1	200
Scorie da altoforno	0,35	750
Granulato di polistirene legato + cemento	0,08	fino a 350
Granulato di polistirene legato + cemento	0,06	fino a 125
Granulato di polistirene legato + cemento	0,05	fino a 125
Granuli di perlite espansa	0,042	80-100

c) Alcuni dei principali materiali isolanti

Fonte: sistemi di involucro isolanti termicamente prof. Enrico De Angelis – Politecnico di Milano

Fibre di roccia o di vetro

Quarzo, quarzite, dolomite, feldspato, calcari, eccetera, con soda e borace (fondenti), fuse e ridotte in fibre sottili sotto pressione (fili) oppure, per forza centrifuga (come lo zucchero filato!) in fibre più o meno orientate casualmente:

- Isolamento termico resistente ad elevate temperature
- Incombustibile

Proprietà significative

- Buon assorbimento acustico
- Basso assorbimento di umidità
- Durevole (prestazione di isolamento)
- Lavorabile (relativamente facilmente)
- Relativamente riciclabile

Negli anni ottanta, IARC classifica le fibre sintetiche minerali come potenzialmente cancerogene: non ci sono evidenze statistiche di mesoteliomi (polmoni).

Non fa male come l'amianto e basta tenerlo confinato. Tuttavia ...

Non si hanno evidenze tali da portare le fibre in classe di rischio superiore ma la preoccupazione è evidente. L'industria cambia la formulazione – sulla base di diverse ricerche – e produce fibre “bio-solubili”, la cui inalazione o ingestione non va oltre al provocare irritazione (10 giorni contro i 20 della polvere comune).

Nel 2001 IARC rimuove la valutazione “potenzialmente cancerogeno” delle fibre minerali, sulla base di ricerche (panel statistici) piuttosto vasti.

Confezionati in

- Pannelli più o meno rigidi
- Stuoie in rotolo
- Fiocchi sfusi

Possono essere semplici o pre-accoppiate ad altri strati di protezione o finitura:

- barriera al vapore o di capillarità
- Pannelli in cartongesso ...
- Impermeabilizzazioni



Argilla espansa

Si cuoce l'argilla in forni a 1200 °C rotativi, dove alcune sostanze subiscono un processo di trasformazione, vetrificazione e generazione di gas.

La superficie delle sferette è vetrificata (molto resistenti mecc.) ma non liscia e l'interno ha una struttura cellulare (leggerezza e isolamento termico).

Assorbe bene anche le vibrazioni, è assolutamente incombustibile.

La struttura porosa non la rende impermeabile: capacità di ritenzione idrica.



Densità: 100-300 kg/m³
Conduttività: 0,11-0,16 W/mK

Perlite espansa

È bianca, relativamente impermeabile termoisolante e fonoassorbente.

Si prende la perlite, una roccia vetrosa, la si frantuma e la si lavora ad alte temperature 800-1.000°C.

Si ottiene un materiale molto leggero incombustibile e con una buona resistenza meccanica.



Densità: 100-120 kg/mc
Conduttività: 0,05-0,06 W/mK

Foam glass (vetro cellulare)

Con la silice fusa (vetro) si può fare anche una schiuma!

I pori di questa schiuma sono ben poco comunicanti tra loro: si ottiene un materiale a tenuta praticamente perfetta, nei confronti della diffusione dei gas. Può stare a contatto col suolo senza problemi.



Densità: 100-180 kg/mc
Conduttività: 0,04-0,05 W/mK

Aerated Autoclaved Concrete – AAC

Nel 1914, gli svedesi si accorsero che se si mescolava polvere di alluminio a silice e calce, i materiali producevano una reazione che generava idrogeno. All'interno del materiale, che lievitava come una torta, si generavano microbolle che lo facevano espandere oltre 5 vv e lo rendevano leggero come il legno (e anche di più), ma privo dei tanti problemi del legno:

- Incombustibilità
- Resistenza all'attacco biologico (insetti, funghi).
- Ottima resistenza anche a basse densità.

- Soprattutto un materiale eccezionale nei confronti delle azioni termomeccaniche e chimiche di un incendio: stabile per temperature dell'ordine dei 1000°C
- Ha una buona capacità portante (ma dipende dalla densità)
- Le caratteristiche termiche sono ottime (accoppia massa e isolamento), ma anche quelle acustiche e soprattutto la sua resistenza al fuoco
- È straordinariamente facile da lavorare
- Purtroppo è fortemente igroscopico e al variare del suo contenuto di umidità cambia le sue dimensioni in maniera sensibile



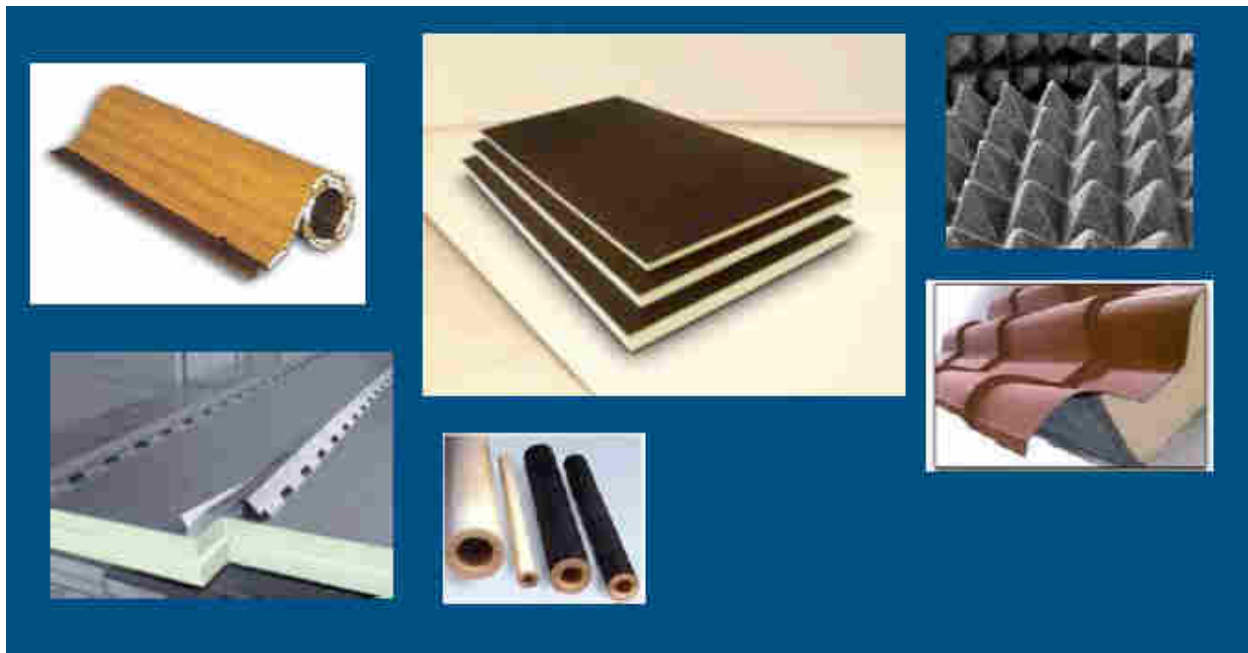
Schiume sintetiche

Qualsiasi polimero può essere prodotto in forma di schiuma, con proprietà isolanti e altre caratteristiche variabili, grazie ad un agente espandente generato o inserito durante la sua polimerizzazione.

- Polistirene (polistirolo)

Il polistirolo ha un comportamento analogo alle lane di vetro e minerali. Gli estrusi hanno un basso assorbimento idrico, pertanto vengono utilizzati dove l'isolante si presenta al di sopra della membrana impermeabilizzante (es. tetto rovescio).

- Poliuretano (poliisocianurato)



Le resine poliuretaniche sono molto varie. Sono tutte caratterizzate da un particolare legame chimico ma ce ne sono tantissimi tipi. Sono composti eccezionali, utilizzati per produrre colle, pitture, lastre e oggetti in materiale più o meno pesante e rigido. Il processo di espansione e polimerizzazione può essere riprodotto in cantiere, su un tetto o contro una parete. In funzione dell'agente espandente, il materiale raggiunge conduttività anche molto basse. In funzione degli additivi e del processo di catalizzazione della reazione, il materiale diventa molto resistente, autoestinguente, impermeabile

Si producono poliuretani e poliisocianurati anche a partire da prodotti naturali (olio di soia) e per questo il PU viene "venduto" come prodotto naturale. È meno riciclabile del PSE (non come isolante, almeno)

Poliuretano espanso in situ mediante applicazione a spruzzo



- Poliisocianurato (schiuma Polyiso)

È simile al PU, con migliore resistenza meccanica chimica e termica.

Usato soprattutto per pannelli e container frigoriferi, piping insulation.

Oppure per realizzare pannelli prefabbricati.



– Sughero

Grande rigidità statica e dinamica (acustica), per conduttività bassa (0,045-0,06 W/mK).

Ottimo per ridurre la trasmissione di vibrazioni.

Molto costoso, spesso sostituito da prodotti di riciclo vari materiali (per es. copertoni)



– Fibre di legno mineralizzate

Truciol e fibre impregnate con cemento o magnesite (MgO_2):

- Condutt. 0,09-0,15 W/mK
- Densità 300-600 kg/m³
- Buona resistenza meccanica
- Ottima reazione al fuoco e resistenza al degrado per umidità (funghi)



Pannelli prefiniti
gesso/fibra di legno:
massa e prestazioni
acustiche ...

Ottima compatibilità con varie finiture
"tradizionali" ma utilizzabile anche
così com'è per fonoassorbimento e
isolamento acustico



- Lana di pecora

Conduttività termica: 0,04-0,06 W/mK –Elevatissima permeabilità al vapore, al contempo elevata capacità di assorbimento (in massa). Buona reazione al fuoco e buona resistenza al degrado per umidità (se trattata con pesticidi naturali...)
Prodotta in fiocchi o in materassini.

- Canapa e altre fibre (juta, cocco ...)

Resistenza al degrado anche alta (cocco) Materiali combustibili



Condutt. 0,04-0,06 W/mK Densità 20-80 (cocco fino a 160) kg/m³

RILIEVO DELL'EDIFICIO E CALCOLO DELLE DISPERSIONI TERMICHE

La prima fase del calcolo del consumo energetico di un edificio prevede l'acquisizione del progetto di massima corredato di piante, prospetti e sezioni.

La definizione dell'edificio deve riguardare anche le indicazioni sulla destinazione d'uso dei locali e l'orientamento.

a) *Definizione delle strutture edilizie*

In una prima fase bisogna acquisire tutti i dati del progetto di massima, dalle piante, alle sezioni e ai prospetti. Le piante dovranno essere corredate, della destinazione d'uso dei locali e l'orientamento.

Assieme ai tutor del corso vanno individuate le strutture edilizie opache e quelle trasparenti.

Una volta note le strutture disperdenti vanno calcolate le aree di ciascuna struttura disperdente sia essa opaca che trasparente. Informazioni geometriche e fisiche saranno riportate in appositi elaborati grafici.

b) *Calcolo delle trasmittanze delle strutture disperdenti*

La trasmittanza termica - U - è il flusso di calore che passa attraverso una parete per metro quadro di superficie della parete stessa e per grado K di differenza tra la temperatura interna ad un locale e la temperatura esterna o del locale attiguo.

$$U = 1/r_{si} + \sum R + r_{se} = 1/r_{si} + \sum (s/\lambda) + r_{se}$$

adduttanza interna	=	r_{si}
adduttanza esterna	=	r_{se}
spessore struttura	=	s
conduttività termica	=	λ
resistenza termica	=	$1/U$

esempio di calcolo di U in una struttura muraria

nell'esempio successivo **per ogni strato** del muro perimetrale in esame si indicano:

- la descrizione dello strato
- lo spessore s
- la conduttività termica λ
- la massa volumica
- il calore specifico c
- la resistenza termica $R = 1/U$ propria dello strato

PARETE VERTICALE ESTERNA											U =	
Descrizione: Doppia parete con isolante interposto/finitura esterna a intonaco											$1/r_{si} + \sum R + r_{se}$	
											$1/r_{si} + \sum (s/\lambda) + r_{se}$	
N.	Descrizione strato (interno verso l'esterno)	spess (m)	conduttività termica (W/mK)	massa volumica (kg/m³)	calore specifico (kJ/kgK)	resistenza termica (m²K/W) = s/λ	permeabilità al vapore (kg/smPa)	resistenza al vapore (sm²Pa/kg)				
		s	l	r	c	R	d	Rv				
0	Aria interna							0,00E+00				
1	Intonaco di calce	0,01	0,70	1400	0,90	0,01	1,80E-11	5,56E+08	14	58,65		
2	Poroton	0,30	0,22	698	0,733	1,36	2,10E-11	1,43E+10	209,4			
3	Intercapedine	0,05	-	1,25	18,33	0,11	1,93E-10	2,59E+08	0,0625			
4	Isolante	0,05	0,03	80	0,84	1,67	3,60E-11	1,39E+09	4			
5	Poroton	0,10	0,23	620	2,40	0,43	2,10E-11	4,76E+09	62			
6	Intonaco di calce	0,01	0,70	1400	0,90	0,01	1,80E-11	5,56E+08	14			
								2,18E+10	Rvtot			
$\sum S \cdot \rho \cdot c$	C (kJ/m²K)	330,85	Capacità termica aerea									
$1/r_{si} + \sum (s/\lambda)$	U (W/m²K)	0,27	hi	Trasmittanza termica		7,7 W/m²K	za interna	za adduttan	r_{si}	=1/hi	0,13	
1/U	R (m²K/W)	3,66	he	Resistenza termica totale		25 W/m²K	za esterna	r_{se}	=1/he	0,04		
	s_{tot} (m)	0,52	T_{ae,prog}	Spessore struttura		-8 °C						
	MS (kg/m²)	303,46		Massa superficiale								

Nel foglio Excel sopra riportato sono calcolati anche altri elementi importanti per la valutazione energetica:

- capacità termica aerea
- resistenza all'attraversamento del vapore
- massa superficiale

il ruolo di queste grandezze sarà esaminato più avanti

Calcolo della Potenza Disperdente

La potenza termica dispersa per trasmissione attraverso l'involucro dell'edificio riscaldato in condizioni stazionarie, cioè senza tenere conto delle variazioni dovuti all'intermittenza del funzionamento (per la quale vedremo che vanno introdotti opportuni coefficienti) è

$$Q_{tot} = Q_i + Q_g + Q_u + Q_v + Q_p$$

in cui:

Q_i = potenza termica dispersa attraverso le pareti opache verso l'esterno

Q_g = potenza termica dispersa attraverso le pareti opache verso locali non riscaldati

Q_u = potenza termica dispersa attraverso le pareti opache verso il terreno

Q_v = potenza termica dispersa attraverso le superfici trasparenti

Q_p = potenza termica dispersa attraverso ponti termici

Potenza termica disperdente attraverso le strutture opache

Il calcolo del valore della potenza termica disperdente Q_i per trasmissione attraverso le pareti opache e trasparenti si effettua attraverso la seguente relazione:

In cui

A_i = area del componente i-esimo (m^2)

U_i = trasmittanza termica del componente i-esimo (W/m^2K)

p = coefficiente di esposizione (adimensionale)

Δt = Differenza tra temperatura interna e temperatura esterna ($^{\circ}K$) o salto termico

I coefficienti di esposizione valgono

Sud = 1

Sud/Ovest = 1,05

Ovest = 1,10

Nord/Ovest = 1,15

Nord = 1,20

Nord/Est = 1,20

Est = 1,15

Sud/Est = 1,10

La temperatura minima è Roma pari a $0^{\circ}C$. Per tener conto che l'immobile è un edificio isolato si ammette una diminuzione di $-2^{\circ}C$ della temperatura minima di progetto c

Schema di procedura semplificata per la determinazione dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale dell'edificio.

D.M. 26/6/2009 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici - ALLEGATO 2 Allegato A, paragrafo 5.2)

Schema di procedura semplificata per la determinazione dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale dell'edificio.

Fabbisogno di energia termica dell'edificio

Il fabbisogno di energia termica dell'edificio Q_h è dato da:

(kWh)

Dove:

GG : sono i gradi giorno della città nella quale viene ubicato l'edificio in esame, ($^{\circ}\text{K} \cdot \text{gg}$); essi corrispondono alla somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere, tra la temperatura dell'ambiente, convenzionalmente fissata in 20° e la temperatura media esterna giornaliera

a Roma – zona climatica D - i gradi giorno sono = 1415

Ht: è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno di ciascuna superficie disperdente; (W/K);

Hv: è il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione (W/K);

fx: è il coefficiente di utilizzazione degli apporti gratuiti (adimensionale), assunto pari a 0,95

Qs: sono gli apporti solari attraverso i componenti di involucro trasparente (MJ);

Qi: sono gli apporti gratuiti interni (MJ)

Coefficiente globale di scambio termico per trasmissione

Per ogni elemento edilizio, facente parte dell'involucro che racchiude il volume riscaldato, si procede al calcolo del prodotto della singola trasmittanza (U) per la relativa superficie esterna (S). La sommatoria di tali prodotti fornisce il coefficiente globale di trasmissione termica dell'edificio Ht

Dove:

S_i = superfici esterne che racchiudono il volume lordo riscaldato. Non si considerano le superfici verso altri ambienti riscaldati alla stessa temperatura [m^2]

U_i = trasmittanza termica della struttura [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

Nell'impossibilità di reperire le stratigrafie delle pareti opache e delle caratteristiche degli infissi possono essere adottati i valori riportati nella norma UNI – TS 11300-1, rispettivamente nell'appendice A e nell'appendice C

$b_{tr,i}$ = fattore di correzione dello scambio termico verso ambienti non climatizzati o verso il terreno (adimensionale)

I valori del coefficiente $b_{tr,i}$ si ricavano:

- per superfici disperdenti verso ambienti non riscaldati: Prospetto 5 UNI/TS 11300-1

- per superfici disperdenti verso il terreno: Prospetto 6 UNI/TS 11300-1

Coefficiente globale

Ponti termici

Lo scambio termico per trasmissione attraverso i ponti termici può essere calcolato secondo la EN ISO 14683.

Per gli edifici esistenti, in assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, per alcune tipologie edilizie, lo scambio termico attraverso i ponti termici può essere determinato forfaitariamente secondo quanto indicato nel prospetto 4. Nel caso si utilizzino i dati del prospetto 4 questi devono essere riportati nel rapporto finale di calcolo.

Prospetto 4 — Maggiorazioni percentuali relative alla presenza dei ponti termici [%].

Le maggiorazioni si applicano alle dispersioni della parete opaca e tengono conto anche dei ponti termici relativi ai serramenti.

Descrizione della struttura	Maggiorazione
Parete con isolamento dall'esterno (a cappotto) senza aggetti/balconi e ponti termici corretti	5
Parete con isolamento dall'esterno (a cappotto) con aggetti/balconi	15
Parete omogenea in mattoni pieni o in pietra (senza isolante)	5
Parete a cassa vuota con mattoni forati (senza isolante)	10
Parete a cassa vuota con isolamento nell'intercapedine (ponte termico corretto)	10
Parete a cassa vuota con isolamento nell'intercapedine (ponte termico non corretto)	20
Pannello prefabbricato in calcestruzzo con pannello isolante all'interno	30

Nel caso in cui il ponte termico si riferisca ad un giunto tra due strutture che coinvolgono due zone termiche diverse, il valore della trasmittanza termica lineare, dedotto dalla EN ISO 14683, deve essere ripartito tra le due zone interessate.

Calcolo della trasmittanza di un elemento vetrato

Per **finestre e porte-finestre**, la trasmittanza termica del serramento rappresenta la media pesata tra la trasmittanza termica del telaio U_f e di quella della vetrata U_g , più un contributo aggiuntivo, la trasmittanza termica lineare Y_i , dovuto all'interazione fra i due componenti e alla presenza del distanziatore, applicato lungo il perimetro visibile della vetrata.

Tipo componente: <u>Finestra con telaio in</u> <u>classe</u> <u>e vetro</u>								
Esposizione: OVEST								
Codice componente: !								
Larghezza:	0,80 m	Aw	1,44 m ²	F _F	0,71			
Altezza:	1,80 m	Pw	5,2 m					
U _{gI}	(W/m ² K)	vetrocamera basso emissivo				1,7		
U _f	(W/m ² K)	telaio in legno classe A2				1,9		
U _f	(W/mK)	distanziatori metallici				0,06		
Descrizione	A _{gI} (m ²)	A _f (m ²)	L _{gI} (m)	U _{gI} (W/m ² K)	U _f (W/m ² K)	U _l (W/mK)	U _w (W/m ² K)	
Serramento singolo	1,02	0,42	5,20	1,70	1,90	0,06	1,97	UNI EN ISO 10077-1
RESISTENZA TERMICA TOTALE (*) m²K/W				0,51	TRASMITTANZA TOTALE W/m²K		1,97	
LEGENDA								
A _g	Area del vetro							
A _f	Area del telaio							
L _{gI}	Lunghezza della superficie vetrata							
U _{gI}	Trasmittanza termica dell'elemento vetrato							
U _f	Trasmittanza termica del telaio							
U _l	Trasmittanza lineica (nulla in caso di singolo vetro)							
U _w	Trasmittanza termica totale del serramento							
(*)	Inverso della trasmittanza termica totale							

Tipo componente: Finestra con telaio in _____ classe _____ e vetro _____							
Esposizione:							
Codice componente:							
Larghezza:	m	Aw	0 m ²	F _F	#DIV/0!		
Altezza:	m	Pw	0 m				
U _{gl}	(W/m ² K)						
U _f	(W/m ² K)						
U _i	(W/mK)						
Descrizione	A _{gl} (m ²)	A _f (m ²)	L _{gl} (m)	U _{gl} (W/m ² K)	U _f (W/m ² K)	U _i (W/mK)	U _w (W/m ² K)
Serramento singolo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	#DIV/0!
RESISTENZA TERMICA TOTALE (*) m ² K/W				#DIV/0!	TRASMITTANZA TOTALE W/m ² K		#DIV/0!
LEGENDA							
A _g	Area del vetro						
A _f	Area del telaio						
L _{gl}	Lunghezza della superficie vetrata						
U _{gl}	Trasmittanza termica dell'elemento vetrato						
U _f	Trasmittanza termica del telaio						
U _i	Trasmittanza lineica (nulla in caso di singolo vetro)						
U _w	Trasmittanza termica totale del serramento						
(*)	Inverso della trasmittanza termica totale						

Materiale

riferimento normativo **UNI 10077**

Per gli infissi,

MaterialeTelaio	spessore	Uf
Legno	30	2,2
	40	2
	50	1,9
	70	1,65
	100	1,42
	130	1,22
	160	1,1
	20	2,6
Metallo con taglio termico	8	3,5
	6	3,7
	10	3,3
	12	3,2
	15	3,1
	20	3
Metallo senza taglio termico	4	4,2
		7
Plastica		
poliuretano con anima di metallo		2,6
poliuretano con una camera		2,4

PVC profilo vuoto con due	2
PVC profilo vuoto con tre	1,8

Per le vetrazioni,

Vetro singolo:	Ug = 5,7	W/m2K
Vetrocamera 4-6-4:	3,3	W/m2K
Vetrocamera 4-9-4:	3,1	W/m2K
Vetrocamera 4-12-4:	2,8	W/m2K
Vetrocamera 4-12-4 con vetro interno bassoemissivo:	1,7	W/m2K

Valori della trasmittanza termica lineare per distanziatori per vetro a prestazioni termiche migliorate.

Materiale del telaio	Trasmittanza termica lineare Y_{λ} per i differenti tipi di vetro	
	Vetro doppio o triplo, vetro senza trattamenti superficiali, intercapedine con aria o gas	Vetro doppio con trattamento superficiale bassoemissivo, vetro triplo con due trattamenti superficiali bassoemissivi, intercapedine con aria o gas
Telaio in legno o pvc	0,05	0,06
Telaio in metallo con taglio termico	0,06	0,08
Telaio in metallo senza taglio termico	0,01	0,04