

LA TRASMITTANZA TERMICA DEGLI INFISSI: COS'E' E COME SI CALCOLA

1. La trasmittanza termica U

COS'E'?

La trasmittanza termica U è il flusso di calore medio che passa, per metro quadrato di superficie, attraverso una struttura che delimita due ambienti a temperatura diversa (per esempio un ambiente riscaldato dall'esterno, o da un ambiente non riscaldato).

L'unità di misura della trasmittanza termica è il $W/m^2 K$.



PERCHE' E' IMPORTANTE?

Essendo l'obiettivo del risparmio energetico quello di minimizzare la dispersione di calore, è necessario che gli elementi costituenti l'involucro edilizio abbiano un basso valore di trasmittanza termica, così da ridurre la quantità di calore disperso.

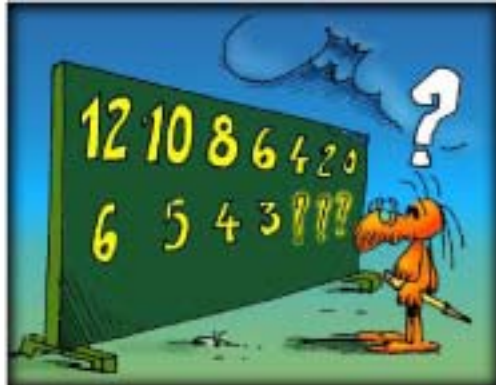
2. La trasmittanza termica U_w dei serramenti

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 Ψ_g , dovuto all'interazione fra i due componenti e alla presenza del distanziatore, applicato lungo il perimetro visibile della vetrata.

Per altre strutture, tipo **porte e porte blindate**, in genere si calcola la trasmittanza termica come il contributo dell'elemento omogeneo stratificato U_p più un termine di trasmittanza termica lineare Ψ_g che viene applicato alla lunghezza dei ponti termici (per esempio i telai perimetrali metallici o i rinforzi metallici centrali).

3. Come si determina il valore di trasmittanza termica degli infissi

In genere, la trasmittanza termica U_w di un serramento, può essere determinata sia tramite calcolo che tramite prova sperimentale su un campione fisico.



Di seguito riportiamo degli schemi, utilizzabili per:

- la stima dei valori di U_w degli infissi esistenti**, in assenza di documentazioni a corredo utilizzabili per un calcolo rigoroso;
- il calcolo semplificato**, secondo la norma EN 10077 per la determinazione del valore di U_w in riferimento a tutte le tipologie di infissi;
- il metodo di calcolo rigoroso di U_w** , secondo la formula di letteratura;
- la metodologia di calcolo di U_w in riferimento all'infisso normalizzato** e le relative regole di estensione, secondo la UNI EN 14351-1

3.a La stima dei valori di U_w degli infissi esistenti

Ai fini di semplificare la stima dei valori di trasmittanza termica U_w degli infissi esistenti, da inserire nella *certificazione del produttore* o in alternativa nell'*asseverazione del tecnico*, riportiamo alcuni valori che riteniamo i più rappresentativi dei serramenti presumibilmente esistenti negli immobili oggetto di intervento.

Considerato che la maggior parte dei serramenti esistenti sul nostro territorio, siano costituiti da telaio in metallo intero/non isolato oppure in legno con vetrazioni per lo più singole (3 mm /4 mm/ 6 mm) per una stima dei valori di trasmittanza di tali componenti, si possono considerare:

Per i telai,

Telai metallici interi/non isolati: $U_f = 7,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ [fonte: UNI EN ISO 10077-1/Appendice F]

Telai in legno/PVC: $U_f = 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ [fonte: UNI EN ISO 10077-1/Appendice F]

Telai alluminio a taglio termico U_f compreso tra 2,2 e 3,8 [fonte: UNI EN ISO 10077-1/Appendice F]

Per le vetrazioni,

Vetro singolo: $U_g = 5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ [fonte: Manuale Tecnico Saint Gobain Vetro Italia]

Vetrocamera 4-12-4: $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ [fonte: UNI EN ISO 10077-1/Appendice F]

Quindi si può desumere che, in via del tutto generale, una stima attendibile di due tipologie di infissi esistenti, potrebbe essere:

per un infisso con telaio metallico intero e vetro singolo $U_w = 6,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

per un infisso con telaio in legno e vetro singolo $U_w = 5,0 \text{ W/m}^2$

3.b. Il calcolo semplificato della trasmittanza termica U_w

Di seguito, riportiamo dei metodi di stima più specifici per le diverse tipologie di serramenti.

In assenza di dati di progetto specifici in relazione agli elementi, è possibile stimare i parametri termici originari seguendo le indicazioni della:

- Raccomandazione CTI - R03/3 Prestazioni energetiche degli edifici. Certificazione energetica. Esecuzione della certificazione energetica. Dati relativi all'edificio. Appendice A.
- Norma UNI EN ISO 10077-1 che fornisce metodi di calcolo semplificati di stima delle prestazioni termiche dei telai e valori tabulati della trasmittanza termica delle principali tipologie di vetrazioni.



La caratterizzazione degli infissi riguarda:

- il tipo di componente;
- la tipologia di vetro;
- la tipologia di telaio;

La trasmittanza termica U_w ($W/m^2 \cdot K$) si determina secondo la norma UNI EN 10077-1 con il metodo di calcolo semplificato, oppure ricavandola dai prospetti F.2 e F.3 riferiti alla finestra ad un'anta posizionata verticalmente, di dimensioni - considerate rappresentative del tipo - uguali a 1,23 m x 1,48 m, in funzione del valore U_g della vetrata, del valore U_f del telaio e della percentuale dell'area di telaio rispetto all'area dell'intera finestra.

Le tabelle fanno riferimento ai prospetti F1 ed F2 della norma EN 10077-01:2007 - Allegato F, e possono essere utilizzati per stimare velocemente i valori di trasmittanza termica U_w degli infissi esistenti, scendendo più nel dettaglio delle tipologie di serramenti. Basta:

- scegliere le caratteristiche termiche del telaio U_f , dalla tab 2,
- scegliere le caratteristiche termiche del vetro U_g , dalla tab 1
- incrociare i valori di nella tab1, (scegliendo la % di telaio rispetto all'intera finestra fra il 30 % e il 20%), e trovare il il valore U_w dell'infisso con le caratteristiche scelte.

Per esempio, un infisso in legno tenero e vetro singolo, con valore U_f 2,0 W/m^2K e U_g 5,7 W/m^2K , incrociando i valori avrò un vaore di trasmittanza termica dell'infisso U_w di 5,0 W/m^2K

Tabella 1

Tipo di vetrata	U_g	U_w con area del telaio pari al 20% rispetto all'area dell'intera finestra in rapporto ai differenti valori U_f del telaio								U_w con area del telaio pari al 30% rispetto all'area dell'intera finestra in rapporto ai differenti valori U_f del telaio							
		1,8	2,0	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	7,0	1,8	2,0	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	7,0
Singola	5,7	4,9	5,0	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	6,0	4,5	4,6	4,6	4,8	4,9	5,0	5,1	6,1
4-6-4	3,3	3,2	3,2	3,3	3,4	3,5	3,5	3,6	4,1	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	4,5
4-9-4	3,1	3,0	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,9	2,9	2,9	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	4,3
4-12-4	2,9	2,8	2,9	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,8	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	4,2

Tabella 2

Tipo di materiale del telaio	Valore U_f del telaio	
Legno duro (rovere, mogano, iroko)	spessore mm. 50	2,4
	spessore mm. 60	2,2
	spessore mm. 70	2,1
Legno tenero (pino, abete, larice, douglas, hemlock)	spessore mm. 50	2,0
	spessore mm. 60	1,9
	spessore mm. 70	1,8
Pvc a due camere	2,2	
Pvc a tre camere	2,0	
Pvc (telai da 58- 80 mm)	compreso tra 1,7 e 1,2	
Alluminio senza taglio termico	7,0	
Alluminio a taglio termico	compreso tra 2,2 e 3,8	

3.c. Il metodo di calcolo rigoroso della trasmittanza termica U_w

Il calcolo semplificato della trasmittanza termica del componente finestrato U_w composta da un

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

singolo serramento e relativo vetro (o pannello) si esegue con la formula:

dove:

A_g è l'area del vetro;

U_g è il valore di trasmittanza termica riferito all'area centrale della vetrata, e non include l'effetto del distanziatore del vetro lungo il bordo della vetrata stessa;

A_f è l'area del telaio;

U_f è il valore di trasmittanza termica del telaio applicabile in assenza della vetrata;

l_g è la lunghezza del perimetro del vetro;

Ψ_g è il valore di trasmittanza termica lineare concernente la conduzione di calore supplementare che avviene a causa dell'interazione tra telaio, vetri e distanziatore dei vetri in funzione delle proprietà termiche di ognuno di questi componenti e si rileva, secondo quanto precisato nell'Annex E della norma UNI EN ISO 10077-1, preferibilmente con il calcolo numerico eseguito in accordo con la norma ISO 10077-2; quando non sono disponibili i risultati di calcolo dettagliati ci si può riferire ai prospetti E.1 ed E.2 i quali indicano i valori Ψ_g di default per le tipiche combinazioni di telai, vetri e distanziatori.

DATI GEOMETRICI

$A_w = b \times h$ area finestra

A_f = area telaio mobile/fisso

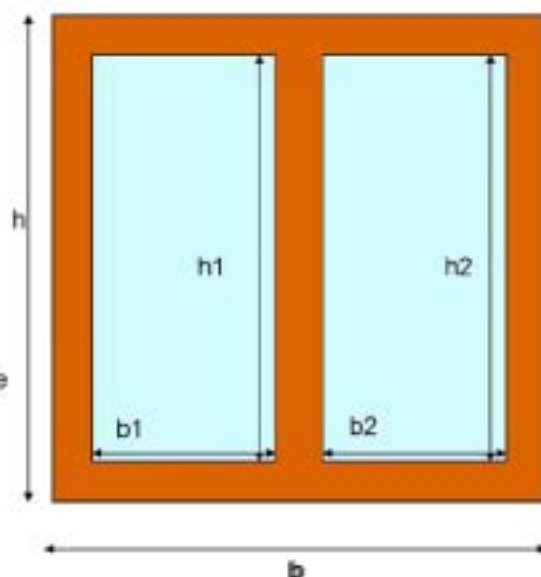
$l_g = 2 \times b_1 + 2 \times h_1 + 2 \times b_2 + 2 \times h_2$
perimetro visibile delle
vetrazioni

n = numero ante 1 o 2

d = spessore della costruzione

h = altezza

b = base



Prospetto E.1: valori della trasmittanza termica lineare Ψ per i comuni tipi di distanziatori per vetro in alluminio e in acciaio; in caso di vetro singolo o pannello opaco con conducibilità termica inferiore a 0,5 W/(m.K) l'effetto distanziatore per vetro non c'è, pertanto come indicato al punto 5.1.1 – pag. 6 della norma, il valore Ψ è = 0.

Materiale del telaio	Trasmittanza termica lineare Ψ_g 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	0,06	0,08
Telaio in metallo con taglio termico	0,08	0,11
Telaio in metallo senza taglio termico	0,02	0,05

Prospetto E.2: valori della trasmittanza termica lineare Ψ per distanziatori per vetro a prestazioni termiche migliorate.

Materiale del telaio	Trasmittanza termica lineare Ψ_g 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

3.d Norma di prodotto UNI EN 14351-1

Finestre

La norma UNI EN 14351-1 Parte 1 "Norma di prodotto, caratteristiche prestazionali di finestre e porte esterne pedonali senza caratteristiche di resistenza al fuoco e/o di tenuta al fumo" è il riferimento normativo italiano per la marcatura CE dei serramenti trasparenti.

Tale normativa specifica che il valore di trasmittanza termica della finestra comprensiva di infisso può essere ricavato o mediante prova di laboratorio o mediante calcolo semplificato secondo UNI EN ISO 10077-1 o ancora mediante calcolo agli elementi finiti secondo UNI EN ISO 10077-2 in combinazione con il calcolo semplificato.

Fonti del MSE hanno precisato che ai fini dell'accesso alle agevolazioni fiscali è ammissibile anche tale calcolo semplificato e, per quanto concerne la scelta di finestre campione da utilizzare per il calcolo, può essere utilizzata la tabella E1 della UNI EN 14351-1 con i relativi intervalli di applicazione diretta del calcolo stesso.



La norma UNI EN 14351-1 prevede che il calcolo effettuato su di un serramento aventi dimensioni:

$$1230 (\pm 25\%) \times 1480 (-25\%)$$

$$1480 (+25\%) \times 2180 (\pm 25\%)$$

Le analisi termiche effettuate con le misure sopra descritte, possono essere estese a tutti i serramenti di tutte le dimensioni, purché il vetro utilizzato abbia come valore di U_g uguale o inferiore a $1.9 \text{ w/m}^2\text{K}$, altrimenti la norma delle regole di estensione dei valori calcolati sull'infisso normalizzato ad infissi di diverse dimensioni.

Ovviamente i calcoli devono essere effettuati sulle stesse tipologie di infissi, e s'intende che una modifica del componente modifica la caratteristica in questione. In termini di prestazioni termiche è ovvio che andando a togliere o ad aggiungere elementi (per esempio passare da una finestra ad una anta, ad una a due e così via), determina una variazione dei valori finali della trasmittanza termica U_w .

L'appendice F della norma di prodotto UNI EN 14351-1 suggerisce le tipologie di serramento rappresentative e le relative estensioni, ma essendo la tabella puramente informativa, sta allo stesso produttore scegliere i campioni.

TIPO DI FINESTRE	ESTENSIONE POSSIBILE
Luci fisse	Finestra ad anta ribalta
Finestre ad una anta (apertura interna od esterna)	
Finestre anta ribalta	
Finestre a due o più ante (apertura interna od esterna)	Finestra a più ante
Finestra a una o due ante orizzontali scorrevoli	Finestra a due ante orizzontali scorrevoli
Finestra a una o due ante orizzontali scorrevoli e a ribalta	Finestra a due ante orizzontali scorrevoli e a ribalta
Finestra a una o due ante scorrevoli verticale	Finestra a due ante scorrevoli verticale
Bilico orizzontale o verticale	Bilico orizzontale o verticale
Finestra a "louvre"/gelosia con asse verticale/orizzontale	Finestra a "louvre"/gelosia con asse verticale/orizzontale
Finestra a soffietto	Finestra a soffietto

Per i requisiti di isolamento termico, isolamento acustico, comportamento tra due climi differenti, l'Appendice E della norma di prodotto UNI EN 14351-1, suggerisce le dimensioni dei campioni da sottoporre a prova in laboratorio, oppure sui quali eseguire valutazione semplificata della prestazione, e le diverse regole di estensione¹ dei risultati ottenuti.

Norme di riferimento per le prove in laboratorio	Tipologia prove	Dimensioni di riferimento infisso normalizzato	Regole di estensione
EN ISO 10077-1:2000 Prospetto F.1	Valori tabellari	Non specificate	Tutte le dimensioni
EN ISO 10077-1	calcolato	1,23 m ($\pm 25\%$) x 1,48 m(-25%)	$\leq 2,3 \text{ m}^2$
EN ISO 10077-2	Calcolato	1,48 m (+25%) x 2,18 m($\pm 25\%$)	$\geq 2,3 \text{ m}^2$
EN ISO 10077-1	Non distruttiva	1,23 m ($\pm 25\%$) x 1,48 m(-25%)	$\leq 2,3 \text{ m}^2$
EN ISO 10077-2	Non distruttiva	1,48 m (+25%) x 2,18 m($\pm 25\%$)	$\geq 2,3 \text{ m}^2$

Quindi riassumendo, nel caso di sostituzione di serramenti, al fine di produrre la certificazione del produttore che attesti i valori di trasmittanza termica U_g degli elementi, si può adottare la seguente modalità di calcolo.

Si eseguono le prove secondo la tipologia di infisso, riferendosi ai due campi di applicazione, e poi si utilizzano le pertinenti regole di estensione per gli altri infissi omogenei di diverse dimensioni; in particolare:

1. per infissi assimilabili alle dimensioni: 1,23 m ($\pm 25\%$) x 1,48 m(-25%), il risultato del calcolo può essere esteso ad infissi (omogenei) con una superficie complessiva uguale o inferiore a $2,3 \text{ m}^2$; per infissi appartenenti a questo campo di applicazione, con valori di trasmittanza termica uguali o inferiori a $1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$, il risultato del calcolo può essere esteso a tutte le finestre di dimensioni, sia inferiori che superiori, rispetto al serramento campione.

2. per infissi assimilabili alle dimensioni: 1,48 m (+25%) x 2,18 m($\pm 25\%$), il risultato del calcolo può essere esteso ad infissi (omogenei) con una superficie complessiva uguale o maggiore a $2,3 \text{ m}^2$

¹ Le regole di estensione dei risultati sono valide nell'ipotesi che il serramento campione e i serramenti di produzione soddisfino il concetto di *similar design*.

Porte e porte-finestre

Si può adottare il prospetto E2 dell'Allegato E della UNI 14351-1, che indica che per la determinazione del valore di U_p , è possibile procedere secondo le seguenti opzioni:

- Valutazione prestazione sia con metodo semplificato ai sensi della norma UNI EN ISO 10077-1 oppure con calcolo agli elementi finiti ai sensi della norma UNI EN ISO 10077-2 oppure con prova in laboratorio secondo la metodologia descritta dalla norma UNI EN 12567-1
- Valutazione su campione di dimensioni 1,23 ($\pm 25\%$) m x 2,18 ($\pm 25\%$) m per tutte le porte-finestre e le porte esterne pedonali aventi superfici di area uguale o inferiore a 3,6 m²
- Valutazione su campione di dimensioni 2,00 ($\pm 25\%$) m x 2,18 ($\pm 25\%$) m per tutte le portefinestre e le porte esterne pedonali aventi superfici di area superiore a 3,6 m²