

IL CONTROLLO SOLARE DELLE SUPERFICI TRASPARENTI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

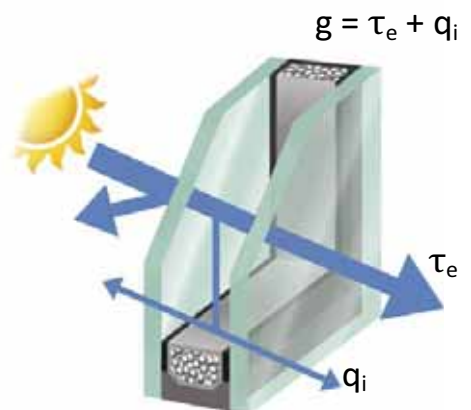
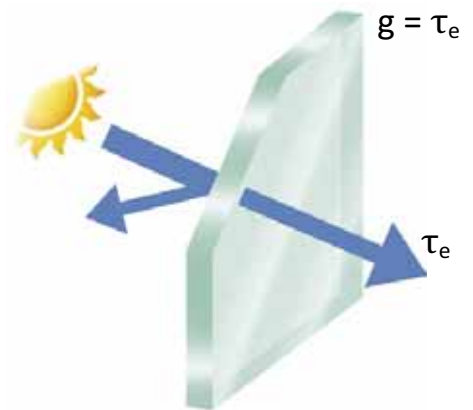
1. Introduzione

Il fattore solare g di una superficie vetrata indica la percentuale di energia termica τ_e che la attraversa, rispetto al totale dell'energia incidente sulla superficie stessa.

Nel caso di una vetrata isolante, il fattore solare si arricchisce di un ulteriore contributo: è, infatti, rappresentato, oltre che dall'energia che la attraversa in modo diretto τ_e , anche dal flusso di calore secondario q_i trattenuto dal vetrocamera e trasmesso verso l'interno.

Il fattore solare è un parametro determinante nella progettazione di un edificio, soprattutto quando gli ambienti presentano ampie superfici trasparenti, poiché è in grado di quantificare il calore che entra negli ambienti interni, ricoprendo un'importanza assai rilevante nella determinazione del bilancio energetico complessivo dell'edificio.

Nei mesi invernali, infatti, gli apporti solari gratuiti contribuiscono a ridurre il fabbisogno energetico per il riscaldamento, ma, comportando un aumento della temperatura interna, possono essere problematici nella stagione estiva se non correttamente considerati durante la fase progettuale o durante la scelta del prodotto vetrario, in modo particolare per i paesi mediterranei.



2. Le disposizioni in materia fornite dal D.M. "Requisiti Minimi" e dalla UNI/TS 11300-1

La crescente attenzione all'isolamento dell'edificio, non solo riguardo al riscaldamento durante la stagione invernale, ma anche alla climatizzazione nei mesi estivi, ha portato più recentemente la normazione italiana ed europea a richiedere maggiori contributi a tutti i componenti della facciata,

anche per le esigenze di raffrescamento estivo o, quantomeno, di contenimento della temperatura interna degli ambienti.

Già il D.P.R. 2 aprile 2009, n.59 imponeva limiti prestazionali al fattore solare g del vetro, prescrivendo l'utilizzo di vetrate con $g \leq 50 \%$, qualora fosse dimostrata la non convenienza tecnica e/o economica di sistemi schermanti esterni. Tale dettame, mirato al miglioramento del comfort interno e alla riduzione del fabbisogno energetico estivo, ha rappresentato un pratico riferimento, perché il parametro g riguardava le sole superfici vetrate e perché largamente utilizzato in tutte le norme armonizzate dei prodotti vetrari, permettendo così un immediato riscontro.



Più recentemente il Decreto “Requisiti Minimi” del 2015 ha introdotto il fattore di trasmissione globale di energia solare g_{gl+sh} , in cui g è il fattore solare ed i pedici gl e sh indicano rispettivamente i contributi forniti dal vetro e quelli dalle schermature. g_{gl+sh} tiene conto quindi non solo del ruolo del vetro (*glass*), ma anche di eventuali schermature mobili (*shading*), purché, come precisato dalla specifica tecnica UNI/TS 11300-1 al Par. 14.3.3,

siano applicate *in modo solidale con l'involucro edilizio e non liberamente montabili e smontabili dall'utente*.

Il parametro g_{gl+sh} , non è previsto nelle altre disposizioni normative italiane, né nelle direttive europee, né nelle norme di prodotto armonizzate del vetro e degli elementi serramentistici. Esso interessa, più in particolare, le sole chiusure trasparenti delimitanti un ambiente climatizzato verso l'esterno *con orientamento da Est a Ovest, passando per Sud*, e va determinato considerando il soleggiamento del mese di luglio e con l'utilizzo di eventuali schermature solari mobili.

2.1 Applicazioni

2.1.1 Ristrutturazioni importanti di secondo livello e Riqualficazioni energetiche

Per alcune tipologie di interventi, il Decreto “Requisiti Minimi” fissa il valore massimo del fattore di **trasmissione di energia solare totale g_{gl+sh}** della componente finestrata, il quale deve risultare

$g_{gl+sh} \leq 0.35$ per tutte le zone climatiche e qualunque sia la destinazione d'uso dell'edificio in cui la stessa sia inserita.

In particolare, il limite $g_{gl+sh} \leq 0.35$ riguarda soltanto gli edifici sottoposti alle seguenti tipologie di interventi:

- a) edifici soggetti a ristrutturazioni importanti di secondo livello, cioè interventi sull'involucro edilizio con un'incidenza superiore al 25% della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio, comprensivo di tutte le unità immobiliari che lo costituiscono;
- b) edifici oggetto di riqualificazione energetica, ossia altre tipologie di interventi non ricadenti nella fattispecie della precedente lettera a), quali, a titolo indicativo e non esaustivo, la manutenzione ordinaria o straordinaria, la ristrutturazione e il risanamento conservativo.

Sono esclusi gli edifici adibiti ad attività industriali e artigianali (categoria E.8).

2.1.2 Edifici di nuova costruzione, Ampliamenti volumetrici e Ristrutturazioni importanti di primo livello

Per gli interventi di nuova costruzione, gli ampliamenti volumetrici o le ristrutturazioni importanti di primo livello, cui sono richieste verifiche sulla prestazione globale dell'edificio e sulle efficienze degli impianti in esso installati, il parametro di riferimento, rispetto al quale si richiede di effettuare la verifica, non è g_{gl+sh} , bensì il rapporto tra l'area solare equivalente estiva e l'area della superficie utile ($A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$).

Nel dettaglio, l'area solare equivalente estiva $A_{sol,est}$ tiene conto non solo del vetro e delle schermature, ma anche dell'ombreggiatura offerta da corpi, ostruzioni esterne ed aggetti, orizzontali e verticali, nonché della latitudine in cui è inserito l'edificio in esame e del suo orientamento. Essa si calcola come sommatoria delle aree equivalenti di ogni componente vetrato k , secondo la relazione:

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

dove:

$\sum_k F_{sh,ob}$ 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 il fattore di trasmissione di energia solare totale, attraverso il quale si considera l'esposizione della finestra in esame;

- F_F è la componente che tiene in considerazione l'area del telaio del serramento e, nello specifico, rappresenta il 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 finestrato (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, nella località e sull'esposizione considerata, e l'irradianza media annuale di Roma, sul piano orizzontale.

I valori massimi imposti dal Decreto "Requisiti Minimi" al rapporto ($A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$) sono riportati nella seguente Tabella.

Categoria dell'edificio	Tutte le zone climatiche
Categoria E.1 fatta eccezione per collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1(3)	≤ 0.030
Tutti gli altri edifici	≤ 0.040

Si ricorda inoltre che il fattore di trasmissione globale di energia solare g_{gl+sh} è tra i parametri che caratterizzano l'**edificio di riferimento**⁽¹⁾ ed influisce sulle verifiche relative agli indici di prestazione energetica globale dell'edificio.

2.2. Il calcolo del fattore di trasmissione globale di energia solare g_{gl+sh}

Sul piano pratico, per il calcolo di g_{gl+sh} è necessario dapprima determinare il fattore solare relativo al solo vetro g_{gl} ; per ottenere tale parametro è necessario conoscere il fattore solare g misurato con incidenza normale (normato dalla UNI EN 410 e rinominato $g_{gl,n}$ dalla UNI/TS 11300-1), nonché il fattore di esposizione F_w , di cui la suddetta UNI/TS fornisce i valori, in funzione del mese⁽²⁾, dell'esposizione e del tipo di vetrata (vetro singolo, vetrata isolante doppia o tripla).

Calcolato quindi il fattore solare del solo vetro g_{gl} , si procede a stimare la trasmittanza solare complessiva g_{gl+sh} dovuta anche agli elementi schermanti.

⁽¹⁾ Edificio identico in termini di geometria, orientamento, ubicazione, destinazione d'uso e situazione al contorno, nel quale gli elementi costruttivi e gli impianti abbiano le caratteristiche termiche e i parametri energetici indicati nelle Tabelle dell'Appendice A del Decreto "Requisiti Minimi". In relazione al fattore solare, indipendentemente dalla zona climatica, l'edificio di riferimento ha $g_{gl+sh}=0.35$ per tutte le finestre verso l'esterno con orientamento da Est a Ovest, passando per il Sud.

⁽²⁾ Il Decreto "Requisiti Minimi" indica di utilizzare, ai fini del calcolo, i valori del mese di luglio.

Il fattore di riduzione dovuto agli elementi schermanti (g_{gl+sh} / g_{gl}) è generalmente fornito dal produttore. In assenza di tale indicazione, tale fattore è ricavabile dal prospetto B.6 dell'Appendice B della UNI/TS 11300-1, in relazione al tipo di tenda utilizzata e al suo posizionamento rispetto al vetro.

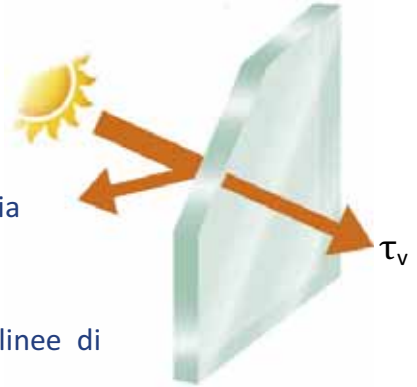
Preme, però, rilevare che, all'interno della UNI/TS 11300-1 non è definita, né risulta chiarita in modo univoco, la distinzione tra elementi schermanti ed elementi oscuranti, e l'elenco di schermature fornito sembrerebbe non in linea con le indicazioni delle Direttive comunitarie, che richiedono un approccio basato solo sulle prestazioni fornite e non sulle soluzioni proposte dal mercato in relazione ai singoli prodotti. Tale incongruenza potrebbe essere superata prendendo a riferimento la definizione di **schermature solari esterne** riportata nell'Allegato A del D. Lgs. 192/2005, che permette di rappresentare meglio la gamma di soluzioni disponibili: *“sistemi che, applicati all'esterno di una superficie vetrata trasparente permettono una modulazione variabile e controllata dei parametri energetici e ottico luminosi in risposta alle sollecitazioni solari”*.

Ferma restando la completezza della norma introdotta dal Decreto “Requisiti Minimi”, si ritiene che vi siano, pur tuttavia, altri punti che richiedono una maggiore definizione:

- nel calcolo del fattore solare g_{gl+sh} per gli edifici soggetti a ristrutturazioni importanti di secondo livello o a riqualificazione energetica non si tiene conto della parte opaca rappresentata dal telaio del serramento, che limita la superficie di trasmissione e, quindi, la quantità di energia trasmessa. Data la varietà dei telai e delle superfici opache conseguenti, il parametro è tutt'altro che ininfluenza ed è infatti debitamente ed opportunamente considerato per gli interventi di nuova costruzione, gli ampliamenti volumetrici o le ristrutturazioni importanti di primo livello.
- il Decreto “Requisiti Minimi” impone di verificare il valore del parametro g_{gl+sh} , diversamente da quanto richiesto dalle norme armonizzate relative ai vari prodotti da costruzione, le quali fanno riferimento al fattore g_{tot} , senza che i due parametri vengano posti in relazione.

3. Il ruolo degli elementi vetrari

L'industria vetraria, al fine di garantire al mercato prodotti sempre più performanti da destinare all'involucro edilizio, ha sviluppato e incrementato tecnologie in grado di migliorarne sensibilmente le prestazioni energetiche, in termini di trasmissione termica U_g , di fattore solare g e di fattore di trasmissione luminosa τ_v (la quantità di energia trasmessa attraverso la vetrata, spesso indicato come TL).



Grazie a speciali depositi sulle lastre di vetro, realizzati sulle linee di produzione o con processi magnetronici fuori linea, questi tre parametri possono essere modificati al fine di rendere il prodotto vetrario idoneo alla specifica applicazione. È, per esempio, possibile massimizzare la trasmissione luminosa τ_v qualora si voglia aumentare la luminosità interna, oppure variare il fattore solare g per migliorare il comportamento globale del manufatto. Tuttavia, poiché tali parametri non sono totalmente indipendenti, può avvenire che un vetro a basso fattore solare g abbia una trasmissione luminosa τ_v minore rispetto ad un normale vetro float, effetto che può essere ridotto con l'adozione di opportuni coating.

Sul mercato esistono, infatti, tipologie di vetri selettivi, che abbinano un ridotto fattore solare ad una buona trasmissione luminosa e si rivelano pertanto particolarmente adatti per le nostre latitudini, garantendo un ottimo comportamento durante tutte le stagioni.

Non esiste alcuna specifica definizione in ambito normativo, però, in gergo commerciale, al fine di permettere una valutazione semplificata delle prestazioni dei prodotti, comunemente si utilizza l'**indice di selettività** per descrivere il rapporto tra la trasmissione luminosa ed il fattore solare (TL/g). Quanto più tale indice è elevato, tanto maggiore sarà la selettività del vetro.

È particolarmente importante sapere che, utilizzando vetri selettivi, i quali, come detto, abbinano efficacemente un basso fattore solare a buone caratteristiche di trasmissione luminosa, è possibile soddisfare le prescrizioni del Decreto "Requisiti Minimi", senza ricorrere all'utilizzo di schermature mobili oppure ad elementi oscuranti.

Attraverso il valore del fattore solare del vetro, fornito dal vetraio in sede di Dichiarazione di Prestazione (DoP), e conoscendo le caratteristiche prestazionali delle eventuali schermature mobili, è possibile calcolare il fattore solare totale della chiusura trasparente g_{gl+sh} .



Per quel che riguarda il comportamento energetico di una vetrata isolante, che costituisce oramai il prodotto vetrario standard, la tipologia di rivestimento superficiale applicato sulle lastre riveste un ruolo determinante per la definizione della prestazione.

Il deposito, finalizzato a controllare gli scambi per irraggiamento attraverso il vetro, è in grado di filtrare in modo selettivo le radiazioni elettromagnetiche e di abbattere l'emissività, finanche a valori inferiori all'1%, pur

consentendo di mantenere buoni valori di trasmissione luminosa.

Le principali tecnologie di applicazione del coating sono:

- il processo pirolitico, che permette di ottenere un deposito di elevata resistenza meccanica;
- il processo magnetronico, che è più versatile, poiché consente di applicare numerosi strati sovrapposti, conferendo caratteristiche più varie e complesse al prodotto, a seconda delle esigenze e delle prestazioni richieste.

4. Le tipologie di vetro disponibili per un efficace controllo solare

Osservando il comportamento energetico di alcuni prodotti vetrari, emerge con evidenza che la forte innovazione tecnologica ha permesso di migliorare le prestazioni della vetrata, in termini di controllo solare, come visibile dalla Tabella sottostante, in cui si riportano, a puro titolo informativo, i valori ottenuti utilizzando alcune tipologie di prodotti disponibili sul mercato.

Com'è possibile rilevare, i prodotti vetrari ad alte prestazioni offrono caratteristiche in termini di indice di selettività (TL/g) quasi doppie rispetto a quelle di una vetrata isolante tradizionale. L'adozione di tali vetri consente di rispettare i dettami ministeriali relativi al controllo solare senza la necessità di impiegare sistemi solari mobili.

Composizione vetrata isolante intercapedine: 16mm Argon		Caratteristiche energetiche		Trasmittanza termica	Caratteristiche ottiche		Indice di Selettività
		Fattore solare	Assorbimento energetico		Trasmissione luminosa	Riflessione luminosa	
vetrata isolante		g (%)	α_e (%)	U_g (W/m ² K)	τ_v (%)	ρ_v (%)	TL /g (/)
lastra esterna*	lastra interna*	EN 410	EN 410	EN 673	EN 410	EN 410	/
senza coating	senza coating	78	8	2.6	82	13	1.05
senza coating	bassoemissivo	62	19	1.1	79	13	1.27
Selettivo 70/40	senza coating	43	27	1.1	72	10	1.67
selettivo 70/40	bassoemissivo pirolitico (faccia 4)	36	27	0.9	65	18	1.80
selettivo 70/35	senza coating	38	25	1.0	71	16	1.87
selettivo 60/28	senza coating	28	30	1.0	61	14	2.17
selettivo 40/22	senza coating	23	49	1.1	40	20	1.74

* Nota: Per i criteri minimi di sicurezza delle lastre, occorre fare riferimento alla norma UNI 7697

Esempio di calcolo: si sceglie di utilizzare, tra le diverse composizioni proposte dalla tabella, la soluzione di vetrata isolante che presenta un coating selettivo tipo 70/35, per la quale si ottiene il seguente comportamento energetico:

- trasmittanza termica $U_g = 1.0$ W/m²K
- fattore solare $g = 0.38$

Volendo esaminare il caso più critico, si assumono le seguenti considerazioni:

- assenza di schermature mobili di ausilio, ossia (g_{gl+sh} / g_{gl}) = 1
- finestra orientata con l'esposizione più gravosa, indifferentemente Est o Ovest, avente per il mese di luglio $F_w = 0.915$

si ottiene $g_{gl+sh} = 0.348$, che rispetta la relazione $g_{gl+sh} \leq 0.35$ imposta dal Decreto "Requisiti Minimi", senza che vi sia la necessità di installare elementi di schermo solare.

