

## **Progettare con il vetro. L'involucro trasparente è efficiente per il comfort termico e visivo.**



Estratto dal libro:  
**Involucro trasparente ed efficienza energetica**  
*Tecnologie, prestazioni e controllo ambientale*

Dario Flaccovio Editore

La sempre maggiore attenzione delle politiche energetiche, Comunitarie e nazionali, verso i temi del risparmio e dell'efficienza energetica degli edifici hanno portato a un'evoluzione nel modo di progettare, imponendo a tutti gli operatori del settore di acquisire una conoscenza approfondita sui nuovi materiali da costruzione e sui relativi livelli prestazionali, oltreché sui metodi di calcolo e di valutazione necessari per determinare l'impatto che l'applicazione di tali prodotti ha sull'involucro edilizio.

Il tema è di grande rilievo nell'architettura moderna, caratterizzata da un utilizzo sempre maggiore di superfici vetrate. L'involucro trasparente ha un ruolo fondamentale nel definire la qualità architettonica di un manufatto ma, le caratteristiche intrinseche dei materiali utilizzati, non sempre si traducono nei migliori risultati in termini di efficienza energetica e sostenibilità dell'edificio.

Oggi il mercato delle costruzioni mette a disposizione componenti e sistemi in grado di soddisfare le diverse esigenze di una committenza sempre più attenta ed informata su tali temi. La continua ricerca verso il miglioramento delle prestazioni dei componenti edilizi e dei sistemi trasparenti in particolare, ha infatti notevolmente migliorato le performance dei sistemi convenzionali in termini di: isolamento termico, controllo della radiazione solare, ottimizzazione dello sfruttamento della luce naturale. Nuove soluzioni applicate ai telai dei serramenti, alle schermature solari e, soprattutto, alla tecnologia del vetro piano modificano in modo determinante le caratteristiche ottiche e termiche dei sistemi tradizionali. Il miglioramento delle proprietà termofisiche dei prodotti disponibili per il moderno involucro trasparente consentono di incrementare i livelli di comfort indoor e di ridurre i consumi energetici relativi all'uso degli impianti di climatizzazione, sia durante la stagione invernale che estiva, e di illuminazione artificiale.

In questo scenario così articolato e complesso diventa quindi fondamentale la capacità del professionista di controllare tutte le variabili che concorrono alla definizione di un edificio ad elevate prestazioni prevedendo, con un elevato grado di attendibilità, il comportamento dell'intero involucro edilizio in funzione dei componenti trasparenti scelti; solo in questo modo infatti sarà possibile individuare quali tra essi sia il più idoneo al raggiungimento degli obiettivi progettuali prefissati.

A titolo esemplificativo ma non esaustivo, verrà di seguito presentato uno studio, relativo all'impatto che alcune tipologie di superfici trasparenti hanno sulle prestazioni energetiche degli edifici appartenenti al settore residenziale. I risultati dello studio sono stati ottenuti attraverso l'uso di codici di simulazione dinamica e possono quindi essere ritenuti attendibili; attraverso l'uso di questi strumenti infatti è stato possibile considerare i fenomeni transitori e di tipo capacitivo che sono tipici degli edifici, ma che molti software commerciali non tengono in conto. Il lettore avrà così la possibilità di confrontare come le diverse caratteristiche termofisiche dei sistemi trasparenti adottati influenzino le prestazioni dell'intero edificio.

Prima di iniziare occorre innanzitutto fare due considerazioni: la prima sul clima che investe la penisola italiana, la seconda sulle tipologie di impianto che hanno una diffusione maggiore negli edifici residenziali, poiché lo studio è stato condotto anche in base a questi due aspetti. L'Italia è suddivisa in sei differenti zone climatiche, ciò comporta che le strategie energetiche e le scelte progettuali necessarie a raggiungere le condizioni di comfort termo-igrometrico negli ambienti confinati non debbano necessariamente sempre coincidere, al contrario invece potrebbe configurarsi in alcuni casi la necessità di proteggersi prevalentemente dall'irraggiamento solare, come avviene nelle zone climatiche più calde, in altri di isolarsi maggiormente, come avviene nelle zone climatiche più fredde. Sicuramente comunque, sussistendo nel nostro Paese un clima di tipo mediterraneo, queste due esigenze coesisteranno quasi sempre raggiungendo alternativamente livelli di importanza differenti.

La scelta delle città di riferimento su cui eseguire le simulazioni ha rappresentato un punto fondamentale dello studio soprattutto in considerazione del fatto che l'influenza delle caratteristiche prestazionali della finestra sui fabbisogni energetici degli edifici non è indipendente dalle condizioni climatiche esterne.

Dopo le prime fasi di screening dove sono state valutate le risposte energetiche di numerosi componenti trasparenti montati su edifici ubicati in diverse città appartenenti a diverse zone climatiche, è risultato che le tipologie di prodotto che garantivano la migliore risposta nelle zone climatiche A, B e C erano sempre le stesse; il medesimo trend è stato riscontrato nelle zone climatiche E ed F anche se con differenti campioni.

In considerazione di quanto emerso è stato possibile ridurre il numero delle simulazioni considerando solo tre città: Taranto (zona climatica C) rappresentativa delle zone climatiche A, B e C, Terni (zona climatica D) e Torino (zona climatica E) rappresentativa delle zone climatiche E ed F. In questo modo lo studio risulta più contenuto ma comunque completo e fornisce le indicazioni progettuali per tutte le condizioni climatiche presenti in Italia.

L'altro aspetto che ha influito sulle scelte del calcolo e dell'analisi comparativa è stato quello di considerare che in tutti gli edifici appartenenti al settore residenziale è presente un impianto di riscaldamento, mentre gli impianti di raffrescamento, nonostante il loro utilizzo sia in rapida crescita, non hanno ancora raggiunto i livelli di diffusione dei primi.

Sono state considerate tre tipologie edilizie differenti per tener conto dei relativi fattori di forma ( $S/V$ ), ognuna delle quali presenta, per i componenti opachi, i livelli di isolamento termico previsti dalla normativa vigente secondo la zona climatica di riferimento.

Per caratterizzare il comportamento energetico di un serramento è sufficiente conoscere tre grandezze: il fattore solare ( $g$ ), la trasmittanza termica complessiva ( $U_w$ ) e la permeabilità all'aria ( $Q$ ).

I serramenti studiati sono stati diversificati secondo le rispettive caratteristiche della parte trasparente (vetrata isolante) e della parte opaca (telaio).

Nella tabella 1 sono state riportate le caratteristiche termofisiche delle vetrate isolanti studiate mentre per i telai sono stati considerati tre valori di trasmittanza termica  $U_f$ , che caratterizzano elementi le cui prestazioni variano da livelli mediocri a livelli ottimali.

Tab. 1 Caratteristiche termofisiche dei serramenti

	<b>Tipologia della vetrata</b>	<b><math>U_w</math> (W/m<sup>2</sup> K)</b>	<b><math>U_g</math> (W/m<sup>2</sup> K)</b>	<b><math>U_f</math> (W/m<sup>2</sup> K)</b>	<b>g (%)</b>
S0	Vetrocamera 4/12/4	3.59	2.84	5.5	64
S1	Vetrocamera 4/16/4	2.69	2.73	2.2	60
S2	Low-e argon 4/16/4	1.66	1.21	2.2	48
S3	Filtro Solare 4/12/4	1.92	1.61	2.2	30
S4	Controllo solare 4/12/4	3.59	2.84	5.5	28
S5	Vetrata tripla 4/16/4/16/4	1.0	0.60	1.1	39

Le condizioni operative di riferimento sono riportate nella tabella 2.

Tab. 2

<b>Parametri</b>	<b>condizioni operative</b>
Temperatura int. invernale	20 °C
Temperatura int. estiva	26 °C
Periodo di riscaldamento	Tutto l'anno
Orario di riscaldamento/raffrescamento	24 ore al giorno
Potenza impianto Riscaldamento	Illimitata
Potenza impianto Raffrescamento	Illimitata
Potenza impianto deumidificazione estiva	Illimitata
Infiltrazioni	In funzione della permeabilità dei serramenti e della velocità del vento
Controllo solare manuale	Non presente
Apporti interni	Secondo norma UNI TS 11300-1

Nelle figure da 1a 3 sono stati riportati i fabbisogni energetici per il riscaldamento in funzione delle diverse tipologie di serramento adottato, per le città di Taranto, Terni e Torino.

Nei grafici si è fatto riferimento alla stessa classe di permeabilità all'aria dei serramenti (buona tenuta, Q2) in modo da rendere confrontabili le prestazioni dovute alle caratteristiche delle sole superfici trasparenti.

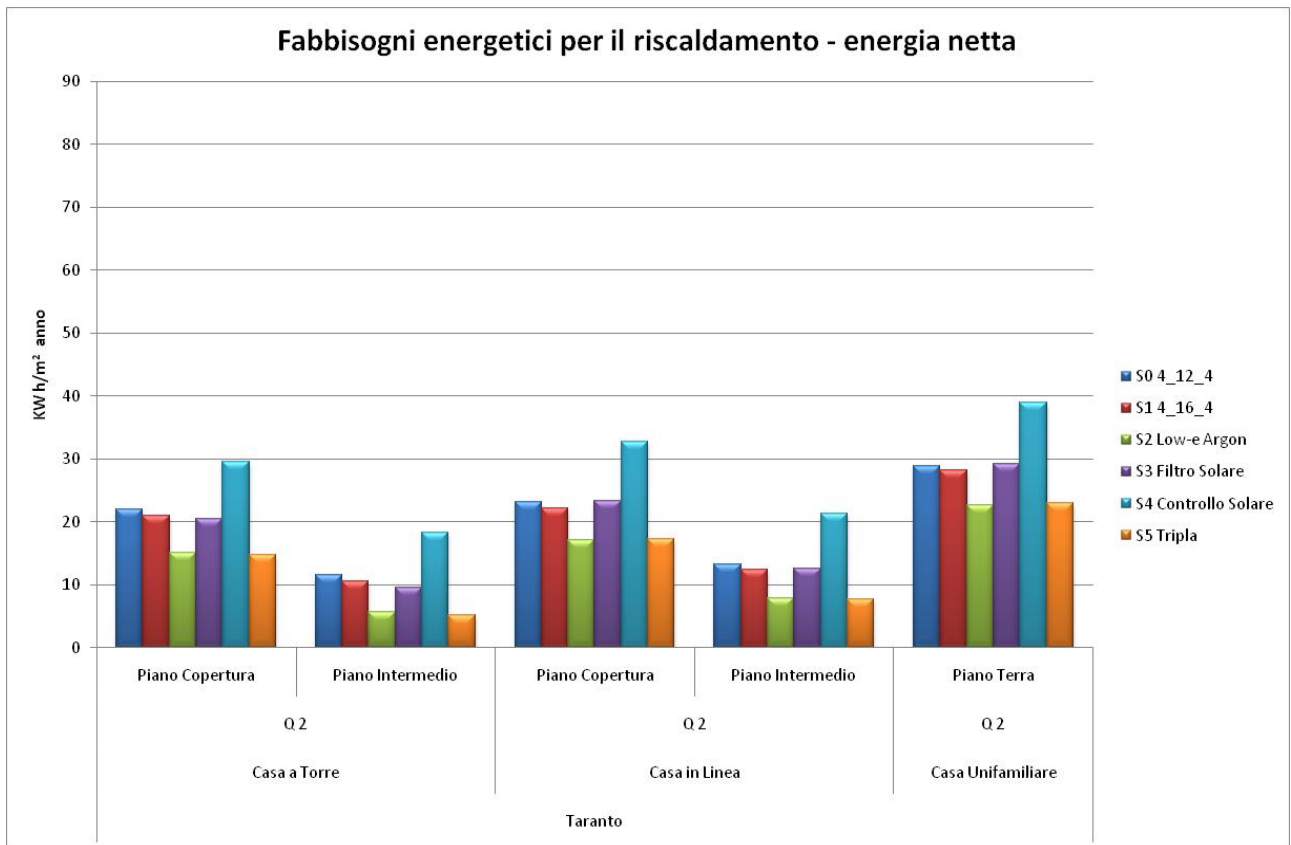


Fig. 1

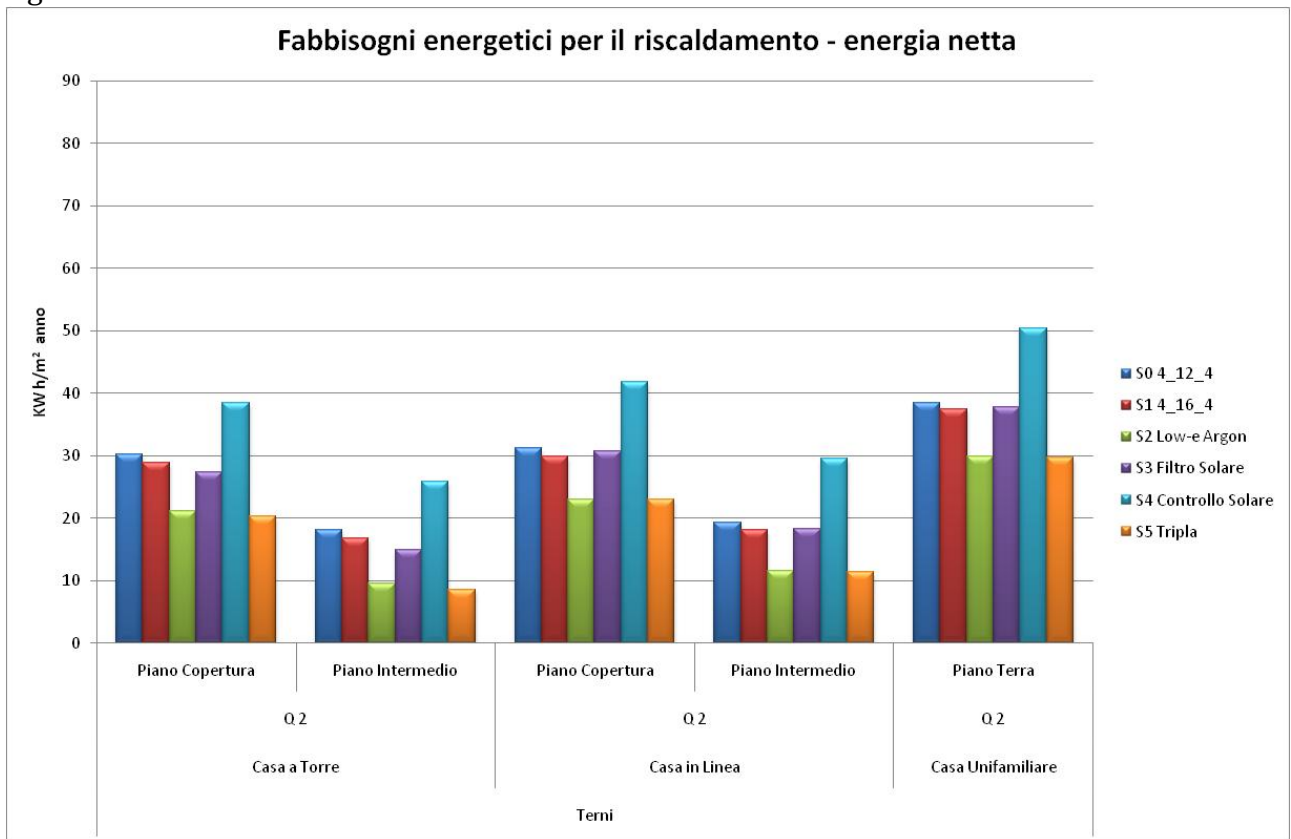


Fig. 2

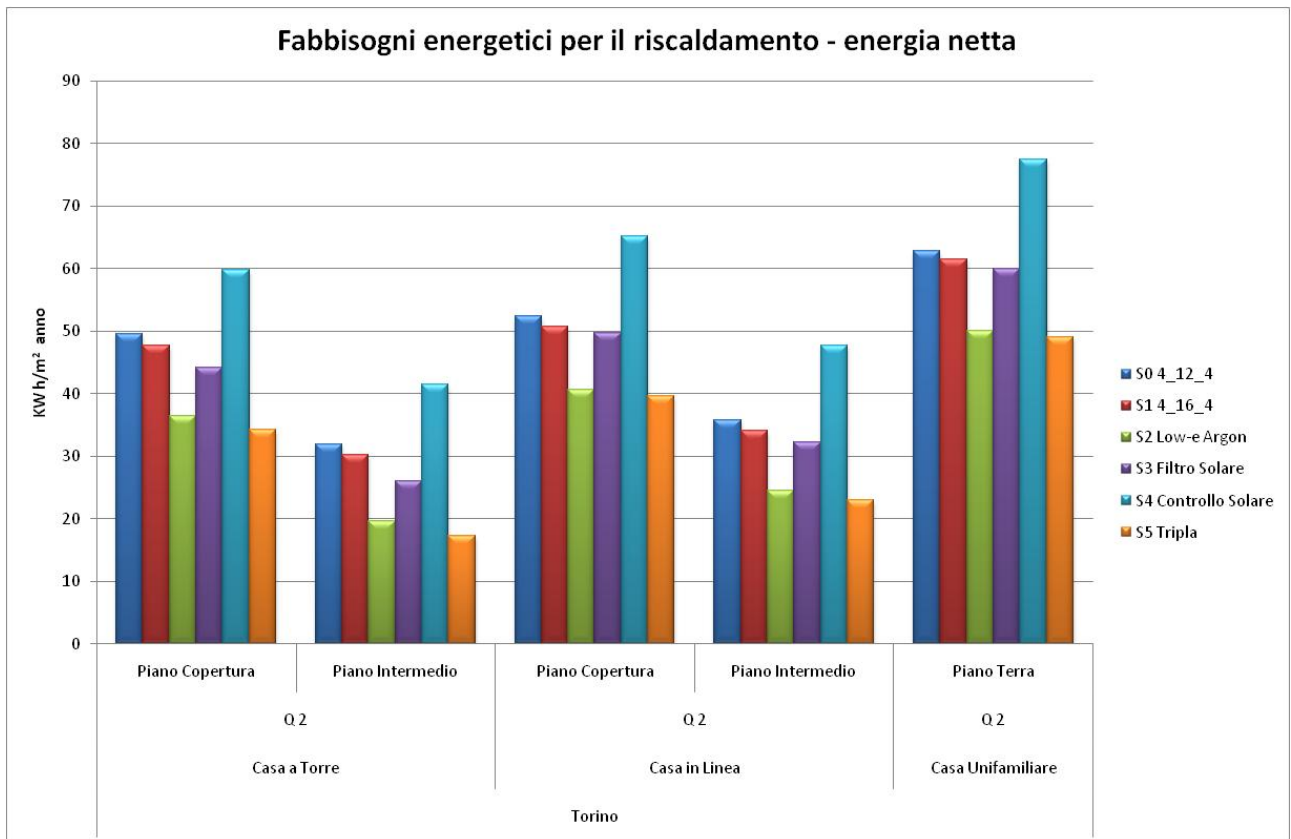


Fig. 3

Il primo aspetto che emerge è il seguente: nei casi in cui viene utilizzato il vetro a controllo solare (S4) il fabbisogno di energia degli edifici raggiunge i valori più alti. Tale condizione, presente in tutti i grafici, è dovuta sia ai valori di trasmittanza termica elevati, che non consentono di limitare le dispersioni di calore verso l'esterno, sia al basso valore del fattore solare, che limita gli apporti solari gratuiti.

Gli altri componenti trasparenti studiati possono essere invece suddivisi, per comodità di lettura, in due gruppi principali poiché mostrano risposte vicine tra loro.

I gruppi possono essere così composti:

- il primo, a cui appartengono i serramenti S2 e S5;
- il secondo, a cui appartengono i serramenti S0, S1 e S3.

Con i serramenti appartenenti al primo gruppo si raggiungono in assoluto le prestazioni migliori, i fabbisogni energetici infatti si riducono in media del 26% rispetto ai valori raggiunti con il secondo gruppo.

Le risposte migliori, nel periodo invernale, sono state raggiunte da quelle tipologie di serramenti caratterizzate dalla combinazione dei valori di trasmittanza ( $U_w$ ) più bassi e del fattore solare (g) più alti.

Tale aspetto si è evidenziato anche dal comportamento energetico restituito dal serramento S3 (filtro solare) che pur essendo caratterizzato da valori di trasmittanza confrontabili con quello dei serramenti appartenenti al primo gruppo è stato penalizzato dal valore piuttosto contenuto del fattore solare.

Altro dato che emerge dai grafici è il peso differente del fattore solare (g) e della trasmittanza termica ( $U_w$ ) sulle prestazioni energetiche dell'intero involucro.

In particolare l'analisi dei risparmi ottenuti tramite i serramenti S0 e S3 porta a conclusioni interessanti utili a quantificare in che misura questi due parametri influenzino la domanda di energia netta; rispetto a S4 infatti il primo serramento (S0) presenta lo stesso valore di  $U_w$  e un valore circa doppio di  $g$ , il secondo serramento invece (S3) presenta invece lo stesso valore di  $g$  e un valore dimezzato di  $U_w$ ; quindi, rispetto ad S4: con S0 si mantengono inalterate le dispersioni di calore verso l'esterno e si raddoppiano gli apporti solari, con S3 si mantengono inalterati gli apporti solari e si dimezzano le dispersioni di calore verso l'esterno. Dai dati riportati nelle figure 1-3 risulta che il serramento S3 restituisce, in generale, i risparmi più alti, di conseguenza è possibile asserire che la trasmittanza termica del serramento è, tra i due parametri, quello che influenza maggiormente la prestazione complessiva dell'involucro quantomeno nel periodo invernale; tale condizione tende ad invertirsi negli edifici ubicati nelle zone climatiche più calde, in particolare negli edifici isolati e nei piani sottotetto delle case in linea. Come regola generale quindi è possibile asserire che negli edifici dotati del solo impianto di riscaldamento è sempre auspicabile l'utilizzo di serramenti con bassi valori di trasmittanza, mentre valori del fattore solare maggiori garantiscono i migliori risultati nei climi più caldi caratterizzati da un elevato irraggiamento solare.

Nelle figure 4-6 sono stati riportati, per ogni città considerata, i fabbisogni energetici totali per la climatizzazione evidenziando attraverso i grafici in pila l'incidenza del fabbisogno energetico sia per il riscaldamento che per il raffrescamento.

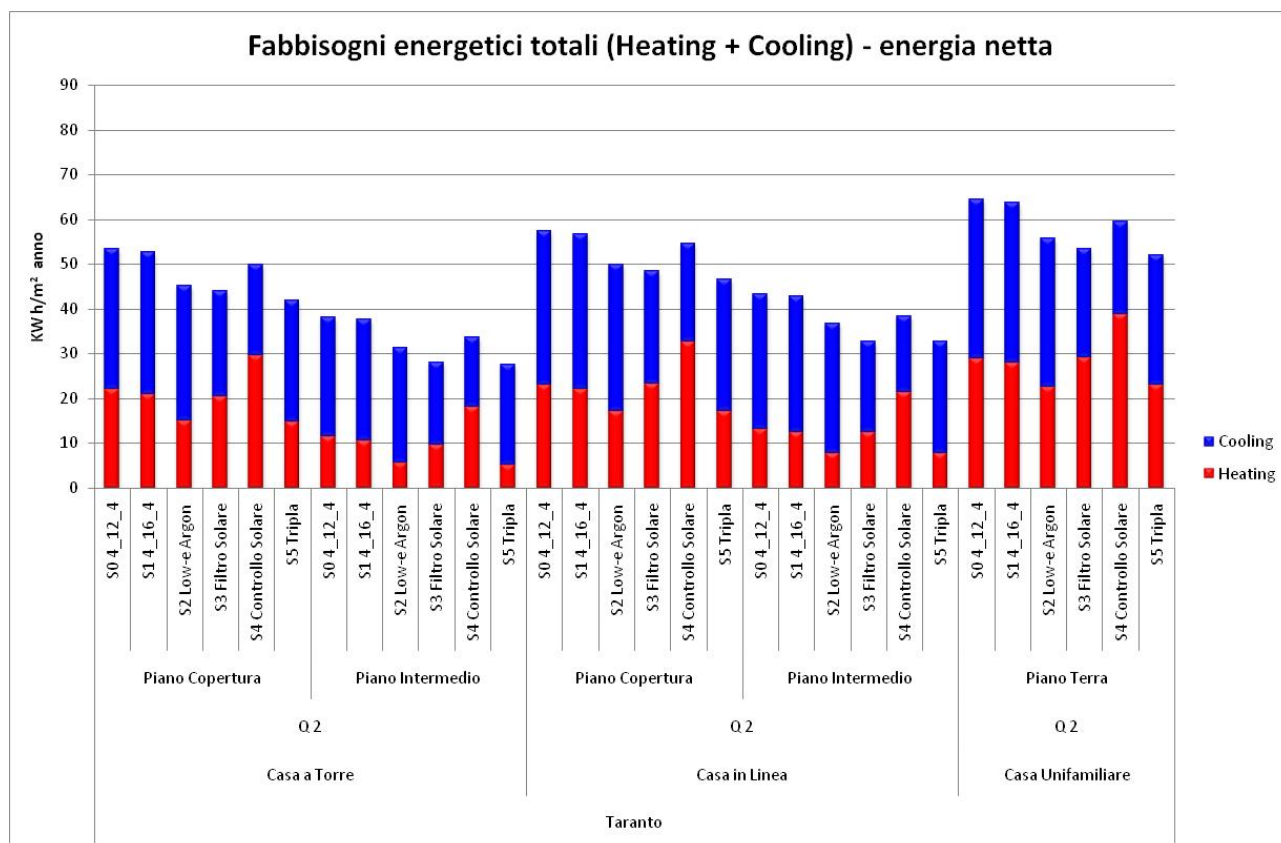


Fig. 4

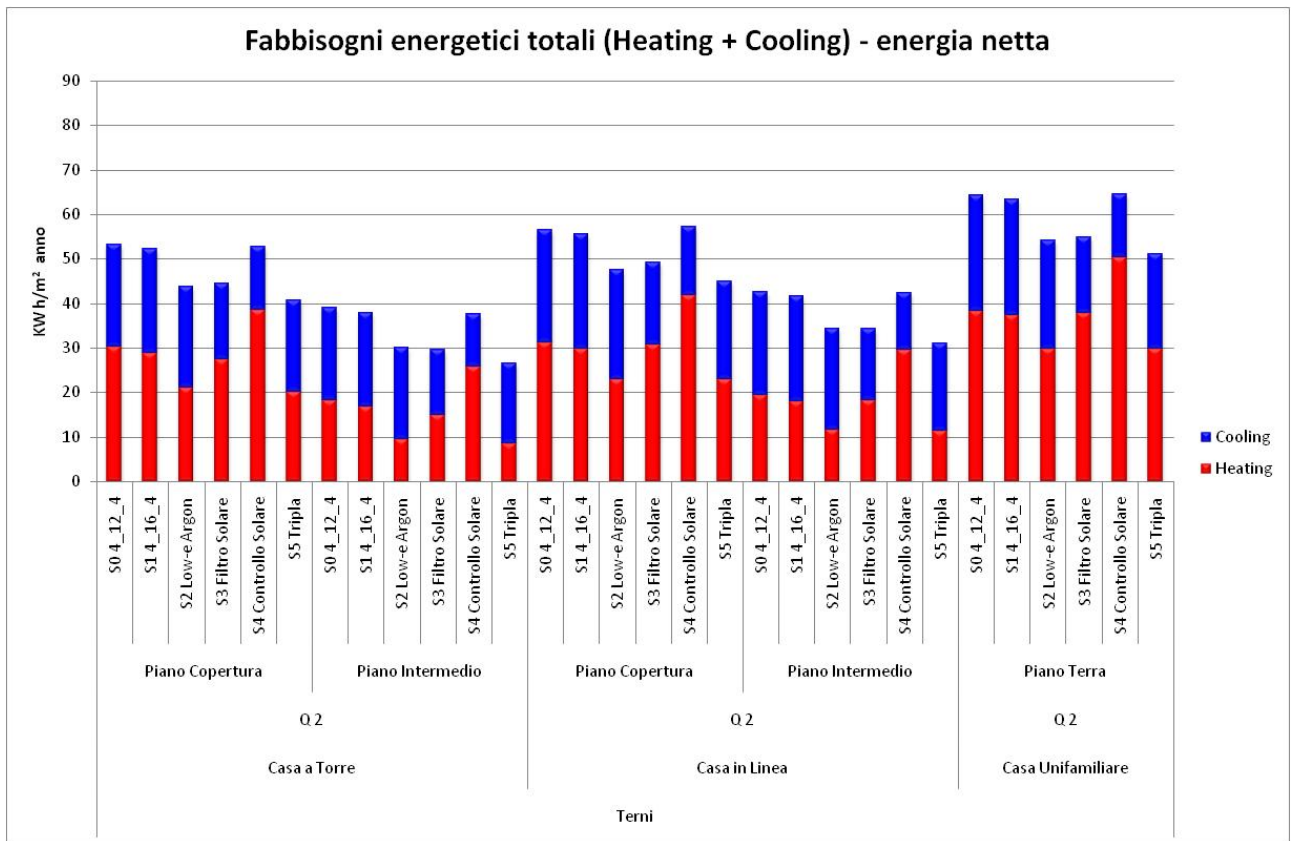


Fig. 5

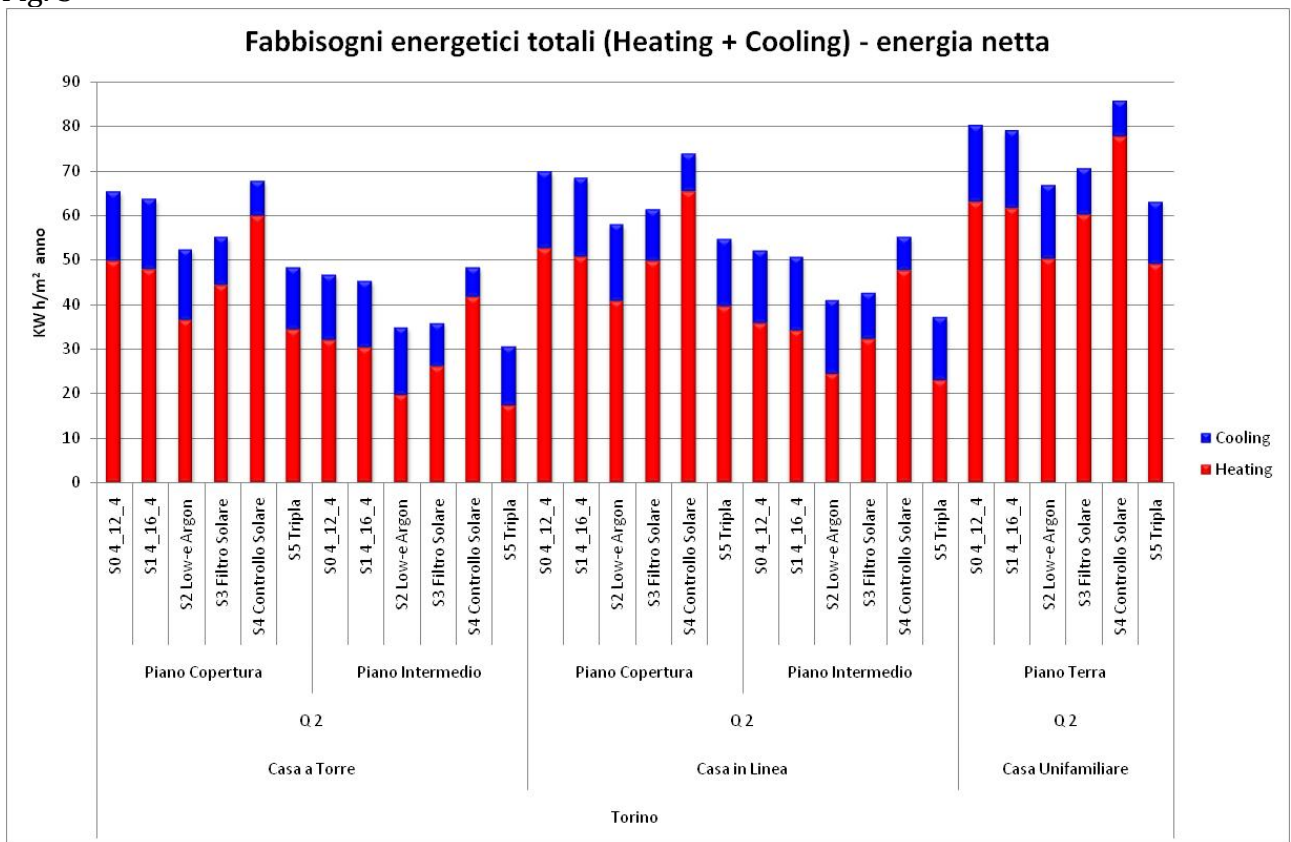


Fig. 6

Anche in questo caso è stato fatto riferimento alla stessa classe di permeabilità all'aria (Q2) in modo da rendere confrontabili le prestazioni dovute alle caratteristiche termiche dei soli serramenti.

Se consideriamo la sola domanda di energia per il raffrescamento, il serramento S4 restituisce la migliore prestazione, i valori ottenuti infatti sono dimezzati rispetto a quelli conseguiti con i serramenti S0, S1 e S2.

Il serramento S3 si avvicina molto alle prestazioni di S4 essendo caratterizzato da circa lo stesso valore del fattore solare, restituendo una prestazione ottimale.

Se si confrontano i valori del fabbisogno energetico per il raffrescamento con il relativo valore del fattore solare dei serramenti, risulta che tra essi sussista quasi un legame di diretta proporzionalità. Per tale ragione è possibile asserire che nel periodo estivo il fattore solare sia il parametro che influenza maggiormente la prestazione del serramento. A conferma di quanto appena esposto basti osservare che le prestazioni raggiunte con S3 e S4 sono molto simili tra loro anche se i due componenti presentano un valore di trasmittanza termica molto diverso.

Il serramento S5, caratterizzato dal valore di trasmittanza termica più basso tra tutte le tipologie studiate, restituisce una prestazione discreta che concorda con il basso valore del fattore solare.

Come già anticipato però, nei casi in cui si debba scegliere un serramento da installare su edifici climatizzati è necessario considerare anche il contributo dovuto al riscaldamento invernale valutando la prestazione globale dei componenti che verranno installati.

A tal proposito dai valori assoluti riportati nelle figure 4-6 si evidenzia come la prestazione del serramento S4 sia fortemente dipendente dalle condizioni climatiche esterne e in generale migliora nelle zone più calde dove si risente maggiormente dell'incidenza dei carichi estivi.

Volendo individuare anche in questo caso dei gruppi significativi si potrebbe avanzare la seguente ipotesi:

- il primo a cui appartengono i serramenti S2, S3 e S5;
- il secondo a cui appartengono i serramenti S0, S1 e S4.

I serramenti appartenenti al primo gruppo garantiscono le migliori prestazioni raggiungendo in media fabbisogni energetici più bassi di circa il 22% rispetto a quelli ottenuti con i serramenti appartenenti al secondo gruppo.

Dai grafici risulta che S5 restituisce la migliore prestazione in tutti i casi considerati poiché associa ad un basso valore di trasmittanza termica un basso valore del fattore solare.

Con il serramento S3, contrariamente a quanto avveniva nel periodo invernale, vengono raggiunti risultati ottimali in tutte le zone climatiche considerate; in particolare vengono eguagliati i valori ottenuti con l'uso di S2 e nei climi più caldi perfino migliorati.

Mettendo a confronto i valori ottenuti con S5 si nota che passando dalle zone climatiche più fredde a quelle più calde la prestazione ottenuta con S3 migliora più velocemente rispetto a S5, tanto che se venissero considerati climi ancora più caldi (comuni appartenenti alle zone climatiche A o B) il serramento S3 potrebbe risultare anche più vantaggioso.

Questi aspetti consentono di valutare come incrementa l'influenza del fattore solare sulle prestazioni termiche complessive dei serramenti nei casi in cui vengano analizzati anche i fabbisogni energetici per il raffrescamento, in particolare il peso di questo parametro aumenta nel passare dai climi più freddi verso quelli più caldi.

I serramenti S0 e S1 nella valutazione estesa all'intero anno restituiscono prestazioni mediocri, le loro caratteristiche termofisiche infatti non sono tali da consentire una riduzione dei consumi importante.

Dallo studio è emerso che per individuare il serramento più idoneo a garantire la maggior riduzione dei fabbisogni termici in una abitazione è necessario considerare sia le condizioni climatiche della zona in cui essa è ubicata sia la tipologia di impianto che vi è installato.



Il mercato oggi propone serramenti con caratteristiche molto differenti tra loro ognuno dei quali è in grado di rispondere in maniera ottimale a specifiche esigenze prestazionali, proprio per questo motivo non è possibile poter individuare il serramento ideale, cioè quel serramento che riesce a rispondere in maniera ottimale a qualsiasi tipo di esigenza, ma occorre invece selezionare quella tipologia di prodotto che meglio si adatta alle diverse circostanze.

In generale dallo studio è possibile trarre le seguenti conclusioni che dovrebbero essere tenute in considerazione nelle fasi progettuali:

- livelli di isolamento termico elevati garantiscono alte prestazioni durante il periodo invernale, mentre nel periodo estivo bassi valori di trasmittanza possono essere talvolta penalizzanti, di conseguenza negli edifici climatizzati il valore corretto di questo parametro deve essere determinato attraverso il calcolo del bilancio termico dell'edificio esteso all'intero anno;
- lo studio dimostra inoltre come alti valori del fattore solare siano vantaggiosi solamente durante il periodo invernale limitatamente agli edifici dotati di impianto di riscaldamento, in particolare i benefici maggiori si riscontrano nelle residenze ubicate nei climi più freddi, mentre nei casi di edifici climatizzati andrebbero generalmente preferite vetrate con un fattore solare più basso. In quest'ultimo caso la scelta di questo valore deve inoltre tener conto degli effetti che si ripercuotono durante il periodo invernale e deve scaturire da un bilancio tra i risparmi conseguibili nelle stagioni fredde e quelle calde. A tal proposito andrebbero valutate anche le prestazioni conseguibili da superfici trasparenti dotati di sistemi schermanti mobili o fissi in modo da avere buoni apporti solari durante il periodo invernale e protezione solare durante quello estivo.