



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE

Dipartimento
di Ingegneria ed Architettura

Ing. Carlo Antonio Stival
via A. Valerio 6/1
34127 Trieste
+390405583483
cstival@units.it

ARGOMENTO

25

27 MAGGIO 2021

Chiusure trasparenti

Soluzioni tecnologiche. Le componenti vetrate

A. A. 2020-2021

Laboratorio di **Costruzione dell'Architettura II**
Corso di **Progetto di componenti edilizi**

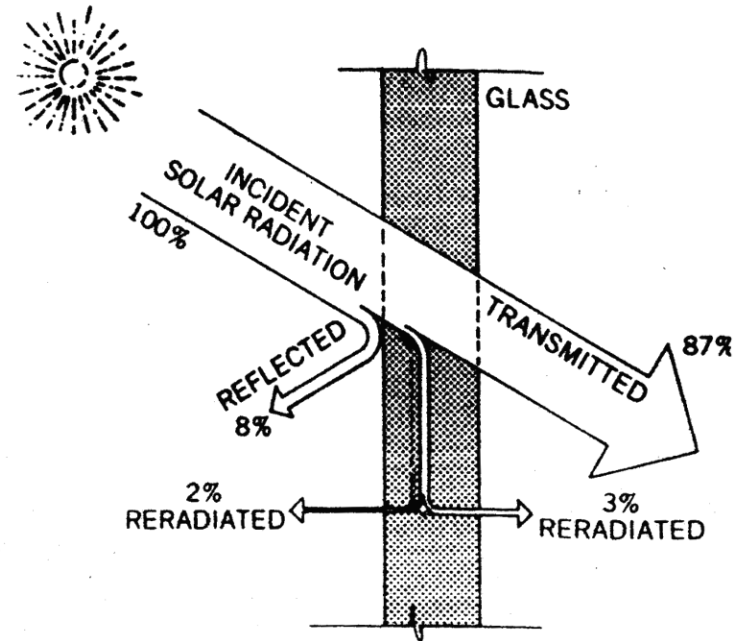
Vetro per serramenti

Il vetro è una sostanza costituita da:

- silice, sotto forma di sabbia, per il 72%, componente che rende il vetro trasparente;
- soda, che riduce la temperatura di fusione della silice (14%);
- calce (11%), con compiti stabilizzanti che rendono il vetro più resistente all'acqua;
- altri elementi, ad esempio ossidi metallici, che differenziano i diversi tipi di vetro.

La **differenziazione** tra i tipi di vetro, ottenuti per trattamenti termici, chimici, rivestimento e trattamento superficiale, è volta a ottimizzare le prestazioni riconducibili a diversi requisiti:

- benessere ed **efficienza energetica**, con lo sfruttamento (o l'esclusione) di apporti passivi e attivi di calore e luce;
- **sicurezza**, per sopportare urti e rotture;
- **aspetto**, tradotto nella possibilità di ottenere diverse finiture superficiali.



Vetro per serramenti

Le caratteristiche di comfort termico negli ambienti confinati e la prestazione energetica complessiva di un organismo edilizio sono fortemente caratterizzate dalle **prestazioni** dei **componenti trasparenti** dell'involucro edilizio, ed in particolare:

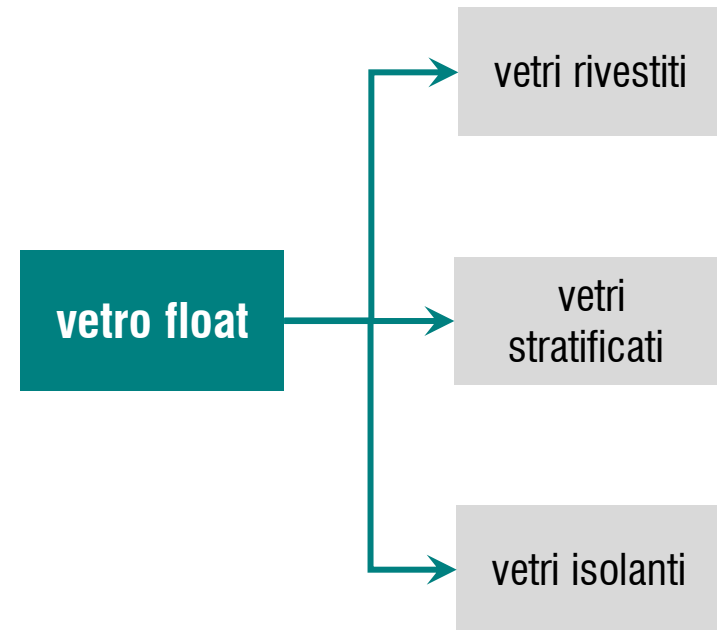
- dalla capacità dei serramenti di **ridurre** le **dispersioni termiche** invernali attraverso il vetro, il telaio e l'eventuale cassonetto;
- dalla **sensibilità** del **serramento** alle **infiltrazioni d'aria** alle superfici di contatto tra componenti.

Ai tre principali elementi costitutivi di un serramento (**vetro**, **distanziatore** e **telaio**) è possibile aggiungerne due opzionali, il **sistema schermante** ed il **cassonetto**, dipendenti dalla tipologia del precedente sistema.

La più diffusa tipologia di vetro è il **float**, fabbricato secondo il sistema a galleggiamento con l'ausilio di un bagno di stagno fuso il quale, unito alla ricottura su ambo i lati, fornisce lastre di spessore compreso tra 2 e 25 mm, con superfici perfettamente lisce e parallele.

Usualmente, nella miscela di base del vetro float, è impiegata una quota di vetro riciclato frammentato.

Il vetro float, brillante e caratterizzato da elevata luminosità, costituisce il materiale base per la realizzazione di tutti i vetri impiegati in edilizia, detti prodotti trasformati.



Vetro per serramenti

I **vetri rivestiti** sono lastre sulle quali è applicato un **deposito di ossidi metallici, argento, fluoruri** o altri composti per alterarne una o più proprietà. Secondo la UNI 1096, si individuano le seguenti classi:

- Classe A. La superficie rivestita può essere posta sia verso l'esterno, sia verso i locali interni;
- Classe B. La superficie rivestita deve essere rivolta verso i locali interni;
- Classe C. Il vetro deve essere impiegato solo in vetrate multistrato sigillate, con la superficie rivestita rivolta verso l'intercapedine;
- Classe D. Come la classe C; il vetro deve però essere incorporato in vetrate sigillate già al termine del processo di produzione;
- Classe S. Come la classe A, per applicazioni specifiche.

Il **coating magnetronico** permette di ridurre l'emissività del vetro float da 0,85 a 0,05, o inferiore. La pellicola prodotta deve essere protetta in intercapedine.

DEPOSITI PIROLITICI

Durante la produzione della lastra *float*, in fase di ricottura, si spruzzano ossidi metallici per consentire lavorazioni successive

Riduzione scambi termici radiativi

$$\varepsilon = 0,20 \div 0,15$$

DEPOSITI MAGNETRONICI

Sono effettuati su lastre finite mediante elettroni accelerati che, in camere sottovuoto, proiettano atomi di metallo sulle lastre.

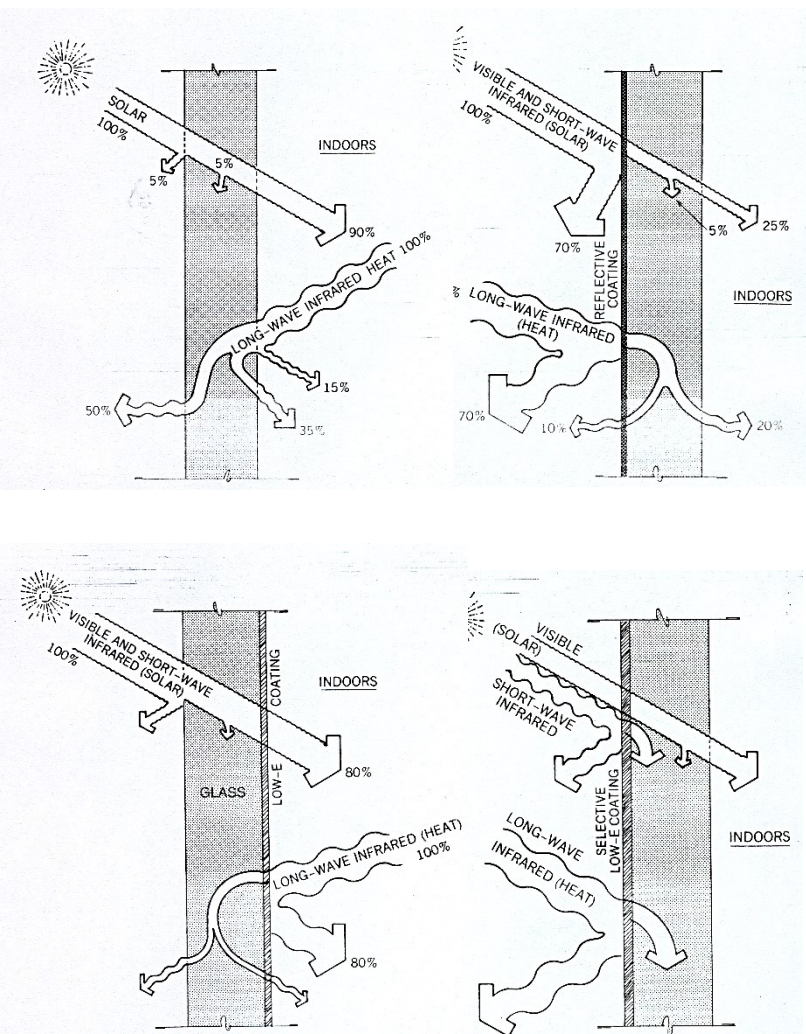
Riduzione scambi termici radiativi

$$\varepsilon = 0,05 \div 0,02$$

Vetro per serramenti

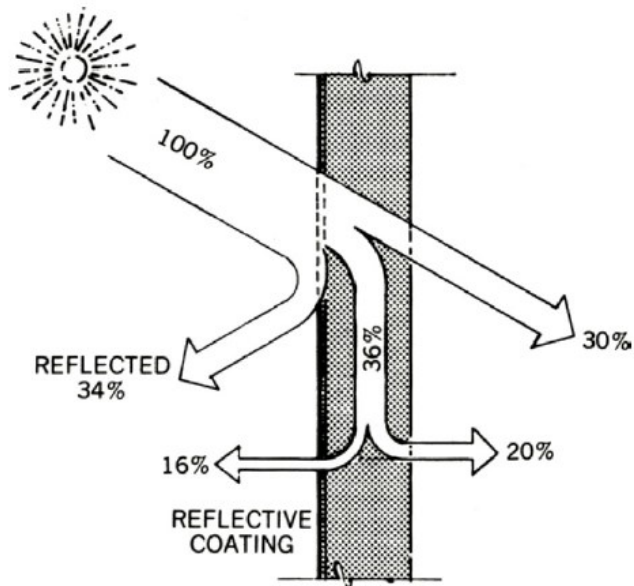
In base alle proprietà selettive del deposito, si distinguono:

- vetri **riflettenti** a **controllo termico**, o **basso emissivi**, capaci di riflettere una quota significativa del flusso termico che investe il vetro partendo dall'ambiente interno. La trasmittanza termica delle lastre risulta perciò ridotta, e risultano trascurabili gli effetti di trasmissione della radiazione luminosa (incolore all'occhio umano);
- vetri **riflettenti** a **controllo solare**, dotati di un deposito specchiante per l'energia solare contenuta alle lunghezze d'onda dell'infrarosso e, in parte, del visibile. La prestazione dipende dallo spessore del deposito, influenzando anche su trasparenza ed aspetto cromatico della lastra;
- vetri **selettivi** a **controllo termico e solare**, soluzioni che uniscono le prestazioni delle due precedenti categorie.

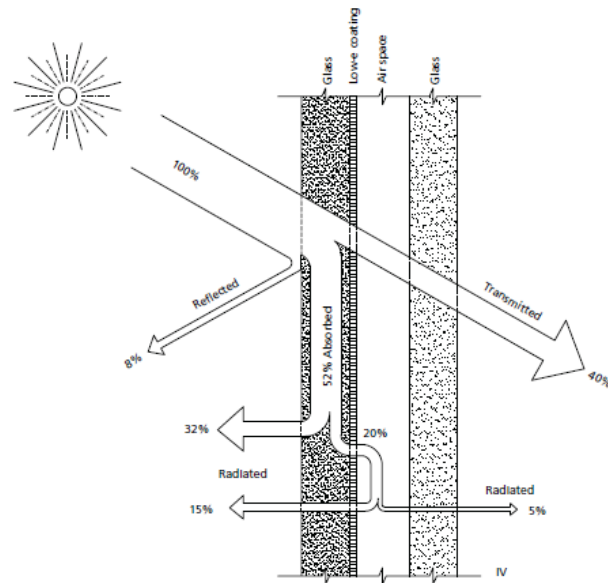


Vetro per serramenti

PROPRIETÀ SELETTIVE DEL VETRO



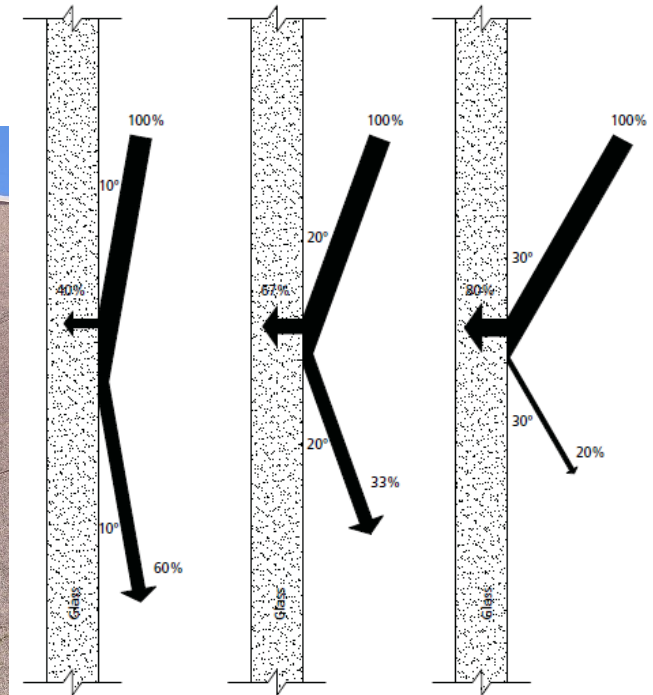
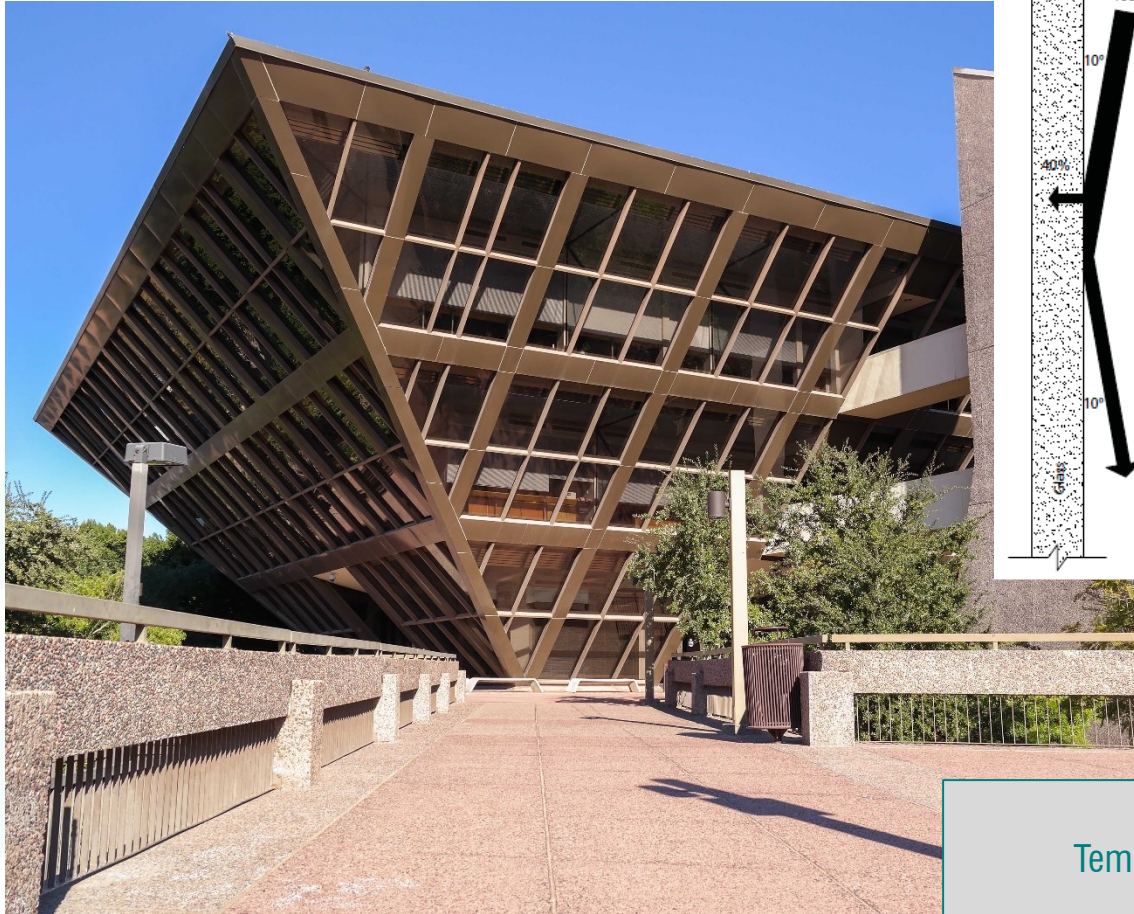
Vetro riflettente



Vetro selettivo con rivestimento basso-emissivo

Vetro per serramenti

Il vetro può bloccare l'accesso della radiazione solare anche sfruttando le leggi ottiche della riflessione.



Tempe City Hall, Arizona (USA)

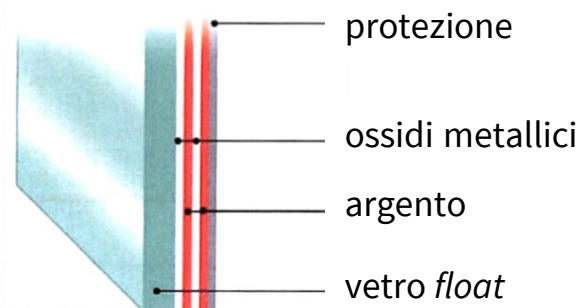
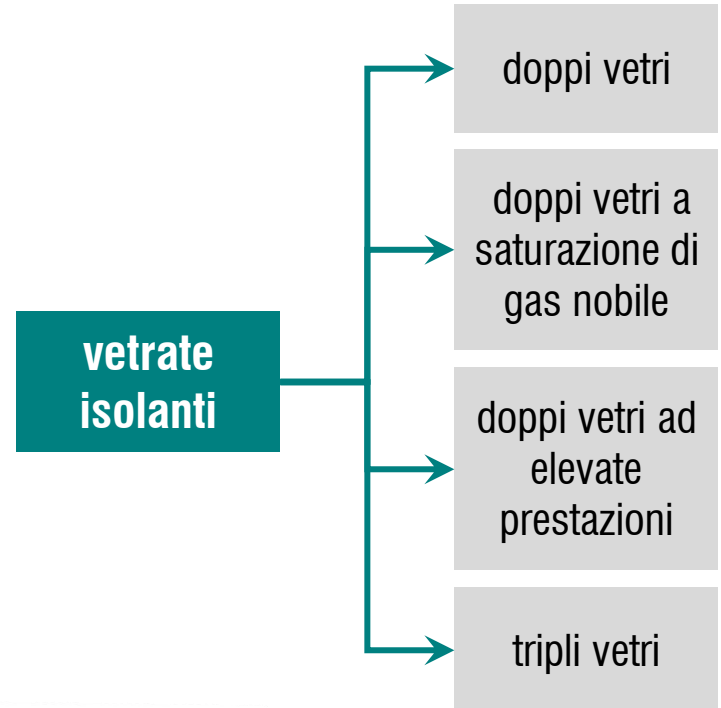
Vetro per serramenti

Le vetrate **isolanti** sono, per costituzione, realizzate impiegando due o più lastre di vetro float o di vetro rivestito, separate da distanziatori e sigillate ermeticamente lungo il perimetro così da creare un'intercapedine chiusa continua (definizione da UNI 1279).

La finalità del sistema è la realizzazione di un serramento ad elevate prestazioni termiche e/o acustiche. L'incremento delle prestazioni è reso possibile proprio dall'**intercapedine** che riduce la trasmittanza della vetrata: in essa sono presenti, per **saturazione**, aria secca o **gas nobili**, con una conducibilità termica estremamente inferiore a quella della vetrata (per vetro float, si assume $\lambda = 1,0 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$).

A tale funzione isolante possono essere associate:

- il controllo della radiazione solare;
- il controllo della trasmissione della luce;
- l'isolamento acustico;
- sicurezza e resistenza al fuoco.



Vetro per serramenti



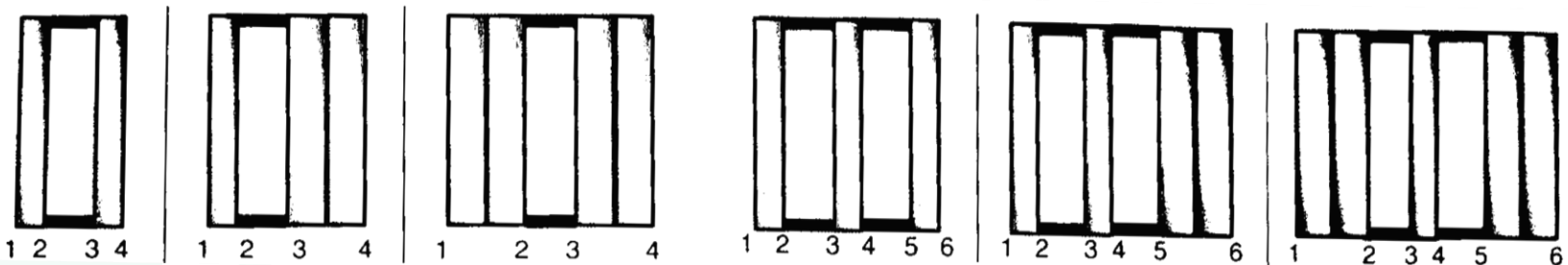
Concessionaria Mercedes, Roma

Vetro per serramenti

Se la prestazione di isolamento termico è prevalente sulle altre, si individuano:

- **Doppi vetri**, costituiti da due lastre di vetro separate da un'intercapedine satura d'aria secca ferma. Lo spessore delle lastre varia da 3 a 10 mm, con interposizione di una lama d'aria di spessore variabile tra 6 e 16 mm;
- **Doppi vetri** con **intercapedine saturata di gas nobile**: rispetto all'aria ferma ($\lambda = 0,026 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$) si ottengono prestazioni più elevate impiegando argon ($\lambda = 0,017 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$) o krypton ($\lambda = 0,009 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$);

- Doppi vetri ad **elevate prestazioni**, comprendenti lastre riflettenti basso emissive, oppure / e a controllo solare, oppure / e stratificate. La presenza di un rivestimento sulla faccia interna della seconda lastra incrementa la riflessione del calore assorbito dalla lastra stessa verso i locali interni;
- **Tripli vetri**, soluzioni per portare la trasmittanza della vetrata a valori inferiori a $1,0 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$. I riempimenti delle intercapedini e l'adozione di rivestimenti e stratificazioni avviene in maniera analoga a quanto visto per i doppi vetri.



Vetro per serramenti

TIPO DI VETRO	FATTORE SOLARE g [-]	TRASMITTANZA TERMICA U [W/m ² K]	TRASMISSIONE LUMINOSA τ _L [-]
Vetrocamera mm (4+15+4) Intercapedine: aria	0,77	2,80	0,81
Vetrocamera mm (4+15+4) Intercapedine: argon 85%	0,77	2,60	0,81
Vetrocamera low-e (1) mm (4+15+4) Intercapedine: aria	0,72	1,40	0,79
Vetrocamera low-e (1) mm (4+15+4) Intercapedine: argon 85%	0,72	1,20	0,79
Vetrocamera low-e (2) mm (2,4+15+4) Intercapedine: aria	0,41	1,40	0,71
Vetrocamera low-e (2) mm (2,4+15+4) Intercapedine: argon 85%	0,41	1,10	0,71
Vetrocamera a basso fattore solare mm (1,6+15+4) Intercapedine: aria	0,34	2,70	0,39
Vetrocamera selettivo mm (2,4+15+4) Intercapedine: argon 85%	0,32	1,10	0,50

(1) Il rivestimento basso emissivo è applicato sulla lastra *float* interna, sulla superficie rivolta verso l'intercapedine.

(2) Il rivestimento basso emissivo è applicato sulla lastra *float* esterna, sulla superficie rivolta verso l'intercapedine.

Distanziatore

Il **distanziatore** è l'elemento volto a mantenere la **distanza** tra le **lastre di vetro**, realizzato usualmente in **alluminio**; attraverso l'applicazione di un **sigillante butilico** ne è garantita la tenuta all'aria.

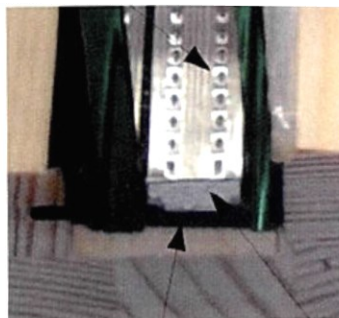
Per quanto concerne la possibile formazione di condensa a causa del ponte termico generatosi localmente, soluzioni definite "**warm edge**", "a giunto caldo", permettono di ovviare all'elevata conduttività termica dell'alluminio, pari a $180 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$, con la realizzazione di un **profilo distanziatore in PVC** o in materiale organico rinforzato con fibra di vetro: in questo modo è possibile ridurre la trasmittanza lineica ψ_L del distanziatore fino a $0,040 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$, permettendo una riduzione massima del 10% della trasmittanza termica complessiva del serramento.

È quindi opportuno prevedere elementi tecnici dotati di pannelli termoisolanti, di spessore minimo di 20 mm sui due lati del cassonetto comunicanti con l'ambiente esterno.

Per quanto concerne i cassonetti, questi elementi per l'alloggiamento degli avvolgibili sono punti singolari a forte dispersione termica, in cui si manifestano inoltre riduzioni delle prestazioni di isolamento acustico e tenuta all'aria dell'involucro edilizio.



distanziatore



sigillante

disidratante

Bibliografia

- Lechner N., *Heating, cooling, lighting: sustainable design methods for architects*, 4a ed. John Wiley & sons Incorporated, New York, 2001. ISBN: 978-04-700-4809-2.
- Tortorici G. (a cura di), *Architettura Tecnica*. Edizioni Alinea, Firenze, 2012.
- Brunoro S., *Efficienza energetica delle facciate*. Maggioli Editore, Rimini, 2008. ISBN: 8838736810.
- Bazzocchi F. (a cura di), *Facciate ventilate*. Architettura, prestazioni e tecnologia. Alinea Editrice, Firenze, 2002. ISBN: 978-88-8125-628-2.
- Wienke U., *Aria calore luce – Il comfort ambientale negli edifici*. Tipografia del Genio Civile, Roma, 2005. ISBN: 884961441.
- Ciaramella A., Tronconi O., *Qualità e prestazioni degli edifici*. Gruppo Editoriale il Sole 24 ore, Milano, 2011.
- Dassori E., Morbiducci R., *Costruire l'architettura - Tecniche e tecnologie per il progetto*. Edizioni Tecniche Nuove, Milano, 2010. ISBN 978-88-481-2298-6.
- Fiorito F., *Involucro edilizio e risparmio energetico*. Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2009. ISBN: 978-88-7758-863-0.
- Trevisi A. S., Laforgia D., Ruggiero F., *Efficienza energetica in edilizia*. Maggioli Editore, Rimini, 2006. ISBN: 978-88-387-3824-6.
- Brunetti G. L., *Serramenti e vetrazioni. Tecnologie materiali dettagli*. Wolters Kluwer Italia, 2012. ISBN: 978-88-6750-039-0.
- www.alpac.it
- www.solatube.com
- www.okaluxna.com/okasolar/
- www.domusweb.it
- www.focchi.it
- www.merlosrl.com
- www.infinitymotion.com