

Componenti e tecnologie di involucro opaco

- Intonaci termici
- Termoblocchi
- Tetti ventilati
- Pareti ventilate
- Materie isolanti trasparenti

Intonaci termici

- UNI EN 998-1: "Alta e prestazione garantita con proprio isolanti termiche"
- Intonaco "T": intonaco tradizionale con aggiunta di additivi a basso conduttività termica. Spessore massimo 5 cm (da applicare in pareti sottili)

- Additivi:
 - sughero
 - perlite
 - silice/silicati
 - perle di polistirene espanso

Materie a basso λ .

Valori di U:	Intonaco tradizionale		
		gesso, 600 kg/m ²	0,29 W/mK
		gesso, 1200 kg/m ²	0,58 "
		calce/gesso, 1400 kg/m ²	0,70 "
		calce/cemento, 1800 kg/m ²	0,90 "
		molto di cemento, 2000 kg/m ²	1,40 "
	Intonaco "T"		0,08 - 0,13 W/mK
			(XPS ~ 0,028 - 0,030)

- Utili per giudizi/critiche nei casi in cui non si possa prevedere un cappotto esterno.

Esempio:

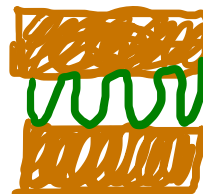
Valutare la trasmittanza U di:

- ▷ parete di tufo ($\lambda = 0,63 \text{ W/mK}$) di spessore 40 cm
- ▷ lo stesso parete, con strato esterno di intonaco T di 5 cm ($\lambda = 0,08 \text{ W/mK}$)
- ▷ lo stesso parete, con cappotto esterno da 10 cm in polistirene ($\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$)

(Praticare!)

Termoblocchi

Blocchi con isolamento integrato: due strati di laterizio uniti meccanicamente con uno strato interposto di materiale isolante.
(in pratica sono blocchi a T e formano una doppia parete con intercapedine riempita di isolante).

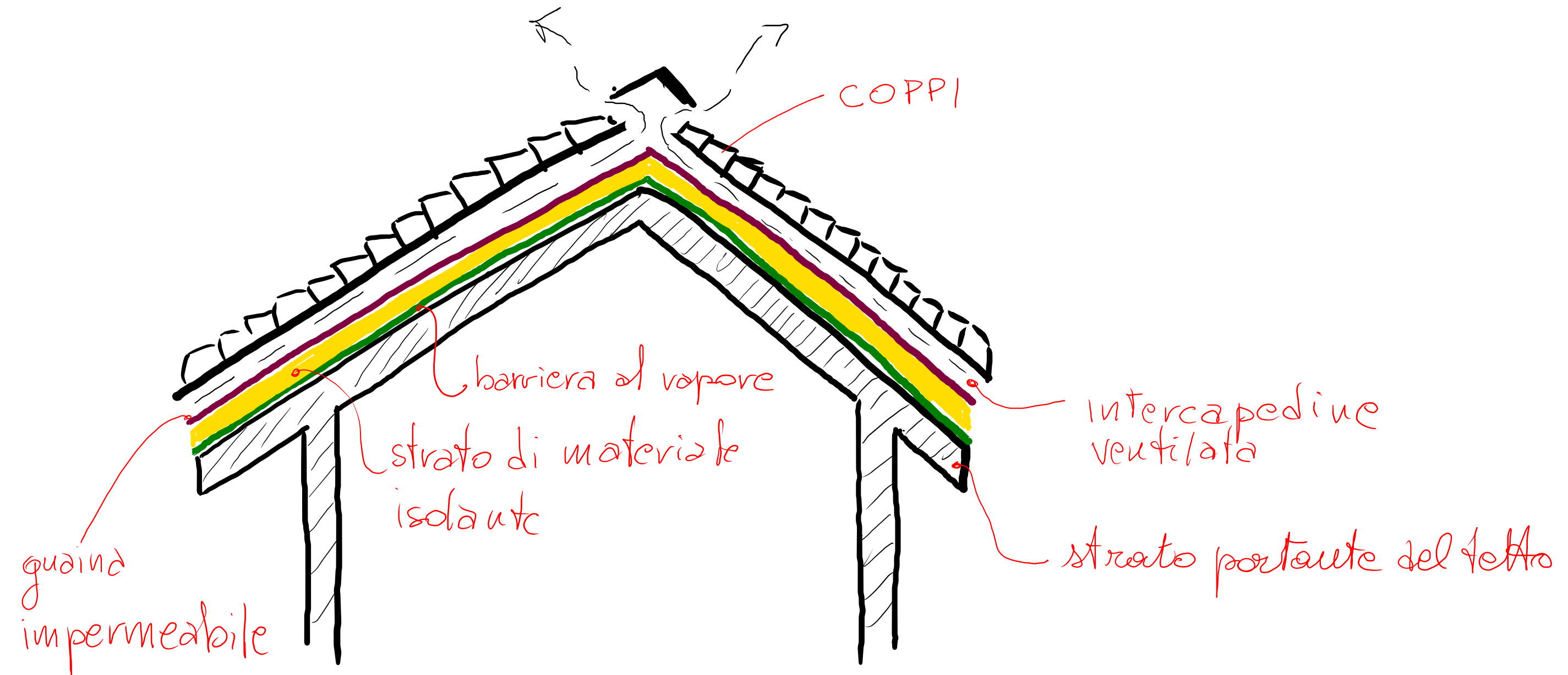


Blocchi porizzati (es. POROTON) → sono blocchi in laterizio poroso in cui anche la motrice ha bassa conducibilità termica equivalente a motivo della sua struttura porosa. Bassissima resistenza meccanica.

Blocchi forati con riempimento dei vuoti in lana: blocchi in laterizio forato in cui i vuoti sono riempiti con materiale isolante.

Blocchi creati in calcestruzzo autoclavato: sono blocchi pieni in calcestruzzo a motrice molto porosa.

Tetti ventilati



In inverno, il tetto ventilato:

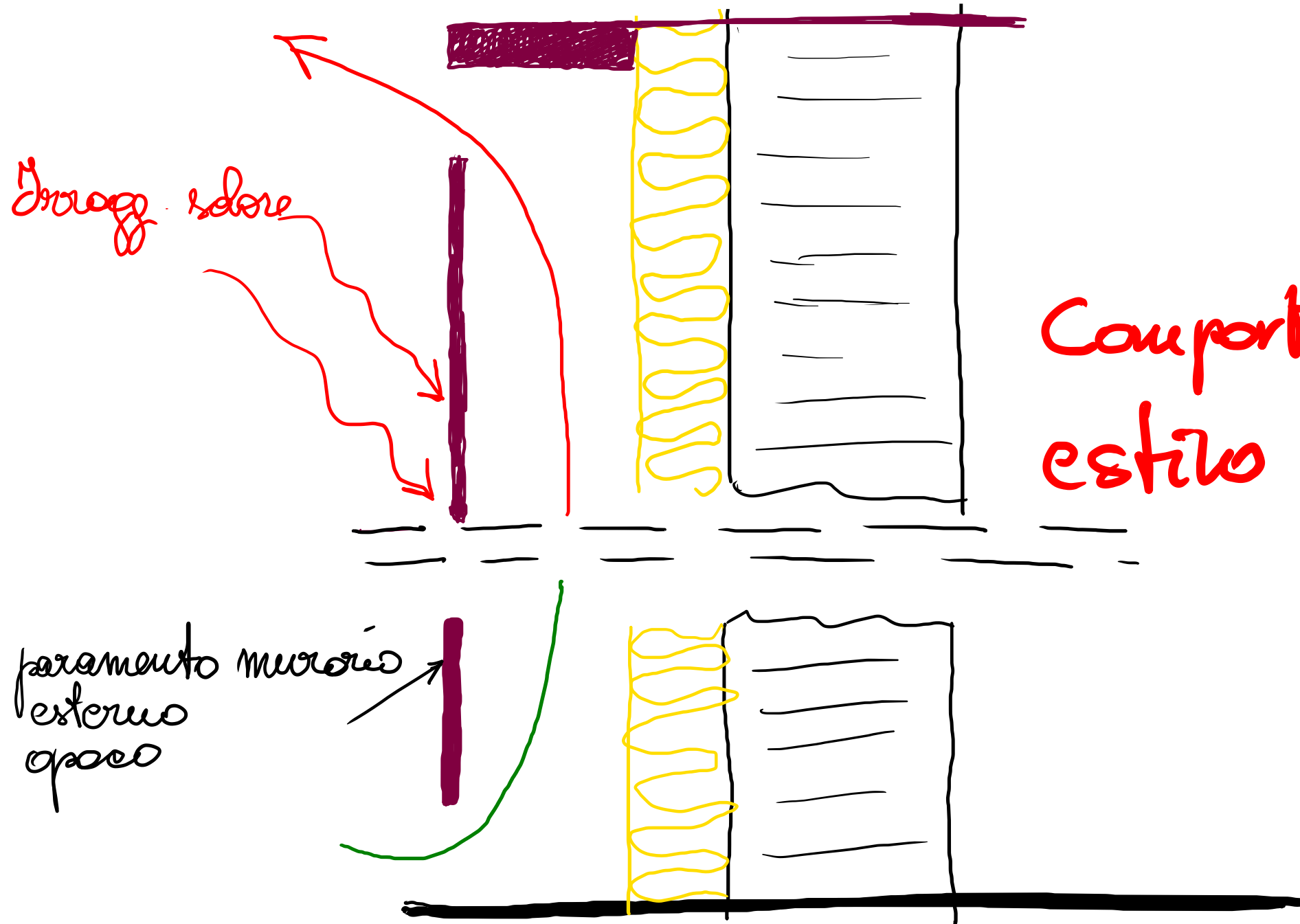
- ▶ Smaltisce il vapore acqueo proveniente dagli ambienti sottostanti (in questo caso non è prevista la barriera al vapore) evitando la condensazione dello stesso sull'interdosso freddo delle tegole
- ▶ Espelle ed evince eventuali infiltrazioni d'acqua causate da intensa pioggia \Rightarrow maggiore durata degli elementi costruttivi del tetto
- ▶ Ripartisce uniformemente il calore che sale dall'edificio, evitando squilibri localizzati del manto nevoso

In estate, il tetto ventilato:

- ▶ riduce significativamente il carico termico per irraggiamento solare trasmesso attraverso la copertura, in quanto la intercapedine è mantenuta ben ventilata per "effetto camino".

Parati ventilate

- ▶ Molte tipologie differenti con un unico obiettivo: ridurre il carico termico estivo dovuto all'irraggiamento.



Comportamento
estivo

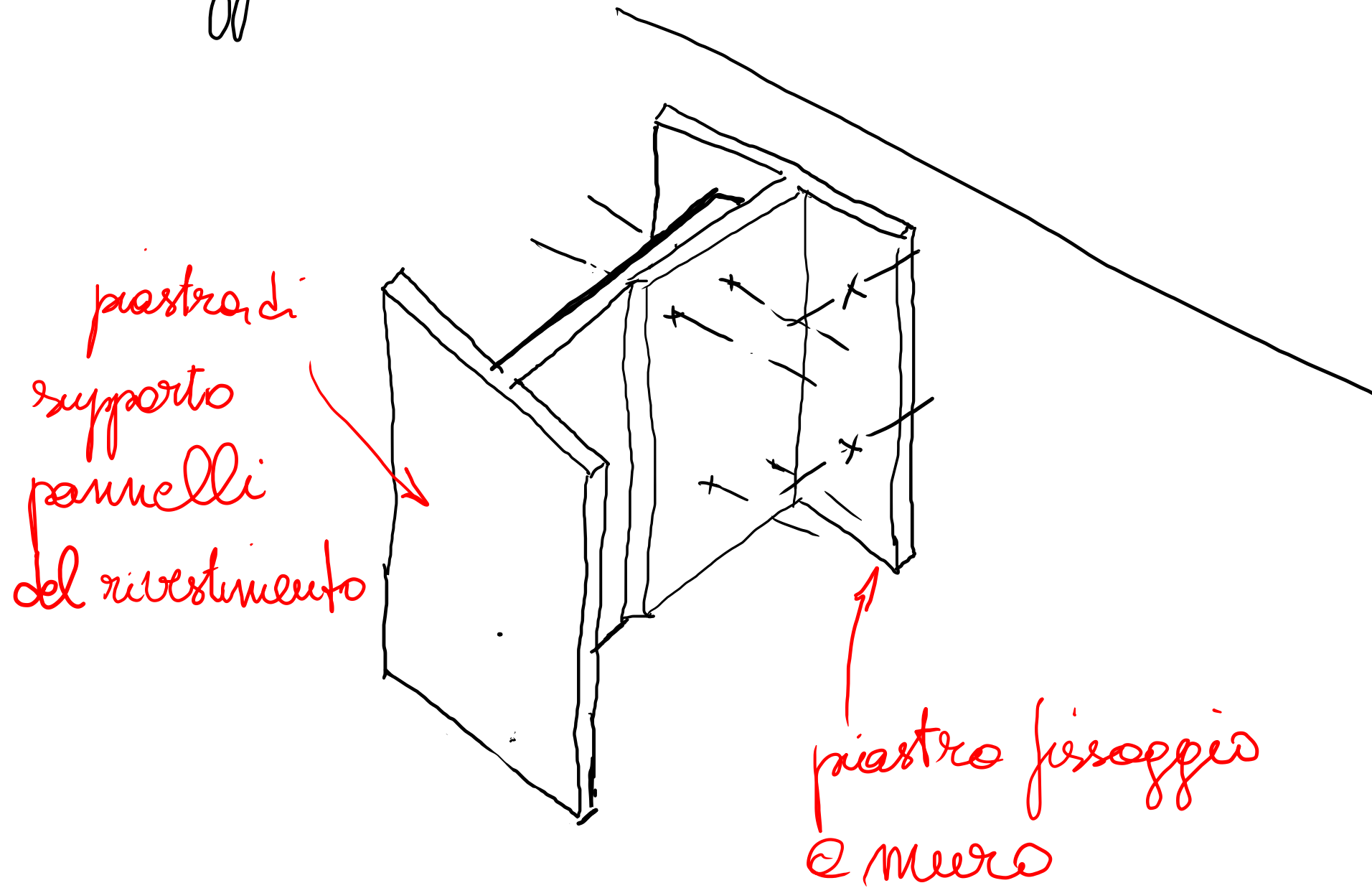
♥ In inverno,

- Il paramento murario esterno protegge lo strato di isolante da pioggia e vento, con conseguente riduzione della trasmittanza della parete
- L'azione continua dell'intercapedine evita il ristagno del vapore e dell'umidità.
- Svantaggio: in inverno, la ventilazione dell'intercapedine non consente di sfruttare l'apporto gratuito associato all'irraggiamento solare.

► In generale:

- Si può usare l'intercapedine come un coibente tecnico, ma "senza coibentare", per non limitare eccessivamente la circolazione dell'aria.

Ancoraggi:



(li sono molte pezzi
o li soleriani.....)

Materiali isolanti trasparenti

Utilizzati per:

- ▶ muri di Tronbe "modificati"
- ▶ in sostituzione di superfici esterne di grandi dimensioni

Vetro ad
elevata
trasmissione

Strato termo-isolante
trasparente

Intercapedine
 ~ 2 cm.



Muro "pesante"
(laterizio, calcestruzzo)

Intercapedine con alto coefficiente di assorbimento della radiazione solare

TIM
(Transparent Insulation
Materials)

Organici (policarbonati; polimetilacrilati). Hanno
struttura a nido d'ape con "tubicini" di
diametro 2-3 μm

Inorganici (aerogel, composti silicei). Omogenei e granulari.
Trasmissione alla radiazione solare $\sim 80\%$.
Bassa resa cromatica (la luce trasmessa assume
colorazioni particolari).
Ottima resistenza al fuoco. Bassissima densità
(l'aerogel di silice è composto da 96% aria, 4% silice
in volume). $\lambda \sim 0.020 - 0.025 \text{ W/mK}$.

Aerogel

a base silicea

" " di cellulosa

" " di fibradiuro

} maggiore eco-sostenibilità



Lastre di policarbonato.



Lastre di copertura ondulate in polycarbonato



Aerogel a base sílica

Componenti e strategie di involucro
trasparente

Chiusure trasparenti — illuminazione degli ambienti

effetto della radiazione
ul' valore trasmesso
sui materiali degli ordi
a torri

influenzano sul carico termico
in generale, riducono l'isolamento acustico

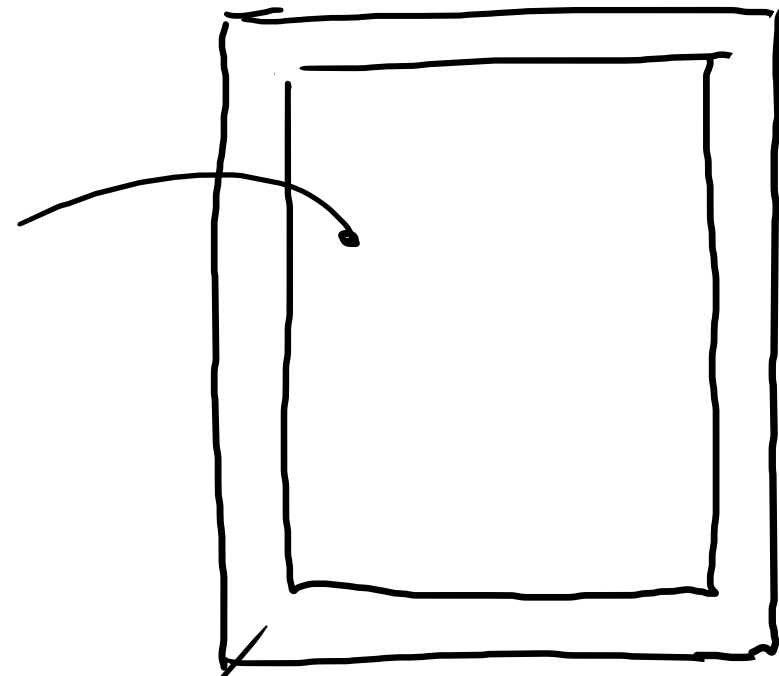
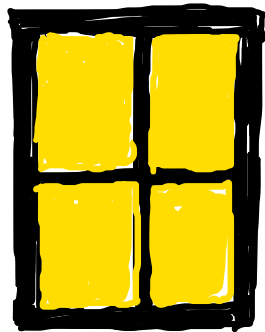
Caratteristiche importanti delle chiusure trasparenti ai fini termici e illuminotecnici:

- ▶ dimensioni
- ▶ forma
- ▶ orientamento
- ▶ tipologia di vetro
- ▶ tipologia di telaio
- ▶ modalità di installazione (al fine di ridurre l'effetto da p.t. telaio/parete)

Trasmittanza termica U delle chiusure trasparenti (UNI EN ISO 10077)

Vogliamo calcolare la trasmittanza di un serramento di area ("glass", "g") complessiva A_w , somma dell'area A_g della superficie trasparente e dell'area A_f del telaio:

$$A_w = A_g + A_f$$



telaio ("framework", "f")

La trasmittanza termica

U_w considera lo scambio termico tra l'esterno e l'interno attraverso il serramento, associato ai seguenti effetti:

- Convezione lato esterno e interno
- Irraggiamento tra serramento ed altre superfici, considerate opache

Nota: il calcolo di U_{12} non considera l'accoppiamento solore, che è trattato a parte.

$$U_{12} A_{12} = U_g A_g + U_f A_f + Y_{f-g} l_g$$

$$\Rightarrow U_{12} = \frac{U_g A_g + U_f A_f + Y_{f-g} l_g}{A_f + A_g}$$

perimetro del arco

$$A_f + A_g$$

trasmissione lineica per accoppiamento arco-telaio.

Nota: il parte tecnico sormonto-parte 10 considerato a parte.

Nota: in una nuova costruzione U_{12} si ricava dalla documentazione tecnica fornita dal costruttore del sormonto.

Esempio di calcolo da UNI EN ISO 10077

Da **NORMA UNI EN ISO 10077 – 1**

La trasmittanza termica U_w ($W/m^2 K$) 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 $1,23 m \times 1,48 m$, 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 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 valore di trasmittanza termica dell'infisso U_w di $5,0 W/m^2K$

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

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	

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

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

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

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 distanzianti.

Prospetto E.1: valori della trasmittanza termica lineare Ψ per i comuni tipi di distanzianti 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_g 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

Lo strumento di calcolo WINSHELTER di ENEA

progettazione vetri e schermature per il calcolo di g_{tot}

The screenshot shows the WINSHELTER 3.0 software interface. The main window displays the 'UNI EN ISO 10077-1 - U-value of frames (standard mode)' configuration panel. The 'Report - Finestra base' window is open, showing a technical report titled 'Determinazione della trasmittanza termica di una finestra secondo UNI EN ISO 10077-1 (modalità EN10077 - standard)'. The report includes a table of parameters and their values:

Nome del serramento	Finestra base
Area del serramento	1.82 m ²
Area del telaio	0.46 m ²
Valore U del telaio	1.0 W / m ² K
Area del componente trasparente	1.37 m ²
Perimetro del componente trasparente	2.71 m
Valore U del componente trasparente	0.5 W / m ² K
Valore ψ del giunto componente trasparente/telaio	0.06 W / m K
Valore U serramento, U_w	0.7 W / m² K

Handwritten annotations in purple and red identify various parts of the interface: 'area del telaio' (frame area), 'area del serramento in chiusi e fissi' (frame area in closed and fixed), 'dimensione x occedere dotobase Ug' (dimension x to be subtracted from the base Ug), 'dimensione x occedere e dotobase di x-vetro-telaio' (dimension x to be subtracted and dotobase of x-glass-frame), 'risultato del calcolo secondo UNI 10077' (calculation result according to UNI 10077), 'perimetro del vetro' (glass perimeter), 'Trasmittanza termica U_f del telaio (tabellato UNI 10077 per diverse tipologie)' (thermal transmittance U_f of the frame (table UNI 10077 for different types)), 'Trasmittanza del vetro (tabellato UNI 10077)' (glass transmittance (table UNI 10077)), and 'progettazione vetro e schermature per il calcolo di g_{tot}' (glass and shading design for g_{tot} calculation). A yellow arrow points to the report title with the note 'Norma di riferimento per calcolo U_w' (reference norm for U_w calculation).

progettazione serramento per il calcolo dello trasmittanza U_w (trascurare il riscaldamento solare esterno e si utilizza per il calcolo del carico termico invernale)

Winskelter offre la possibilità di operare secondo diversi livelli di dettaglio nello calcolo dei parametri.

Step 1 : caratteristiche (g_{g+sh} , N_i , U_g) della superficie vetrata, in presenza di eventuali schermature.

WINSHELTER 3.0 - [Glazing manager Doppio vetro con low e (0.03) (mode: EN13363 - Standard)]

File Glazing Options Windows ?

Main Design n.Glass:2 n.El.:3

Glazing

- AAV - Basso emissivo piroolitico e 0.15 4 mm
- AAV - Bassoemissivo e 0.01 T 70 g 45 3 mm
- AAV - Bassoemissivo e 0.02 T 70 g 40 3 mm
- AAV - Bassoemissivo e 0.03 5 mm
- AAV - Bassoemissivo e 0.04 4 mm
- AAV - Controllo solare T 20% 6 mm
- AAV - Controllo solare T 40% 8 mm
- AAV - Controllo solare T 50% 5 mm
- AAV - Float chiaro 3 mm
- AAV - Float chiaro 4 mm
- AAV - Float chiaro 6 mm

Shading devices

Ext Gap Int.

- AAV - acrilico bianco (ral 9010)
- AAV - acrilico ecru (ral 1001)
- AAV - acrilico grigio chiaro (ral 7004)
- AAV - acrilico grigio scuro (ral 7015)
- AAV - acrilico giallo (ral 1003)
- AAV - acrilico verde (ral 6016)
- AAV - acrilico verde scuro (ral 6005)
- AAV - acrilico azzurro (ral 5015)
- AAV - acrilico marrone (ral 8007)
- AAV - acrilico arancio (ral 2009)

Gaps

- Aria 100% - 12 mm
- Argon 100% - 12 mm
- Argon 90% Aria 10% - 12 mm
- Aria 100% - 16 mm
- Argon 100% - 16 mm
- Argon 90% Aria 10% - 16 mm

Filling gas

- ARIA
- ARGON
- KRIPTON
- XENO

Glazings

- Doppio vetro chiaro
- Doppio vetro con low e (0.03)
- Doppio vetro con low e (0.03)
- Doppio vetro controllo solare
- Doppio vetro low e piroolitico
- UNI14501 Glazing B
- UNI14501 Glazing C
- UNI14501 Glazing D

Name: Doppio vetro con low e (0.03) Width (m): 1 Height (m): 1.2

Boundary: EN13363-2 Riferimento Sun heigh (*): 0

Class n.1	Gap n.1	Class n.2
Name: Database Winshelter Float chiaro	Name: Argon 90% Aria 10%	Name: Database Winshelter Bassoemissivo e 0.03
Thickn. (mm): 4 Film <input type="checkbox"/>	Thickn. (mm): 12 Type: Closed Vent. (m³/s): 0 Link to... Closed	Thickn. (mm): 5 Film <input type="checkbox"/>
Luminous T (%): 89.57 R (%) R' (%): 8.09 8.09	Filling gas (%) <input checked="" type="checkbox"/> ARIA 10 <input checked="" type="checkbox"/> ARGON 90	Luminous T (%): 67.39 R (%) R' (%): 14.82 11.33
Solar T (%): 82.62 R (%) R' (%): 7.47 7.47		Solar T (%): 40.87 R (%) R' (%): 40.77 34.63
Emissivity Face 1 Face 2: 0.89 0.89		Emissivity Face 3 Face 4: 0.03 0.89
Flip Save Add	Save Add	Flip Save Add

Outdoor Indoor

Reportistica per step 1.

WINSHELTER 3.0 - [Report - Doppio vetro con low e (0.03)]

File Options Windows ?

Main Report

Determinazione dei parametri luminosi energetici e termici secondo EN13363-2 (modalità EN13363 - Standard - calcoli effettuati su integrated values)

di una vetrata denominata Doppio vetro con low e (0.03) e composta da:

1. Glass: Float chiaro thick.: 4 mm [Tv=89,57%,Rv=8,09%,Rv'=8,09%,Te=82,62%,Re=7,47%,Re'=7,47%,e=0,89,e'=0,89 spectral]
2. Gap: thickness 12,0 mm - ARIA (10 %) ARGON (90 %)
3. Glass: Bassoemissivo e 0.03 thick.: 5 mm [Tv=67,39%,Rv=14,82%,Rv'=11,33%,Te=40,87%,Re=40,77%,Re'=34,63%,e=0,03,e'=0,89 spectral]

Condizioni di calcolo EN13363-2 Riferimento		
Radiazione solare	300,00	W/m ²
Fraz.radiazione diffusa	0,15	
Esterno: T aria	278,15	K 5,00 °C
T radiante	278,15	K 5,00 °C
Coeff. adduzione	18,00	W/(m ² K)
Interno: T aria	293,15	K 20,00 °C
T radiante	293,15	K 20,00 °C
Coeff. adduzione	3,60	W/(m ² K)

Risultati secondo EN13363-2:2006	
Fattore di trasmissione luminosa, tv	61,09 %
Fattore di riflessione luminosa, pv	20,12 %
Fattore di trasmissione energetica diretta, te	34,83 %
Fattore di riflessione energetica diretta, pe	36,17 %
qi	14,06 %
Fattore solare, g	48,88 %

Altri calcoli	
Trasmittanza termica, U ^s	1,3 W/m ² K

UNI EN 14501:2006
Tende e chiusure oscuranti
Benessere termico e visivo
Caratteristiche prestazionali e classificazione

Classe prestazionale 1

Reportistica step 2.

WINSHELTER 3.0 - [Report - Tongo]

File Options Windows ?

Main Report

Determinazione della trasmittanza termica di una finestra secondo UNI EN ISO 10077-1
(modalità EN10077 - standard)

WINDOWS AND SHADING ENERGY, LUMINOUS AND THERMAL EVALUATION ROUTINE

Nome del serramento	Tongo
Area del serramento	1,82 m ²
Area del telaio	0,36 m ²
Valore U del telaio	1,2 W / m ² K
Area del componente trasparente	1,46 m ²
Perimetro del componente trasparente	4,85 m
Valore U del componente trasparente	1,3 W / m ² K
Valore ψ del giunto componente trasparente/telaio	0,08 W / m K
Valore U serramento, U_w	1,5 W / m² K

D.M. 26/06/2015 impone limiti sullo stesso titolo delle chiusure tecniche trasparenti (e opache), comprensive degli infissi:

Tabella 4 - Trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati

Zona climatica	U (W/m ² K)	
	2015 ⁽¹⁾	2019/2021 ⁽²⁾
A e B	3,20	3,00
C	2,40	2,20
D	2,00	1,80
E	1,80	1,40
F	1,50	1,10

VALORI
LIMITE

D.M. 26/06/2015 impone limiti sul fattore di trasmissione globale dell'energia solare per componenti finestrati:

Tabella 6 - Valore del fattore di trasmissione solare totale g_{gl+sh} per componenti finestrati con orientamento da Est a Ovest passando per Sud.

Zona climatica	g_{gl+sh}	
	2015 ⁽¹⁾	2019/2021 ⁽²⁾
Tutte le zone	0,35	0,35

⁽¹⁾ dal 1 luglio 2015 per tutti gli edifici

⁽²⁾ dal 1 gennaio 2019 per gli edifici pubblici e a uso pubblico e dal 1 gennaio 2021 per tutti gli altri edifici

Schermi e filtri:

▷ D.P.R. 59/2009

▷ La presenza di sistemi schermanti esterni è obbligatoria nel caso di edifici di nuova costruzione oppure ristrutturazioni di edifici esistenti, fatto eccezione per edifici in classe E.6 (ott. sportive) o E.8 (ed. artigianali o industriali). In altri casi è richiesta una **valutazione puntuale e documentaria dell'efficacia dei sistemi filtranti o schermanti delle superfici vetrate.**

▷ **Quindi:**

▷ Il Legislatore impone l'utilizzo o la valutazione di sistemi schermanti

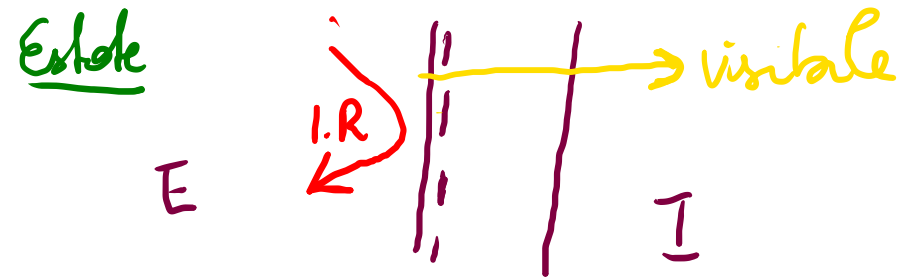
▷ Quale delle due fattispecie debba essere adottata deriva dall'intersezione tra le prescrizioni del DPR 59/2009 e quelle del D.lgs. 192/2005 (per la

definizione di "nuova costruzione" e per la definizione e classificazione di "ristrutturazioni").

Principali tipologie di vetrate

▷ VETRO COMUNE: vetro bianco trasparente (sodico-calcico)

▷ VETRI A CONTROLLO SOLARE: intercettano gran parte delle radiazioni infrarosse



senza ostacolare le radiazioni visibili: graticole e rivestimenti che provocano un assorbimento relativo sulla superficie del vetro.

▷ VETRI LOW-E (Basso-Emissivi): ottimizzano l'isolamento termico e riducono le dispersioni dall'interno dell'edificio.



▷ VETRI SELETTIVI: sono vetri che uniscono le possibilità di controllo solare e di bassa emissività

▷ VETRI DIFFUSORI: diffondono la luce (smarigliati, satinati, ...)

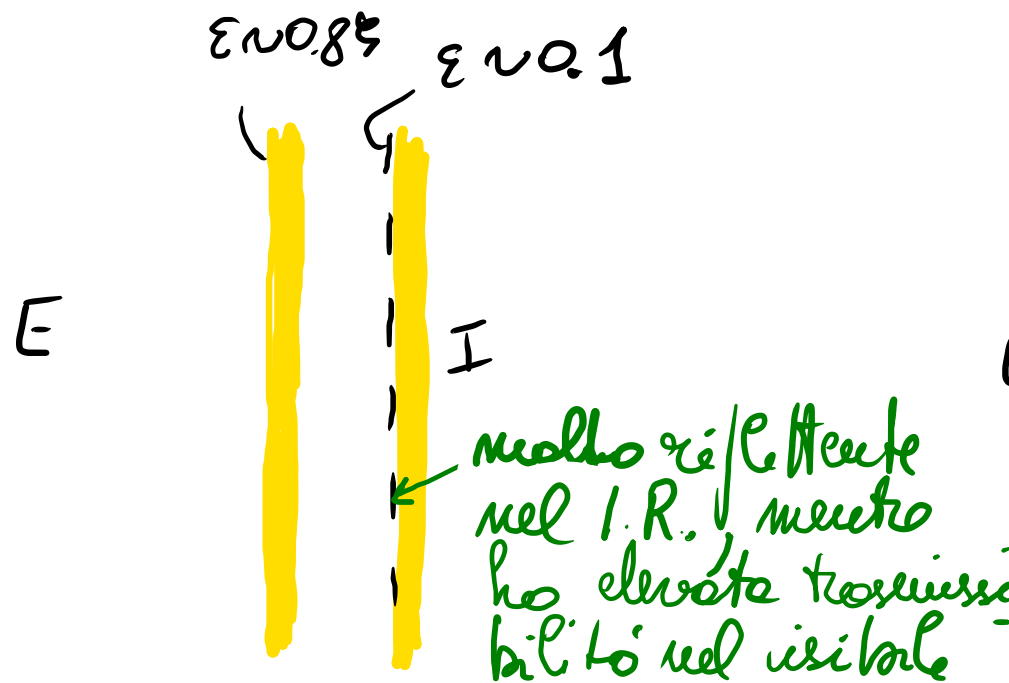
▷ VETRO ASSORBENTE O ATERTICO: sono vetri colorati nello massa o con
con rivestimento di pellicole metalliche; che
causano il coefficiente dell'irraggiamento
solare per assorbimento della radiazione.
Sono costosi ed hanno bassa resa
energetica.

▷ VETRI FOTOCROMATICI: si scuriscono con l'aumentare dell'intensità della
radiazione solare. L'effetto si ottiene con l'aggiunta
di sali d'argento depositati con rame.

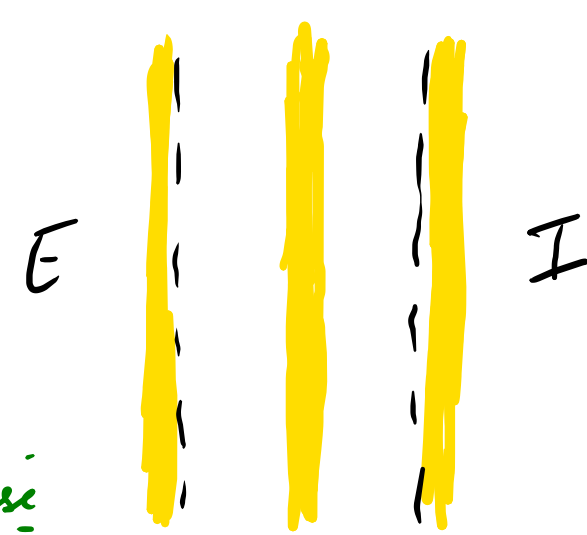
▷ VETRI DI SICUREZZA: non si frantumano in frammenti taglienti in caso di
rottura. Diverse tipologie:

- laminato con rete metallica
- 2 strati con pellicola sintetica
- vetro temperato
- intorpidito

Configurazione vetri con basso emissivo



Singolo vetro-camera.
Rivestimento low-E
su faccia 3



Doppio vetro-camera.
Rivestimento low-E
su face 2 e 4.

Vetrocamere

- ▷ Intercapedine per ridurre U_g
- ▷ Aria deidratata, argon, Kriptone, SF_6 (esaffluoruro di zolfo)
- ▷ Alcuni iduri:

2 lastre, singola intercapedine con aria : $U_g \sim 2.5 \div 3.3 \text{ W/m}^2\text{K}$

3 lastre, 2 intercapedini con Kriptone : $U_g \sim 0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$

Potenza ceduta nell'ambiente
 interno (in estate) attraverso
 un sovraccarico (trasparente)

per ridurre questo, doppio o triplo
 vetro di elevato spessore con intercamera
 e distanziatore con taglio termico

Si può ridurre usando vetri
 "riflettenti"

$$\dot{q} = \underbrace{A_w U_w (t_e - t_i)}_{\text{convezione + irraggiamento da}} + \underbrace{g_{g+sk} \eta A_g}_{\text{trasmissione (diretta e secondaria) dell'irraggiamento solare.}}$$

oltre superficie attraverso vetro
 e telaio



Il contributo degli schermi mobili alle prestazioni termiche dei serramenti

Telai

Legno → basso U_f / ok estetico / necessita manutenzione

Alluminio → alto conduttività del materiale ma U_f ridotto con uso di tagli termici / buona estetica ridotto mantenim.

PVC → buon compromesso.



Trasmittanza termica diurna (a schermi alzati/aperti) U_w UNI EN ISO 10077-1:2007

$$U_w = \frac{(A_G U_G + A_F U_F + L_G \Psi_G)}{(A_G + A_F)} \quad \text{W/m}^2\text{K}$$

dove:

A_G area della vetratura in m^2

U_G trasmittanza termica dell'elemento vetrato in $\text{W/m}^2\text{K}$.

A_F l'area del telaio in m^2 definita come l'area della proiezione della superficie del telaio su un piano parallelo al vetro. Corrisponde all'area più grande tra l'area della superficie frontale interna $A_{f,i}$ e l'area della superficie frontale esterna $A_{f,e}$

U_F trasmittanza termica del telaio metallico in $\text{W/m}^2\text{K}$

L_G perimetro della vetratura in metri; se il perimetro visto dall'interno differisce da quello visto dall'esterno deve essere assunto il valore maggiore delle lunghezze perimetrali

Ψ_G la trasmittanza lineare in W/mK (da considerarsi solo nel caso del vetro camera) dovuta alla presenza del distanziatore posto tra i due vetri; si ricava in funzione del tipo di vetro e del materiale del telaio; tale valore si considera nullo per vetri singoli. Questo parametro è introdotto per tenere conto della *dispersione termica perimetrale che si verifica in prossimità del bordo dei vetrocamera* per l'interazione tra il telaio, la vetratura e il distanziatore

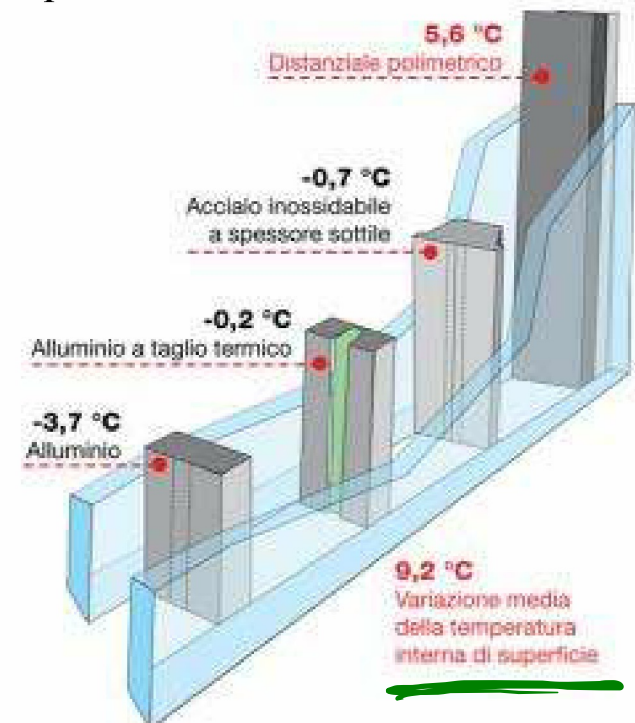


Trasmittanza termica diurna (a schermi alzati/aperti) U_w UNI EN ISO 10077-1:2007

Per rispondere alle richieste sempre più pressanti di isolamento termico e acustico, derivanti dall'entrata in vigore dei decreti legislativi 192 e 311, si è passati velocemente dall'alluminio a materiali più performanti come l'acciaio, fino ad arrivare a sistemi che impiegavano un misto di materie plastiche e metallo, approdando in fine al “bordo caldo” (warmer edge).

L'ultimo anello di questa catena evolutiva è il “bordo caldo polimerico”, una soluzione innovativa e non ancora diffusa, a bassa conducibilità termica, che promette di decretare una forte diminuzione del consumo delle “vecchie” canaline, permettendo di raggiungere: prestazioni migliori in fatto di isolamento termoacustico, resistenza all'invecchiamento naturale e una maggiore ritenzione dei gas.

Dati simulati, con una temperatura esterna di -18 °C e una interna di $+21\text{ °C}$, evidenziano, in corrispondenza del profilo inferiore, una temperatura interna di superficie più alta, in genere di ben 9.2 gradi rispetto all'alluminio, dunque un sensibile miglioramento del valore U_w dell'infisso.

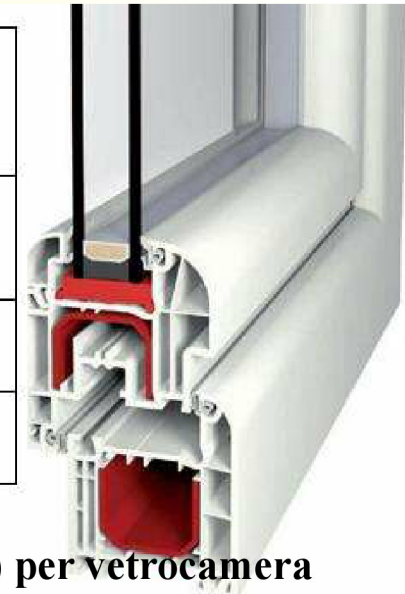




Trasmittanza termica diurna (a schermi alzati/aperti) U_w UNI EN ISO 10077-1:2007

Trasmittanza termica lineare Ψ_e di distanziatori metallici (es. alluminio o acciaio) non isolati per vetrocamera

Materiale del telaio	Vetro doppio o triplo, con vetro senza rivestimento, intercapedine con aria o gas (W/mK)	Vetro doppio con un rivestimento bassoemissivo o triplo con due rivestimenti bassoemissivi, intercapedine con aria o gas (W/mK)
Metallo con taglio termico	0,08	0,11
Metallo senza taglio termico	0,02	0,05
Legno o plastica	0,06	0,08



Trasmittanza termica lineare Ψ_e di distanziatori metallici isolati (warm edges) per vetrocamera

Materiale del telaio	Vetro doppio o triplo, con vetro senza rivestimento, intercapedine con aria o gas (W/mK)	Vetro doppio con un rivestimento bassoemissivo o triplo con due rivestimenti bassoemissivi, intercapedine con aria o gas (W/mK)
Metallo con taglio termico	0,06	0,08
Metallo senza taglio termico	0,01	0,04
Legno o plastica	0,05	0,06



Trasmittanza termica diurna (a schermi abbassati/chiusi) U_{ws} UNI EN ISO 10077-1:2007

La resistenza termica di una lastra di vetro è fortemente influenzata dalle resistenze liminari sia interne sia esterne ed è quindi ovvio che la presenza di elementi di schermatura contribuisca a modificare lo scambio termico (e conseguentemente i valori di resistenza liminare) aumentandone la sua resistenza termica.

Pertanto è possibile considerare per i serramenti una resistenza termica aggiuntiva che tiene conto della presenza di schermi esterni (tapparelle, persiane, ecc.) e della permeabilità all'aria del serramento: si esprime cioè la prestazione termica dei serramenti a schermi chiusi tramite la cosiddetta trasmittanza termica notturna U_{ws} :

$$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + \Delta R} \quad (\text{W/m}^2\text{K})$$

*Serie di
resistenze*

dove:

U_w trasmittanza termica del serramento in $\text{W/m}^2\text{K}$

ΔR resistenza termica aggiuntiva in $\text{m}^2\text{K/W}$ dovuta alla presenza degli schermi chiusi



Trasmittanza termica diurna (a schermi abbassati/chiusi) U_{ws} **UNI EN ISO 10077-1:2007**

Il valore di ΔR può essere definito in funzione della permeabilità e della resistenza termica R_{sh} degli schermi secondo le seguenti espressioni valide per $R_{sh} < 0,3 \text{ m}^2\text{K/W}$:

Schermo a permeabilità molto elevata : $\Delta R = 0,08 \text{ (m}^2\text{K/W)}$

Schermo ad elevata permeabilità: $\Delta R = 0,25 R_{sh} + 0,09 \text{ (m}^2\text{K/W)}$

Schermo a media permeabilità (ad esempio schermi ad ante cieche, veneziane in legno con stecche piene sovrapposte, chiusure avvolgibili in legno, plastica oppure metallo con stecche interlacciate):

$$\Delta R = 0,55 R_{sh} + 0,11 \text{ (m}^2\text{K/W)}$$

Schermo a bassa permeabilità: $\Delta R = 0,80 R_{sh} + 0,14 \text{ (m}^2\text{K/W)}$

Schermo impermeabile: $\Delta R = 0,95 R_{sh} + 0,17 \text{ (m}^2\text{K/W)}$



Trasmittanza termica diurna (a schermi abbassati/chiusi) U_{ws} UNI EN ISO 10077-1:2007

R_{sh} è la resistenza termica dello schermo che varia con la tipologia e il materiale costituente della chiusura oscurante:

Tipo di schermo	Resistenza termica R_{sh} dello schermo in m^2K/W
Tende interne o esterne	0
Avvolgibile in alluminio	0.01
Avvolgibile in legno o in plastica senza riempimento di materiale isolante	0.10
Avvolgibile in legno o in plastica con riempimento di materiale isolante	0.15
Persiane di legno (25÷30 mm)	0.20
Persiane di alluminio [rif. <i>UNCSAAL</i>]	0.02
Avvolgibile di alluminio coibentato [rif. <i>UNCSAAL</i>]	0.10
Persiana di alluminio coibentato [rif. <i>UNCSAAL</i>]	0.20

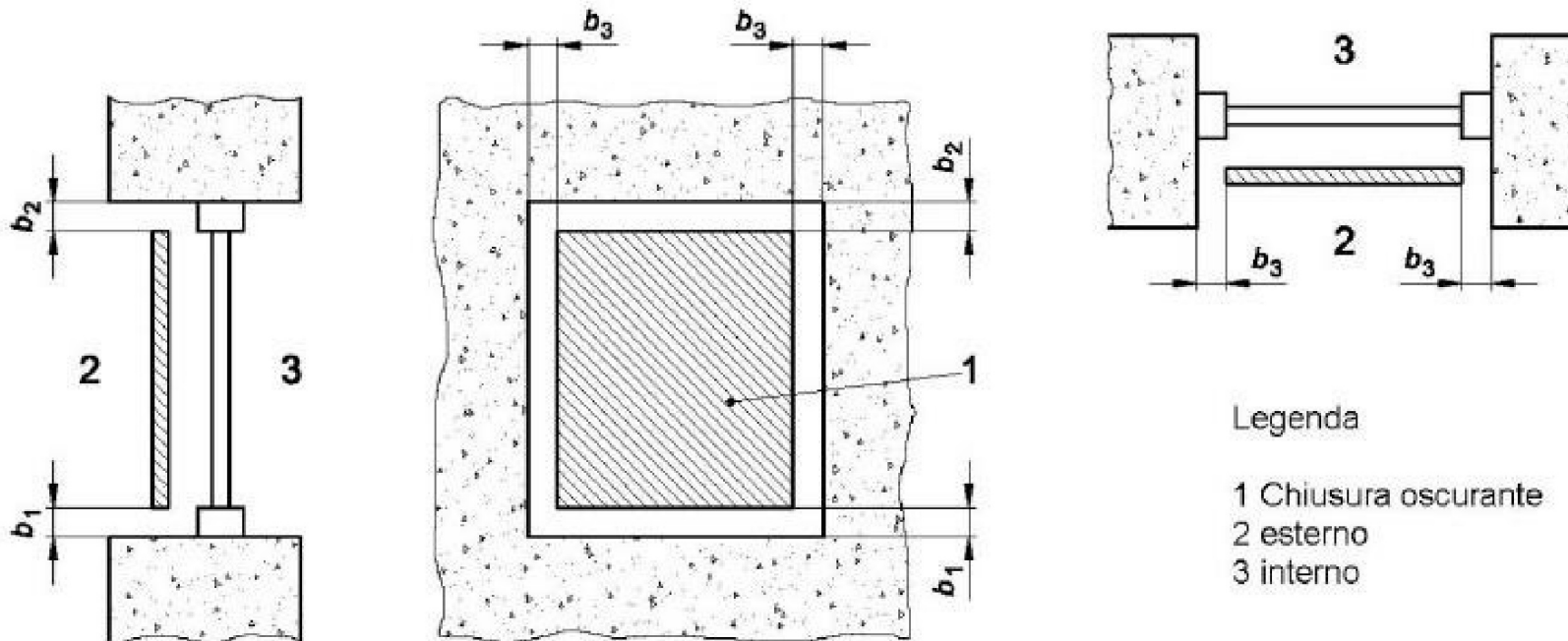


Trasmittanza termica diurna (a schermi abbassati/chiusi) U_{ws} UNI EN ISO 10077-1:2007

La permeabilità all'aria degli schermi può essere invece definita in funzione del parametro:

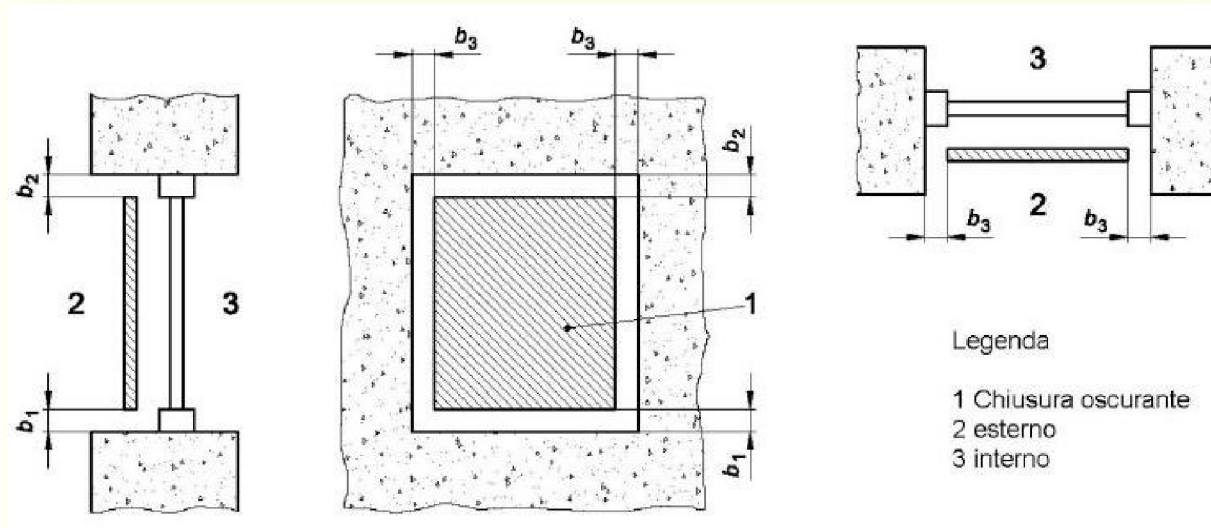
$$b_{sh} = b_1 + b_2 + b_3,$$

somma delle distanze laterali tra lo schermo e il vano, che rappresenta lo spazio totale effettivo ai bordi tra la chiusura e il suo contorno.





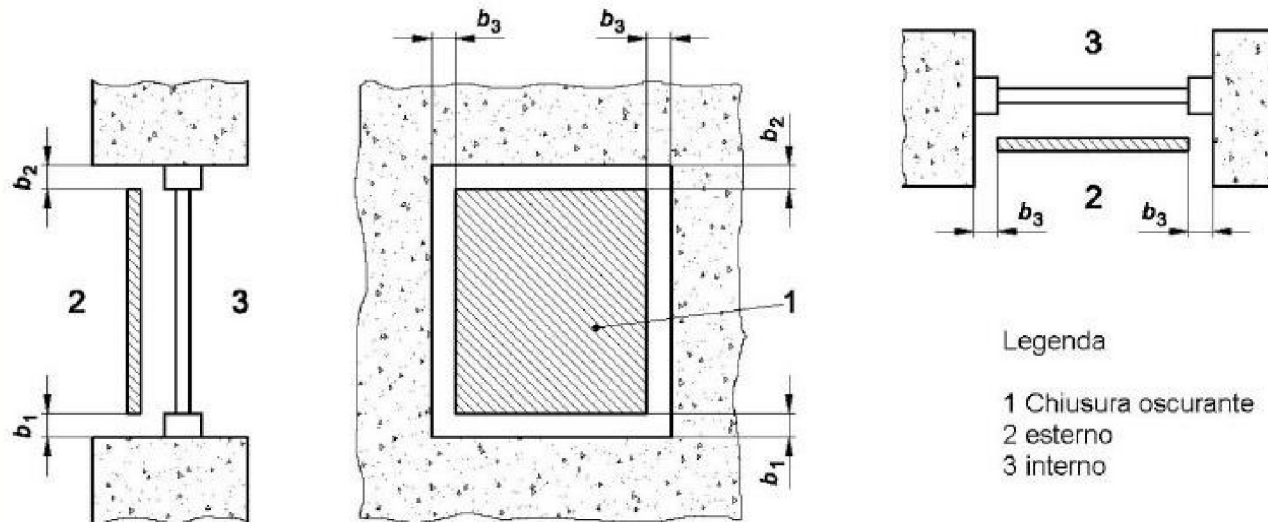
Trasmittanza termica diurna (a schermi abbassati/chiusi) U_{ws} UNI EN ISO 10077-1:2007



Il parametro b_3 è relativo ad un solo lato del serramento poiché gli spazi laterali influenzano meno la permeabilità rispetto a quelli superiori ed inferiori; nel caso di spazi laterali differenti tra loro, il valore b_3 può essere calcolato con la loro media aritmetica.



Trasmittanza termica diurna (a schermi abbassati/chiusi) U_{ws} UNI EN ISO 10077-1:2007



Per gli avvolgibili a permeabilità molto bassa b_3 e b_1 possono essere considerati uguali a zero se le guide sono dotate di guarnizioni di tenuta mentre b_2 può essere considerato nullo se l'entrata del telo nel cassonetto è dotata di guarnizioni in entrambi i lati oppure la parte finale del telo viene pressata mediante un apposito dispositivo contro un materiale sigillante sulla superficie interna della parete esterna del cassonetto.

Sperimentalmente viene attribuita ad uno schermo la permeabilità molto bassa (classe 5) se la portata d'aria attraverso la chiusura ad una differenza di pressione di 10 Pa risulta minore o uguale a 10 m³/hm².



Trasmittanza termica diurna (a schermi abbassati/chiusi) U_{ws} UNI EN ISO 10077-1:2007

Relazione tra le classi di permeabilità all'aria delle chiusure oscuranti e lo spazio totale effettivo ai bordi tra la chiusura e il suo contorno b_{sh}

(UNI EN ISO 10077-1 Finestre, porte e schermi – Trasmittanza termica - Part. 1 – Metodo di calcolo semplificato - 2007)

Classe	Permeabilità della chiusura	b_{sh} mm
1	Permeabilità molto elevata	$b_{sh} > 35$
2	Permeabilità all'aria elevata	$15 \leq b_{sh} < 35$
3	Permeabilità all'aria media	$8 \leq b_{sh} < 15$
4	Permeabilità all'aria bassa	$b_{sh} \leq 8$
5	A tenuta	$b_{sh} \leq 3$ e $b_1 + b_3 = 0$ oppure $b_2 + b_3 = 0$

Nota 1 Per le classi di permeabilità 2 e superiori non dovrebbero esserci delle aperture all'interno della chiusura stessa.

Nota 2 Per le chiusure appartenenti alla classe di permeabilità 5 si applicano i seguenti criteri:

- Chiusure avvolgibili
Gli spazi ai bordi laterali e inferiore sono considerati uguali a zero se ci sono guarnizioni rispettivamente nelle guide laterali e nella doga finale. Lo spazio superiore è considerato uguale a zero se la fessura d'ingresso dell'avvolgibile nel cassonetto è dotata di linguette di tenuta o guarnizioni del tipo a spazzolino su entrambi i lati della chiusura o se il lato terminale della chiusura è compresso da un apparato (molla) contro un materiale sigillante sulla superficie interna del lato esterno del cassonetto dell'avvolgibile.
- Altre chiusure
L'effettiva presenza di guarnizioni sui tre lati e di uno spazio sul quarto lato minore di 3 mm.



Trasmittanza media U_{wm} su periodo notturno e diurno della finestra

$$U_{wm} = \left(\frac{U_w * t_w + U_{ws} * t_{ws}}{t_w + t_{ws}} \right) \quad \text{W/m}^2\text{K}$$

dove:

U_w trasmittanza termica nel periodo t' (periodo diurno; ipotesi di schermi aperti)

U_{ws} trasmissione termica nel periodo t'' (periodo notturno; ipotesi di schermi chiusi)

t' periodo in cui la trasmittanza del componente é pari a U_w (periodo diurno)

t'' periodo in cui la trasmittanza del componente é pari a U_{ws} (periodo notturno)

Come valori dei periodi di tempo diurno e tempo notturno, che compaiono nella formula di calcolo della trasmittanza U_m , si può utilizzare il valore pari a 12 ore = 43200 sec:

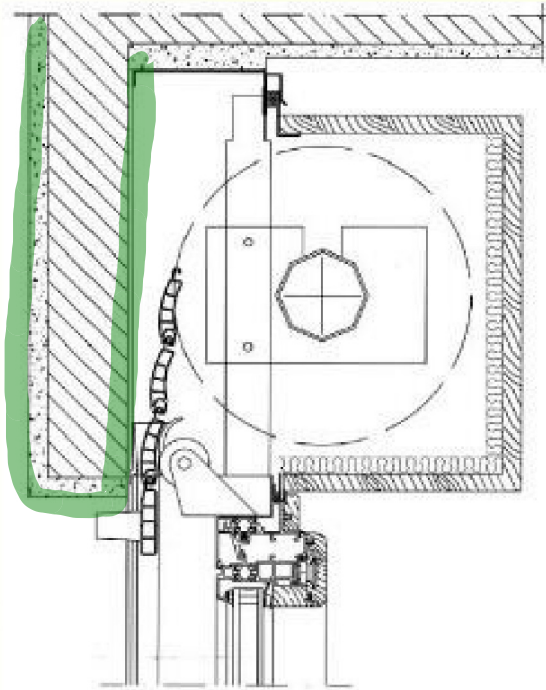
$$t_w = 43200 \text{ sec}$$

$$t_{ws} = 43200 \text{ sec}$$

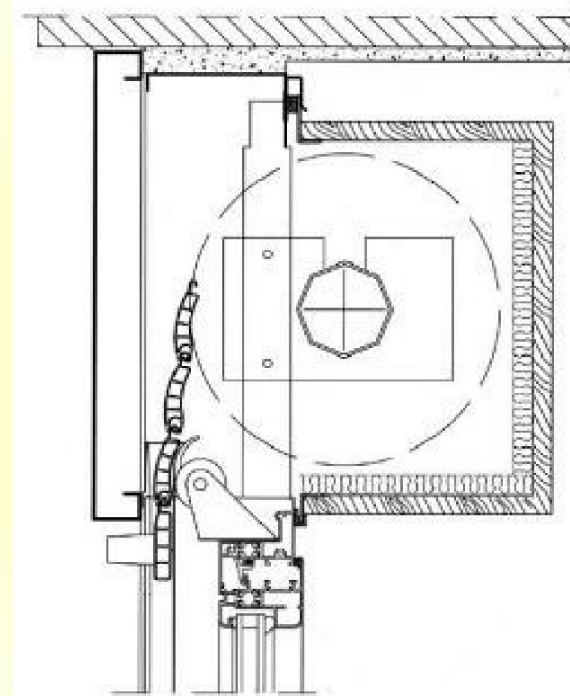
contenuto nell'Appendice B delle Raccomandazioni del CTI 03/2003.



La Trasmittanza termica dei cassonetti

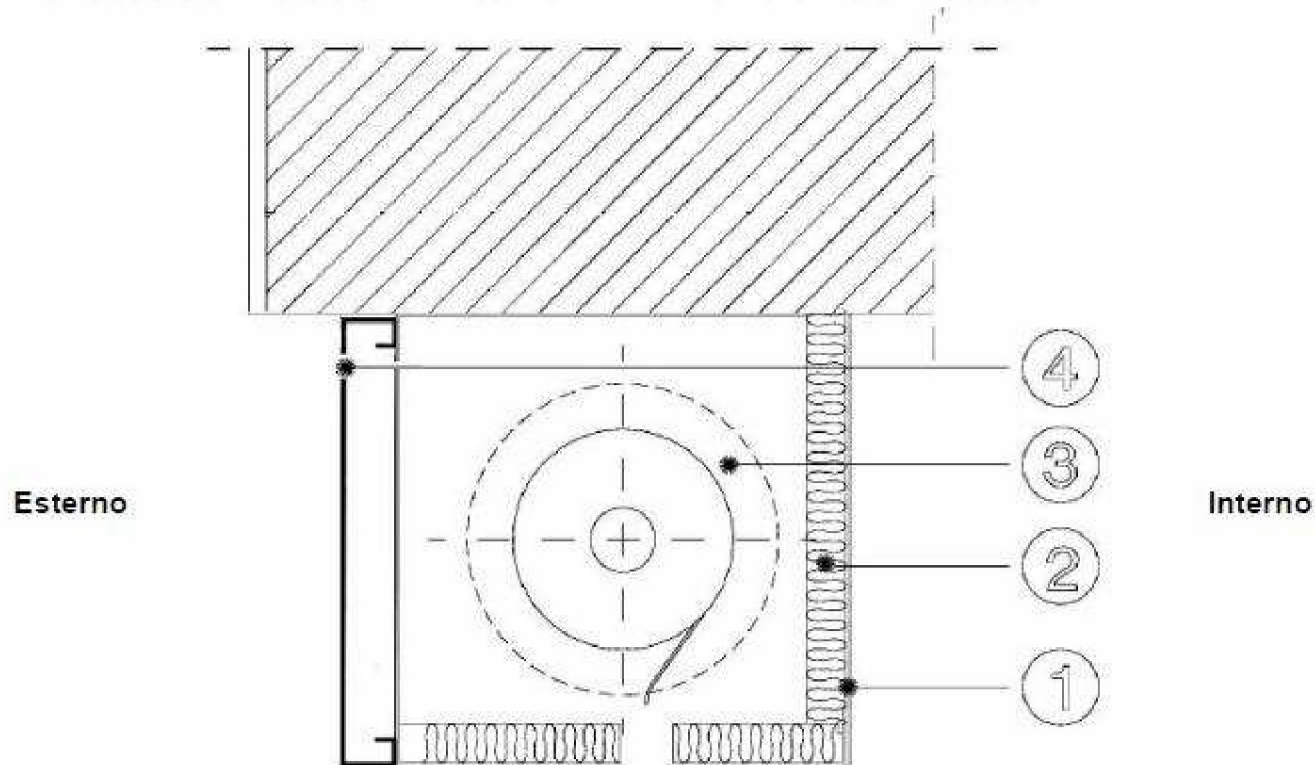


Cassonetto con veletta in muratura (NON si considera il cassonetto nel calcolo della trasmittanza della finestra)



Serramento senza veletta in muratura (si considera il cassonetto nel calcolo della trasmittanza della finestra)

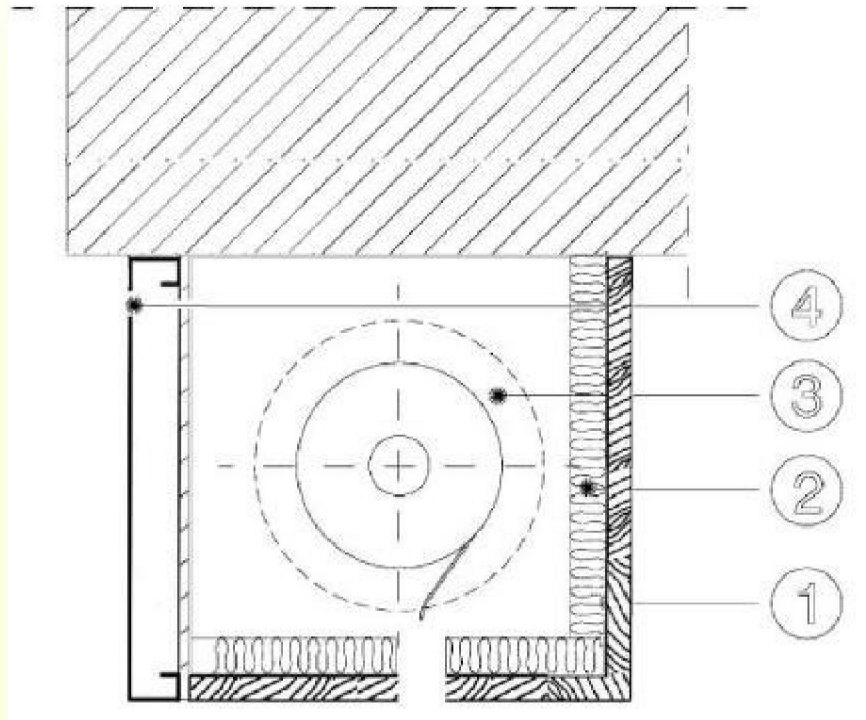
Esempio 1: cassonetto in alluminio coibentato



	Descrizione	spessore (m)	conducibilità λ (W/mK)	conduttanza C (W/m ² K)	resistenza termica R (m ² K/W)	Riferimento normativo
R _{si}	Resistenza termica superf. interna				0,13	UNI 6946
1	Pannello di alluminio	0,003	220		0,0000136	UNI EN ISO 10077 - 1
2	Poliuretano espanso in lastre	0,03	0,032		0,9375	UNI 10351
3	Intercapedine d'aria verticale	0,20		5,5	0,1818	UNI 6946
4	Veletta in alluminio	0,003	220		0,0000136	UNI EN ISO 10077 - 1
R _{se}	Resistenza termica superf. esterna				0,04	UNI 6946
	Resistenza totale del cassonetto	$R_p = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{se}$			1,29	(m ² K/W)
	Trasmittanza termica del cassonetto	$U_p = 1/R_p$			0,8	(W/m ² K)



Esempio 2: cassonetto in legno coibentato con veletta in alluminio



	Descrizione	spessore (m)	conducibilità λ (W/mK)	conduttanza C (W/m ² K)	resistenza termica R (m ² K/W)	Riferimento normativo
R _{si}	Resistenza termica superf. interna				0,13	UNI 6946
1	Pannello di spaccato di legno	0,005	0,12		0,0416	UNI 10351
2	Poliuretano espanso in lastre	0,03	0,032		0,9375	UNI 10351
3	Intercapedine d'aria verticale	0,20		5,5	0,1818	UNI 6946
4	Veletta in alluminio	0,003	220		0,0000136	UNI EN ISO 10077 - 1
R _{se}	Resistenza termica superf. esterna				0,04	UNI 6946
	Resistenza totale del cassonetto	$R_p = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{se}$			1,331	(m ² K/W)
	Trasmittanza termica del cassonetto	$U_p = 1/R_p$			0,751	(W/m ² K)



Trasmittanza termica diurna (a schermi alzati/aperti) U_w di una finestra con cassonetto (UNI EN ISO 10077-1:2007)

$$U_w = \frac{(A_G U_G + A_F U_F + A_P U_P + L_G \Psi_G)}{(A_G + A_F + A_P)} \quad \text{W/m}^2\text{K}$$

parallelo di
resistenza

dove:

A_P area del cassonetto in m^2

U_P trasmittanza termica del cassonetto in $\text{W/m}^2\text{K}$

A_G area della vetratura in m^2

U_G trasmittanza termica dell'elemento vetrato in $\text{W/m}^2\text{K}$

A_F l'area del telaio in m^2 definita come l'area della proiezione della superficie del telaio su un piano parallelo al vetro. Corrisponde all'area più grande tra l'area della superficie frontale interna $A_{f,i}$ e l'area della superficie frontale esterna $A_{f,e}$

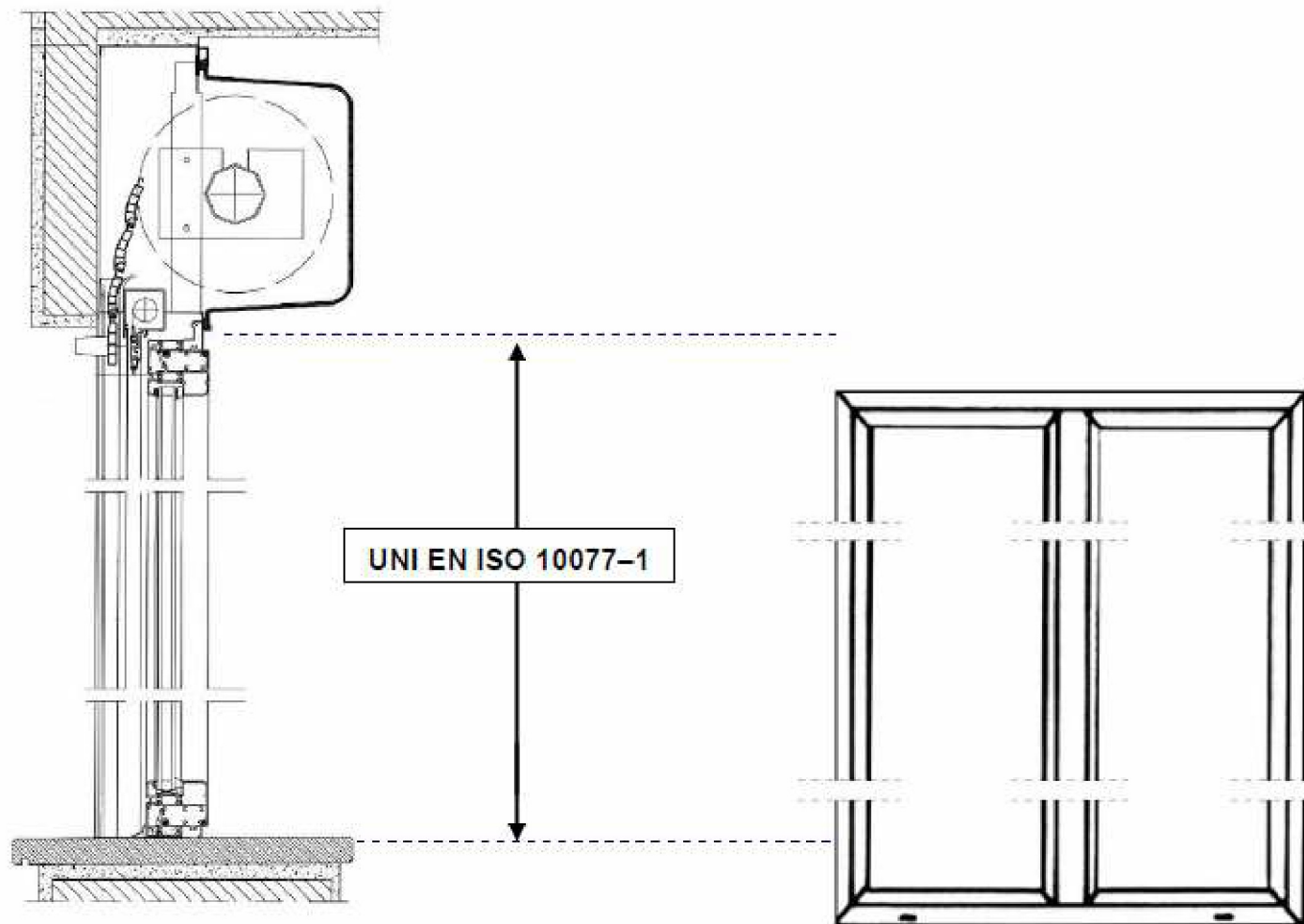
U_F trasmittanza termica del telaio metallico in $\text{W/m}^2\text{K}$

L_G perimetro della vetratura in m; se il perimetro visto dall'interno differisce da quello visto dall'esterno deve essere assunto il valore maggiore delle lunghezze perimetrali

Ψ_G la trasmittanza lineare in W/mK (da considerarsi solo nel caso del vetro camera) dovuta alla presenza del distanziatore posto tra i due vetri; si ricava in funzione del tipo di vetro e del materiale del telaio; tale valore si considera nullo per vetri singoli. Questo parametro è introdotto per tenere conto della *dispersione termica perimetrale che si verifica in prossimità del bordo dei vetrocamera* per l'interazione tra il telaio, la vetratura e il distanziatore.



Esempio 3: Calcolo della trasmittanza di un serramento in alluminio con avvolgibile in alluminio e veletta in muratura



In questo caso **non si considera il contributo del cassonetto** nel calcolo della **trasmittanza termica** del serramento per la presenza della veletta in muratura.



Trasmittanza termica diurna (a schermi alzati/aperti) U_w di una finestra con cassonetto (UNI EN ISO 10077-1:2007)

La trasmittanza termica diurna (a schermi alzati/aperti) U_w di una finestra in combinazione con il cassonetto risulta essere pari a:

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + L_g \Psi_g}{A_g + A_f} \quad \text{W/m}^2\text{K}$$

Ipotizzando di costruire una finestra con profili in alluminio a taglio termico e vetrocamera 4-12-4 bassoemissivo e di considerare i valori misurati / forniti

	Descrizione	Valore	Fonte
U_g	Trasmittanza termica del componente vetrato (W/m ² K)	1,9	Fornitore
U_f	Trasmittanza termica telaio in alu con T.T. (W/m ² K)	2,6	Fornitore
ψ_g	Trasmittanza termica lineare (W/mK)	0,11	UNI EN 10077
L_g	Perimetro totale della vetrazione (m)	7,47	calcolo
A_g	Area della vetrazione (m ²)	1,32	calcolo
A_f	Area del telaio (m ²)	0,63	calcolo

$$U_w = \frac{1,32 * 1,9 + 0,63 * 2,6 + 7,47 * 0,11}{1,32 + 0,63} = 2,55 \quad \text{W/m}^2\text{K}$$



Trasmittanza termica diurna (a schermi alzati/aperti) U_w di una finestra con cassonetto (UNI EN ISO 10077-1:2007)

Prevedendo l'installazione di una tapparella esterna in alluminio, che offre una resistenza termica aggiuntiva, la trasmittanza notturna (a schermi abbassati/chiusi) U_{ws} risulta pari a

$$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + \Delta R} \quad \text{W/m}^2\text{K}$$

Schermo a media permeabilità (ad esempio schermi ad ante cieche, veneziane in legno con stecche piene sovrapposte, chiusure avvolgibili in legno, plastica oppure metallo con stecche interlacciate):

$$\Delta R = 0,55 R_{sh} + 0,11 \text{ (m}^2\text{K/W)}$$

Tipo di schermo	Resistenza termica R_{sh} dello schermo in $\text{m}^2\text{K/W}$
Tende interne o esterne	0
Avvolgibile in alluminio	0.01

$$\Delta R = 0,55 * 0,01 + 0,11 = 0,1155 \text{ (m}^2\text{K/W)} \quad \rightarrow \quad U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{2,55} + 0,1155} = 1,97 \text{ W/m}^2\text{K}$$



Trasmittanza termica diurna (a schermi alzati/aperti) U_w di una finestra con cassonetto (UNI EN ISO 10077-1:2007)

La trasmittanza termica media U_m su periodo notturno e diurno della finestra risulta pari a

$$U_{wm} = \left(\frac{U_w * t_w + U_{ws} * t_{ws}}{t_w + t_{ws}} \right) \quad \text{W/m}^2\text{K}$$

$$U_{wm} = \left(\frac{2,55 * 43200 + 1,97 * 43200}{43200 + 43200} \right) = 2,26 \quad \text{W/m}^2$$

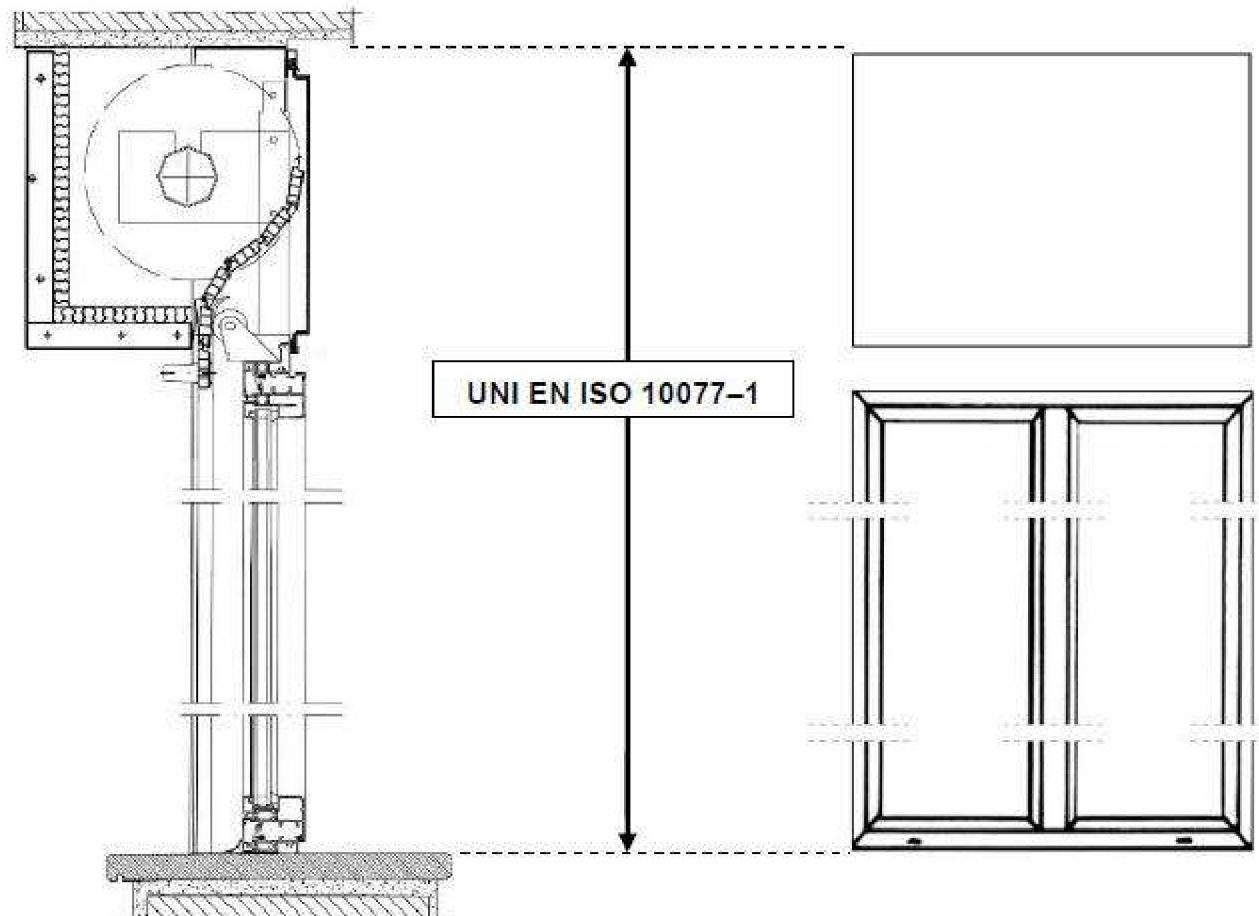
Tabella 4 - Trasmittanza termica U massima delle chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati soggette a riqualificazione

Zona climatica	U (W/m ² K)	
	2015 ⁽¹⁾	2021 ⁽²⁾
A e B	3,20	3,00
C	2,40	2,00
D	2,10	1,80
E	1,90	1,40
F	1,70	1,00



Trasmittanza termica diurna (a schermi alzati/aperti) U_w di un serramento con tapparella, veletta in alluminio e cassonetto coibentato in alluminio

La trasmittanza termica del cassonetto è quella calcolata nell'esempio 1: $U_p = 1/R_p = 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$





Trasmittanza termica diurna (a schermi alzati/aperti) U_w di un serramento con tapparella, veletta in alluminio e cassonetto coibentato in alluminio

La trasmittanza termica diurna (a schermi alzati/aperti) U_w di una finestra in combinazione con il cassonetto risulta essere pari a:

$$U_w = \frac{(A_G U_G + A_F U_F + A_P U_P + L_G \Psi_G)}{(A_G + A_F + A_P)} \quad \text{W/m}^2\text{K}$$

Ipotizzando di costruire una finestra con **profili in alluminio a taglio termico e vetrocamera 4-12-4 bassoemissivo**, si possono considerare i valori in ingresso riportati in Tabella 8 :

	Descrizione	Valore	Fonte
U_g	Trasmittanza termica del componente vetrato (W/m ² K)	1,9	Fornitore
U_f	Trasmittanza termica telaio in alu con T.T. (W/m ² K)	2,6	Fornitore
ψ_g	Trasmittanza termica lineare (W/mK)	0,11	
L_g	Perimetro totale della vetrazione (m)	7,47	UNI EN 10077 calcolo
A_g	Area della vetrazione (m ²)	1,32	calcolo
A_f	Area del telaio (m ²)	0,63	calcolo
A_p	Area del cassonetto (m ²)	0,42	calcolo
U_p	Trasmit. term del cassonetto in alu coibentato (W/m ² K)	0,80	

$$U_w = \frac{1,32 * 1,9 + 0,63 * 2,6 + 0,42 * 0,80 + 7,47 * 0,11}{1,32 + 0,63 + 0,42} = 2,24 \quad \text{W/m}^2\text{K}$$



Trasmittanza termica diurna (a schermi alzati/aperti) U_w di un serramento con tapparella, veletta in alluminio e cassonetto coibentato in alluminio

Prevedendo di installare una tapparella esterna in alluminio, che rappresenta una resistenza termica aggiuntiva, la trasmittanza notturna (a schermi abbassati/chiusi) U_{ws} risulta pari a:

$$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + \Delta R} \quad \text{W/m}^2\text{K}$$

Schermo a media permeabilità (ad esempio schermi ad ante cieche, veneziane in legno con stecche piene sovrapposte, chiusure avvolgibili in legno, plastica oppure metallo con stecche interlacciate):

$$\Delta R = 0,55 R_{sh} + 0,11 \text{ (m}^2\text{K/W)}$$

Tipo di schermo	Resistenza termica R_{sh} dello schermo in $\text{m}^2\text{K/W}$
Tende interne o esterne	0
Avvolgibile in alluminio	0.01

$$\Delta R = 0,55 * 0,01 + 0,11 = 0,1155 \text{ (m}^2\text{K/W)} \quad \rightarrow \quad U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{2,24} + 0,1155} = 1,78 \text{ W/m}^2\text{K}$$



Trasmittanza termica diurna (a schermi alzati/aperti) U_w di una finestra con cassonetto (UNI EN ISO 10077-1:2007)

La trasmittanza termica media U_m su periodo notturno e diurno della finestra risulta pari a

$$U_{wm} = \left(\frac{U_w * t_w + U_{ws} * t_{ws}}{t_w + t_{ws}} \right) \quad \text{W/m}^2\text{K}$$

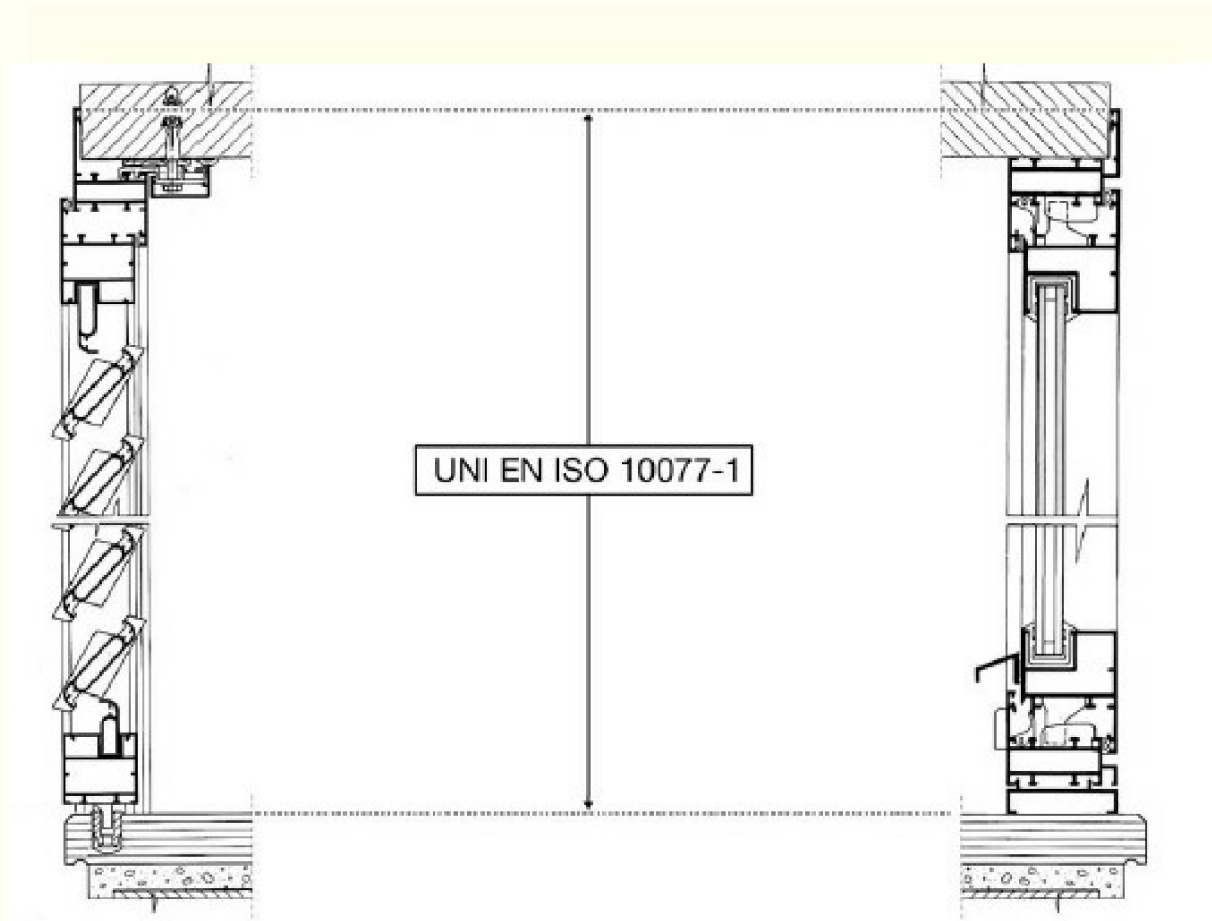
$$U_{wm} = \left(\frac{2,24 * 43200 + 1,78 * 43200}{43200 + 43200} \right) = 2,01 \quad \text{W/m}^2\text{K}$$

Tabella 4 - Trasmittanza termica U massima delle chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati soggette a riqualificazione

Zona climatica	U (W/m ² K)	
	2015 ⁽¹⁾	2021 ⁽²⁾
A e B	3,20	3,00
C	2,40	2,00
D	2,10	1,80
E	1,90	1,40
F	1,70	1,00



Trasmittanza termica di un serramento in alluminio e persiana in alluminio





Trasmittanza termica di un serramento in alluminio e persiana in alluminio

La trasmittanza termica diurna (a schermi alzati/aperti) U_w risulta essere pari a:

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + L_g \Psi_g}{A_g + A_f} \quad \text{W/m}^2\text{K}$$

Ipotizzando di costruire una finestra con profili in alluminio a taglio termico e vetrocamera 4-12-4 bassoemissivo e di considerare i valori misurati / forniti

	Descrizione	Valore	Fonte
U_g	Trasmittanza termica del componente vetrato (W/m ² K)	1,9	UNI EN 10077 Fornitore
U_f	Trasmittanza termica telaio in alu con T.T. (W/m ² K)	2,6	Fornitore
ψ_g	Trasmittanza termica lineare (W/mK)	0,11	
L_g	Perimetro totale della vetrazione (m)	7,47	calcolo
A_g	Area della vetrazione (m ²)	1,32	calcolo
A_f	Area del telaio (m ²)	0,63	calcolo

$$U_w = \frac{1,32 * 1,9 + 0,63 * 2,6 + 7,47 * 0,11}{1,32 + 0,63} = 2,55 \quad \text{W/m}^2\text{K}$$



Trasmittanza termica di un serramento in alluminio e persiana in alluminio

Prevedendo l'installazione di una tapparella esterna in alluminio, che offre una resistenza termica aggiuntiva, la trasmittanza notturna (a schermi abbassati/chiusi) U_{ws} risulta pari a

$$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + \Delta R} \quad \text{W/m}^2\text{K}$$

Schermo a media permeabilità (ad esempio schermi ad ante cieche, veneziane in legno con stecche piene sovrapposte, chiusure avvolgibili in legno, plastica oppure metallo con stecche interlacciate):

$$\Delta R = 0,55 R_{sh} + 0,11 \text{ (m}^2\text{K/W)}$$

Tipo di schermo	Resistenza termica R_{sh} dello schermo in $\text{m}^2\text{K/W}$
Tende interne o esterne	0
Avvolgibile in alluminio	0.01
Avvolgibile in legno o in plastica senza riempimento di materiale isolante	0.10
Avvolgibile in legno o in plastica con riempimento di materiale isolante	0.15
Persiane di legno (25÷30 mm)	0.20
Persiane di alluminio [rif. UNCSAAL]	0.02
Avvolgibile di alluminio coibentato [rif. UNCSAAL]	0.10



Trasmittanza termica di un serramento in alluminio e persiana in alluminio

Prevedendo l'installazione di una tapparella esterna in alluminio, che offre una resistenza termica aggiuntiva, la trasmittanza notturna (a schermi abbassati/chiusi) U_{ws} risulta pari a

$$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + \Delta R} \quad \text{W/m}^2\text{K}$$

Schermo a media permeabilità (ad esempio schermi ad ante cieche, veneziane in legno con stecche piene sovrapposte, chiusure avvolgibili in legno, plastica oppure metallo con stecche interlacciate):

$$\Delta R = 0,55 R_{sh} + 0,11 \text{ (m}^2\text{K/W)}$$

$$\Delta R = 0,55 * 0,02 + 0,11 = 0,121 \text{ (m}^2\text{K/W)}$$



$$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{2,55} + 0,121} = 1,95 \quad \text{W/m}^2\text{K}$$

La trasmittanza termica media U_m su periodo notturno e diurno della finestra risulta pari a

$$U_{wm} = \left(\frac{U_w * t_w + U_{ws} * t_{ws}}{t_w + t_{ws}} \right) \quad U_{wm} = \left(\frac{2,55 * 43200 + 1,95 * 43200}{43200 + 43200} \right) = 2,25 \quad \text{W/m}^2\text{K}$$