



VASISTAS n. 6\_17 luglio 2007

## IL CONTRIBUTO DI TAPPARELLE, PERSIANE E SCURI NELLA VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI TERMICHE DELLE FINESTRE

A cura dell'Ufficio Tecnico UNCSAAL [ing. Ippolito Abelli - ing. Lara Bianchi - ing. Paolo Rigone]

### Avvertenze:

Si consiglia di verificare nel sito web [www.uncsaal.it](http://www.uncsaal.it) l'eventuale esistenza di versione più aggiornata di questo documento.  
In assenza di autorizzazione scritta da parte di UNCSAAL non è consentita né la riproduzione né la diffusione con qualsiasi strumento di questo documento o parti di esso. UNCSAAL declina ogni responsabilità per l'uso non autorizzato del presente documento.

**Questo documento integra il documento tecnico UNCSAAL Vasistas 5.2007 Guida alle detrazioni fiscali per i serramenti della Finanziaria 2007 [e successivi aggiornamenti]**

### Sono di riferimento per questo documento:

Legge del 27 dicembre 2006 n°296 (Legge Finanziaria per il 2007)

Decreto ministeriale 19 febbraio 2007 "Disposizioni in materia di detrazioni per le spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, ai sensi dell'articolo 1, comma 349, della legge 27 dicembre 2006, n. 296"

Circolare n°36 del 31-05-07 Detrazione d'imposta del 55% per gli interventi di risparmio energetico previsti dai commi 344 - 345 - 346 e 347 della Legge 27 dicembre 2006 n°296 (Legge Finanziaria per il 2007).

UNI EN ISO 10077-1: 2007 "Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica - Parte 1: Generalità"

Raccomandazioni del CTI 03/2003 Prestazioni energetiche degli edifici

La **Circolare n°36 del 31-05-07** ha inserito un'importante novità per quanto riguarda le detrazioni del 55% previste dal comma 345 della **Legge Finanziaria 27 Dicembre 2006 n. 296** (e succ. mod.): l'estensione dei benefici fiscali anche alle **chiusure oscuranti (tapparelle, persiane, scuri)** ritenute di contributo al contenimento delle dispersioni termiche attraverso i serramenti. Rientrano nelle detrazioni anche i **cassonetti**, se incorporati nel telaio del serramento (monoblocco).

Questa importante estensione ha un effetto sul calcolo della trasmittanza termica dei serramenti: è necessario verificare che rispetti i limiti imposti dalla Finanziaria, il valore di **trasmittanza media Um** ricavato pesando, con il periodo notturno e diurno, la cosiddetta **trasmittanza termica diurna (a schermi alzati/aperti) Uw** e la cosiddetta **trasmittanza notturna (a schermi abbassati/chiusi) Uws**.

**1. Trasmittanza termica diurna (a schermi alzati/aperti)  $U_w$**  (rif. UNI EN ISO 10077-1:2007; punto 5.1.1)

$$U_w = \frac{(A_G U_G + A_F U_F + L_G \Psi_G)}{(A_G + A_F)} \quad \text{W/m}^2\text{K} \quad (f 1)$$

dove:

- $A_G$  area della vetratura in  $m^2$ ;  
 $U_G$  trasmittanza termica dell'elemento vetrato in  $W/m^2K$ .  
 $A_F$  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  $W/m^2K$ .  
 $L_G$  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;  
 $\Psi_G$  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 vetrata e il distanziatore  
 Nelle seguenti Tabelle 1 e 2, sono riportati i valori di  $\Psi_G$  a cui si può fare riferimento.

**Tab. 1 - Trasmittanza termica lineare  $\Psi_e$  di distanziatori metallici (es. alluminio o acciaio) non isolati per vetrocamera** (fonte: UNI EN ISO 10077-1 : 2007):

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

**Tab. 2 - Trasmittanza termica lineare  $\Psi_e$  di distanziatori metallici isolati (warm edges) per vetrocamera** (fonte: UNI EN ISO 10077-1 : 2007):

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

**2. Trasmittanza termica notturna (a schermi abbassati/chiusi)  $U_{ws}$**  (rif. UNI EN ISO 10077-1:2007; par. 5.3; Appendici G e H)

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

dove:

$U_w$                     trasmittanza termica del serramento in W/ m<sup>2</sup>K  
 $\Delta R$  (delta R)        resistenza termica aggiuntiva in m<sup>2</sup>K/W, dovuta alla presenza degli schermi chiusi, il cui valore può essere definito in funzione della permeabilità all'aria e della resistenza termica  $R_{sh}$  degli schermi.

Per uno schermo a media permeabilità (tapparelle, persiane) si può utilizzare la formula :

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

dove  $R_{sh}$  è la resistenza termica dello schermo che varia con la tipologia e il materiale costituente della chiusura oscurante così come indicato nella Tabella 3.

**Tabella 3 - Valori della resistenza termica degli schermi** (rif. UNI EN ISO 10077-1:2007):

Tipo di schermo	Resistenza termica $R_{sh}$ dello schermo in m <sup>2</sup> K/W
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
<i>Persiane di alluminio [ interpretazione UNCSAAL ]</i>	<i>0,02</i>
<i>Avvolgibile di alluminio coibentato [ interpretazione UNCSAAL ]</i>	<i>0,10</i>
<i>Persiana di alluminio coibentato [ interpretazione UNCSAAL ]</i>	<i>0,20</i>

Per chiusure oscuranti con permeabilità elevata oppure bassa si rimanda al testo completo della norma UNI EN ISO 10077-1 che riporta criteri di valutazione della resistenza termica  $R_{sh}$  e della resistenza termica addizionale  $\Delta R$ .

**3. Trasmittanza media  $U_m$  su periodo notturno e diurno della finestra**

$$U_{wm} = \left( \frac{U_w * t_w + U_{ws} * t_{ws}}{t_w + t_{ws}} \right) \quad \text{W/m}^2\text{K} \quad (\text{f 3})$$

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 è pari a  $U_w$  (periodo diurno)  
 $t''$                       periodo in cui la trasmittanza del componente è 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 :

**$t_w = 43200$  sec**  
 **$t_{ws} = 43200$  sec**

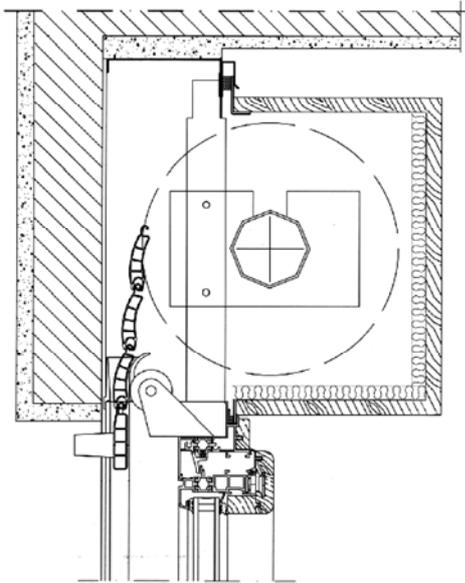
contenuto nell'Appendice B delle Raccomandazioni del CTI 03/2003 (punto B.5).

#### 4. Trasmittanza termica dei cassonetti

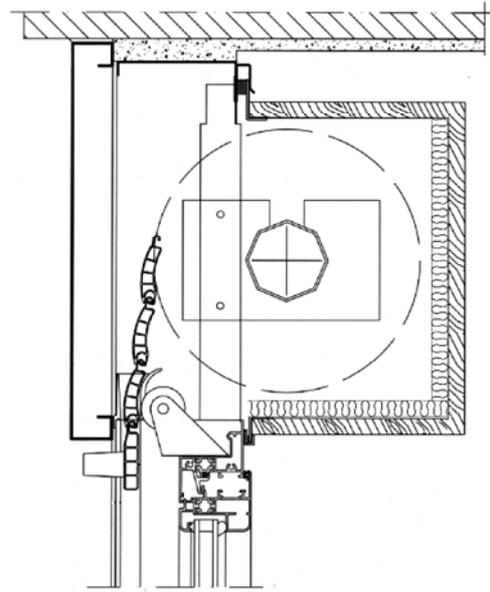
Nel caso in cui vi sia la classica veletta in muratura a chiusura in facciata (Fig.1), **non si considera** il cassonetto nel calcolo delle prestazioni termiche delle finestre, ai fini dell'ottenimento delle detrazioni fiscali previste dalla Finanziaria 2007.

Nel caso invece, in cui non vi sia la veletta in muratura (Fig.2), **si considera** il cassonetto nel calcolo delle prestazioni termiche delle finestre.

**Fig. 1** - Cassonetto con veletta in muratura (NON si considera il cassonetto nel calcolo della trasmittanza della finestra)



**Fig. 2** - Serramento senza veletta in muratura (si considera il cassonetto nel calcolo della trasmittanza della finestra)



Quindi nel caso di assenza della veletta in muratura, si può far riferimento alla formula della norma UNI EN ISO 10077-1 :2007 per le finestre con tamponamenti misti (vetrati e ciechi) considerando il cassonetto come se fosse un sopralucente con pannello cieco (cfr. par. 5). In questo caso è necessario conoscere la trasmittanza termica del cassonetto  $U_p$ , in modo da poterla inserire come dato di ingresso unitamente alla trasmittanza termica del telaio  $U_f$  e della detrazione  $U_g$ .

Vediamo due esempi di calcolo della trasmittanza termica del cassonetto, realizzato in alluminio coibentato e in legno coibentato

#### 4.1 Esempio di calcolo della trasmittanza termica di un cassonetto in alluminio coibentato

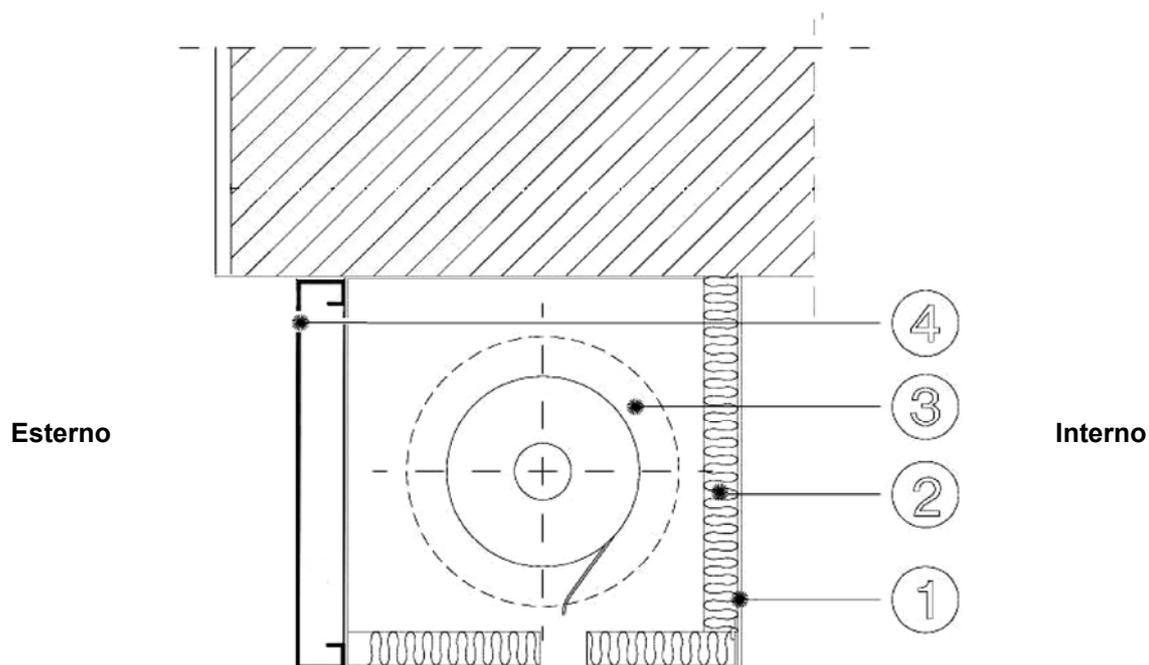
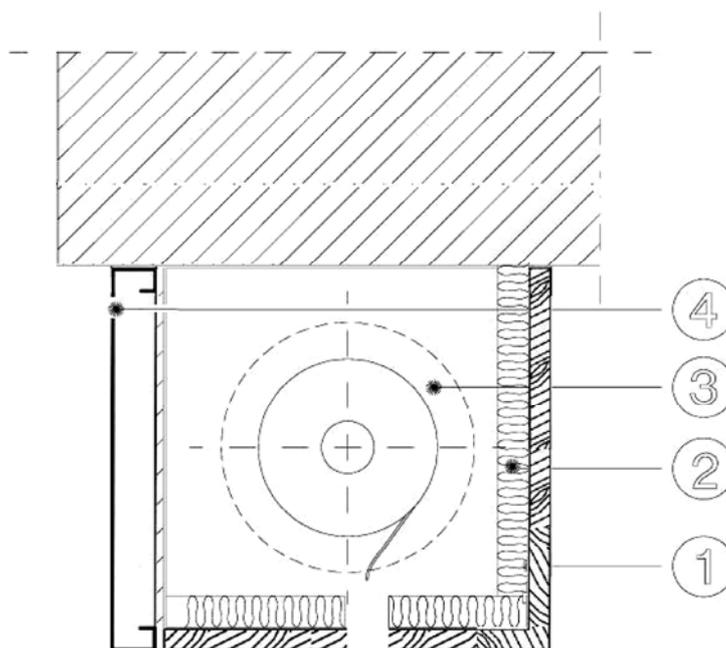


Fig. 3

Tabella 4

	Descrizione	spessore ( m )	conducibilità $\lambda$ ( W/mK )	conduttanza C ( W/m <sup>2</sup> K )	resistenza termica R ( m <sup>2</sup> K/W )	Riferimento normativo
R <sub>si</sub>	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 <sub>se</sub>	Resistenza termica superf. esterna				0,04	UNI 6946
	Resistenza totale del cassonetto	$R_p = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{se}$			1,25	( m <sup>2</sup> K/W )
	Trasmittanza termica del cassonetto	$U_p = 1 / R_p$			0,8	( W/m <sup>2</sup> K )

**4.2 Esempio di calcolo della trasmittanza termica di un cassonetto in legno coibentato con veletta in alluminio**



**Fig. 4**

**Tabella 5**

	Descrizione	spessore ( m )	conducibilità $\lambda$ ( W/mK )	conduttanza C ( W/m <sup>2</sup> K )	resistenza termica R ( m <sup>2</sup> K/W )	Riferimento normativo
R <sub>si</sub>	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		0,000136	UNI EN ISO 10077 - 1
R <sub>se</sub>	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 <sup>2</sup> K/W )
	Trasmittanza termica del cassonetto	$U_p = 1 / R_p$			0,751	( W/m <sup>2</sup> K )

Infine dalle Raccomandazioni del Comitato Termotecnico Italiano (CTI) 3-2003 riportiamo in Tabella 4 i valori di trasmittanza termica delle principali tipologie di cassonetto :

**Tabella 6**

Tipologia di cassonetto	Trasmittanza termica U <sub>p</sub> ( W/m <sup>2</sup> K )
Cassonetto isolato *	1
Cassonetto non isolato	6

\*Si considerano isolate quelle strutture che hanno un isolamento termico non inferiore ai 2 cm.

**5. Trasmittanza termica diurna (a schermi alzati/aperti)  $U_w$  di una finestra con cassonetto** (rif. UNI EN ISO 10077-1:2007; par. 5.1.1)

$$U_w = \frac{(A_G U_G + A_F U_F + A_p U_p + L_G \Psi_G)}{(A_G + A_F + A_p)} \quad \text{W/m}^2\text{K} \quad (\text{f 5})$$

dove:

$A_p$  area del cassonetto in  $\text{m}^2$ ;

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

$A_G$  area della vetratura in  $\text{m}^2$ ;

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

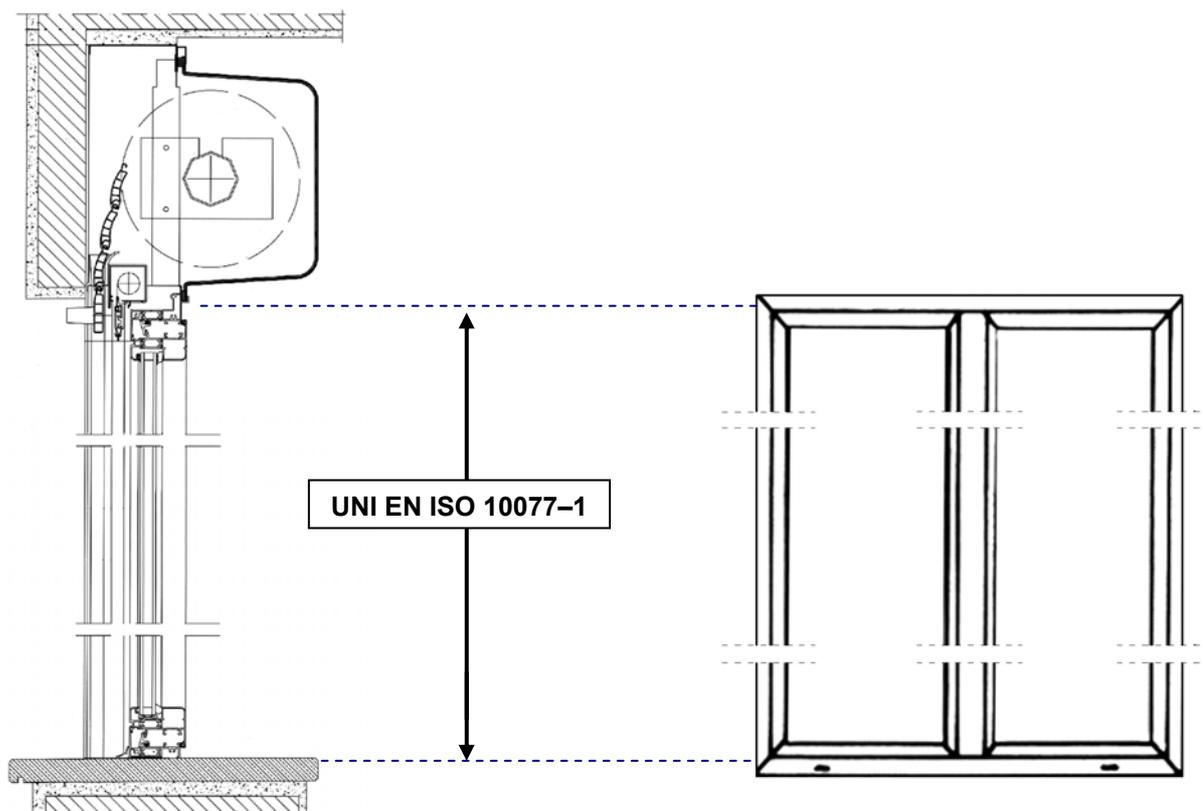
$A_F$  l'area del telaio in  $\text{m}^2$  definita come l'area della proiezione della superficie del telaio su un piano parallelo al vetro. Corrisponde all'area più grande tra l'area della superficie frontale interna  $A_{f,i}$  e l'area della superficie frontale esterna  $A_{f,e}$ ;

$U_F$  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;

$\Psi_G$  la trasmittanza lineare in  $\text{W/mK}$  (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. Nelle precedenti Tabelle 1 e 2, sono riportati i valori di  $\Psi_G$  a cui fare riferimento.

**ESEMPIO 1 - CALCOLO DELLA TRASMITTANZA TERMICA DI UN SERRAMENTO IN ALLUMINIO, CON AVVOLGIBILE IN ALLUMINIO E CON VELETTA IN MURATURA**



**Fig. 5**

In questo caso **non** si considera il contributo del cassonetto nel calcolo della trasmittanza termica del serramento per la presenza della veletta in muratura. Si devono eseguire i calcoli riportati ai precedenti Paragrafi 1, 2 e 3.

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 in ingresso riportati nella Tabella 7 :

**Tabella 7**

	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>	<b>Fonte</b>
<b><math>U_g</math></b>	Trasmittanza termica del componente vetrato (W/m <sup>2</sup> K)	1,9	Fornitore
<b><math>U_f</math></b>	Trasmittanza termica telaio in alu con T.T. ( W/m <sup>2</sup> K)	2,6	Fornitore
<b><math>\Psi_g</math></b>	Trasmittanza termica lineare ( W/mK)	0,11	Tabella 1
<b><math>L_g</math></b>	Perimetro totale della vetrazione (m)	7,47	calcolo
<b><math>A_g</math></b>	Area della vetrazione (m <sup>2</sup> )	1,32	calcolo
<b><math>A_f</math></b>	Area del telaio (m <sup>2</sup> )	0,63	calcolo

la **trasmissione termica diurna (a schermi alzati/aperti)  $U_w$**  della finestra in risulta essere pari a:

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

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

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

Nella **resistenza termica aggiuntiva**  $\Delta R = 0,55 * R_{sh} + 0,11 \quad \text{m}^2\text{K/W}$

inseriamo il valore di  $R_{sh}$ , resistenza termica dell'avvolgibile in alluminio, pari a 0,01, così come indicato nella Tabella 3, ottenendo :

$$\Delta R = 0,55 * 0,01 + 0,11 = 0,1155 \quad \text{m}^2\text{K/W}$$

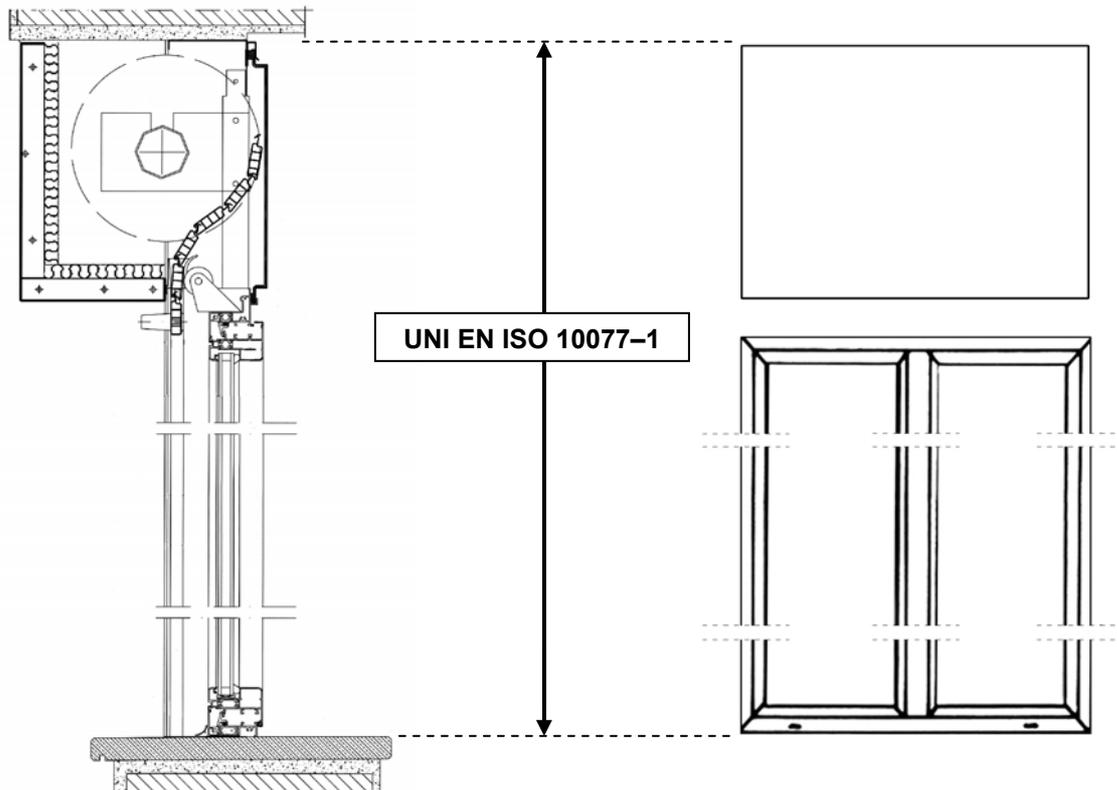
$$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{2,55} + 0,1155} = 1,97 \quad \text{W/m}^2\text{K}$$

Si perviene infine al seguente valore di **trasmissione termica media  $U_m$  su periodo notturno e diurno della finestra:**

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

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

**ESEMPIO 2 - CALCOLO DELLA TRASMITTANZA TERMICA DI UN SERRAMENTO CON TAPPARELLA, VELETTA IN ALLUMINIO E CASSONETTO COIBENTATO IN ALLUMINIO.**



**Fig. 6**

In questo caso, senza la veletta di muratura, **si considera** il contributo del cassonetto nel calcolo della trasmittanza termica del serramento. Si devono eseguire i calcoli riportati ai precedenti paragrafi 1, 2, 3, 4 e 5.

Si calcola la trasmittanza termica del cassonetto  $U_p$  in alluminio coibentato, come illustrato al par. 4.1 :

$$U_p = 1/R_p = 0,80 \quad \text{W/m}^2\text{K}$$

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 :

**Tabella 8**

	Descrizione	Valore	Fonte
<b>Ug</b>	Trasmittanza termica del componente vetrato (W/m²K)	1,9	Fornitore
<b>Uf</b>	Trasmittanza termica telaio in alu con T.T. ( W/m²K)	2,6	Fornitore
<b>ψg</b>	Trasmittanza termica lineare ( W/mK)	0,11	Tabella 1
<b>Lg</b>	Perimetro totale della vetrazione (m)	7,47	calcolo
<b>Ag</b>	Area della vetrazione (m²)	1,32	calcolo
<b>Af</b>	Area del telaio (m²)	0,63	calcolo
<b>Ap</b>	Area del cassonetto (m²)	0,42	calcolo
<b>Up</b>	Trasmit. term del cassonetto in alu coibentato (W/m²K)	0,80	Par. 4.1

per cui la **trasmittanza termica diurna della finestra comprensiva del cassonetto** risulta:

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

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

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

Nella **resistenza termica aggiuntiva**  $\Delta R = 0,55 * R_{sh} + 0,11 \quad \text{m}^2\text{K/W}$

inseriamo il valore di  $R_{sh}$ , resistenza termica dell'avvolgibile in alluminio, pari a 0,01, così come indicato nella Tabella 3, ottenendo :

$$\Delta R = 0,55 * 0,01 + 0,11 = 0,1155 \quad \text{m}^2\text{K/W}$$

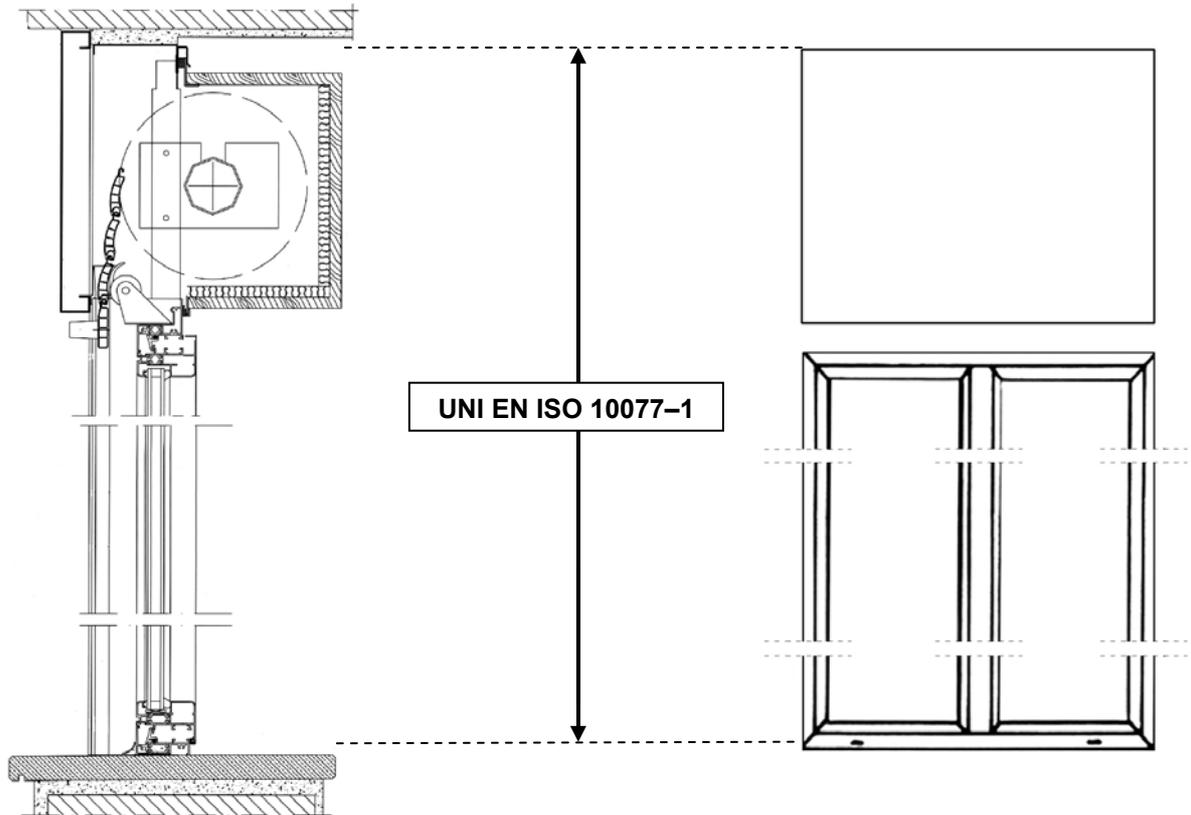
$$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{2,24} + 0,1155} = 1,78 \quad \text{W/m}^2\text{K}$$

Si perviene infine al valore di **trasmittanza media Um su periodo notturno e diurno della finestra**:

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

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

**ESEMPIO 3 - CALCOLO DELLA TRASMITTANZA TERMICA DI UN SERRAMENTO CON TAPPARELLA, VELETTA IN ALLUMINIO E CASSONETTO COIBENTATO IN LEGNO.**



**Fig. 7**

In questo caso, senza la veletta di muratura, **si considera** il contributo del cassonetto nel calcolo della trasmittanza termica del serramento. Si devono eseguire i calcoli riportati ai precedenti paragrafi 1, 2, 3,4 e 5.

Si calcola la trasmittanza termica del cassonetto  $U_p$  in legno coibentato, come illustrato al par. 4.2 :

$$U_p = 1/R_p = 0,751 \quad \text{W/m}^2\text{K}$$

La **trasmittanza termica diurna (a schermi alzati/aperti)  $U_w$  di una finestra con cassonetto** (cfr. Par. 5), 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 bassoemissiva** e considerare i dati di ingresso riportati nella Tabella 9:

**Tabella 9**

	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>	<b>Riferimento normativo</b>
<b>U<sub>g</sub></b>	Trasmittanza termica del componente vetrato (W/m <sup>2</sup> K)	1,9	Fornitore
<b>U<sub>f</sub></b>	Trasmittanza termica telaio in alu con T.T. ( W/m <sup>2</sup> K)	2,6	Fornitore
<b>ψ<sub>g</sub></b>	Trasmittanza termica lineare ( W/mK)	0,11	Tabella 1
<b>L<sub>g</sub></b>	Perimetro totale della vetrazione (m)	7,47	calcolo
<b>A<sub>g</sub></b>	Area della vetrazione (m <sup>2</sup> )	1,32	calcolo
<b>A<sub>f</sub></b>	Area del telaio (m <sup>2</sup> )	0,63	calcolo
<b>A<sub>p</sub></b>	Area del cassonetto (m <sup>2</sup> )	0,42	calcolo
<b>U<sub>p</sub></b>	Trasmit. term del cassonetto in legno coibent. (W/m <sup>2</sup> K)	0,751	calcolo

per cui la trasmittanza termica diurna della finestra comprensiva del cassonetto risulta:

$$U_w = \frac{1,32 * 1,9 + 0,63 * 2,6 + 0,42 * 0,751 + 7,47 * 0,11}{1,32 + 0,63 + 0,42} = 2,23 \text{ W/m}^2\text{K}$$

La finestra viene prevista con l'installazione di una tapparella esterna in alluminio, che rappresenta una resistenza termica aggiuntiva.

La **trasmittanza notturna (a schermi abbassati/chiusi) U<sub>ws</sub>** che risulta quindi essere pari a :

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

Nella **resistenza termica aggiuntiva**  $\Delta R = 0,55 * R_{sh} + 0,11$   $\text{m}^2\text{K/W}$

inseriamo il valore di R<sub>sh</sub>, resistenza termica dell'avvolgibile in alluminio, pari a 0,01, così come indicato nella Tabella 3, ottenendo :

$$\Delta R = 0,55 * 0,01 + 0,11 = 0,1155 \quad \text{m}^2\text{K/W}$$

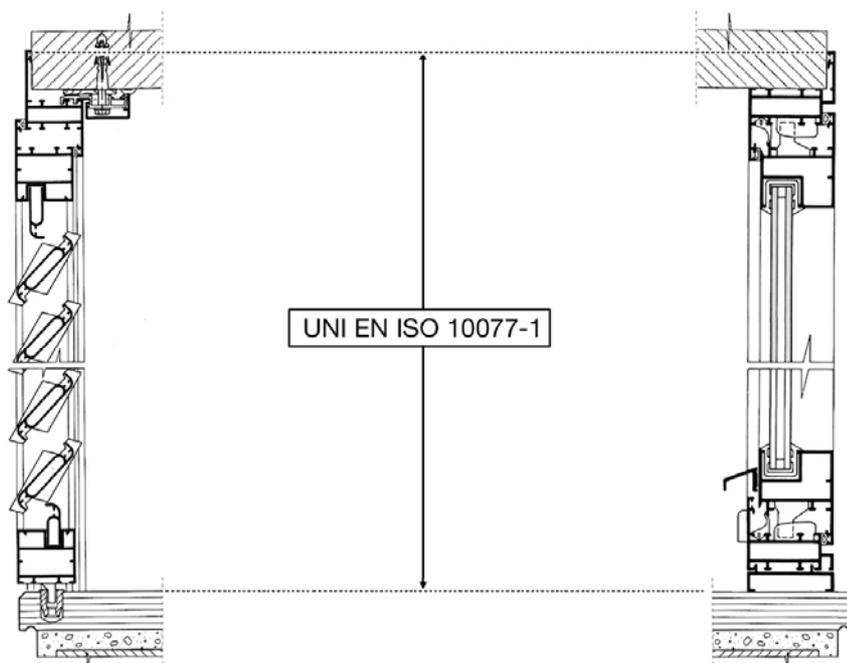
$$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{2,23} + 0,1155} = 1,77 \quad \text{W/m}^2\text{K}$$

Si perviene infine al valore di **trasmittanza media U<sub>m</sub> su periodo notturno e diurno della finestra**:

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

$$U_{wm} = \left( \frac{2,23 * 43200 + 1,77 * 43200}{43200 + 43200} \right) = 2,0 \quad \text{W/m}^2$$

**ESEMPIO 4 - CALCOLO DELLA TRASMITTANZA TERMICA DI UN SERRAMENTO IN ALLUMINIO CON PERSIANA IN ALLUMINIO**



**Fig. 8**

Si devono eseguire i calcoli riportati ai precedenti Paragrafi 1, 2 e 3.

La **trasmissione 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 considerando i dati di ingresso in Tabella 10 :

**Tabella 10**

	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>	<b>Fonte</b>
<b>U<sub>g</sub></b>	Trasmittanza termica del componente vetrato (W/m <sup>2</sup> K)	1,9	Fornitore
<b>U<sub>f</sub></b>	Trasmittanza termica telaio in alu con T.T. (W/m <sup>2</sup> K)	2,6	Fornitore
<b>Ψ<sub>g</sub></b>	Trasmittanza termica lineare (W/mK)	0,11	Tabella 1
<b>L<sub>g</sub></b>	Perimetro totale della vetrazione (m)	7,47	calcolo
<b>A<sub>g</sub></b>	Area della vetrazione (m <sup>2</sup> )	1,32	calcolo
<b>A<sub>f</sub></b>	Area del telaio (m <sup>2</sup> )	0,63	calcolo

La **trasmissione termica diurna (a schermi alzati/aperti)  $U_w$**  (v.par.1), risulta essere pari a:

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

La finestra viene prevista con l'installazione di una persiana esterna in alluminio, che rappresenta una resistenza termica aggiuntiva.

La **trasmissione termica notturna (a schermi abbassati/chiusi)  $U_{ws}$**  risulta essere pari a :

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

Nella **resistenza termica aggiuntiva**  $\Delta R = 0,55 * R_{sh} + 0,11 \quad \text{m}^2\text{K/W}$

inseriamo il valore di  $R_{sh}$ , resistenza termica della persiana esterna in alluminio, pari a 0,02, così come indicato nella Tabella 3, ottenendo :

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

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

Si perviene infine al valore di **trasmissione media  $U_m$  su periodo notturno e diurno della finestra:**

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

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