



# Vetro e risparmio energetico

## Isolamento termico

*Bollettino tecnico*



PILKINGTON

# Introduzione

Per oltre 80 anni l'utilizzo della vetrata isolante è stata riconosciuta come una condizione essenziale per garantire l'isolamento termico degli edifici. Recenti sviluppi tecnologici hanno consentito di ottenere livelli di isolamento termico ancora più elevati. I vantaggi sono sia di natura economica, che di natura ambientale: riduzione delle emissioni di anidride carbonica (che contribuisce all'effetto serra e al riscaldamento progressivo del pianeta) e utilizzo più razionale dell'energia con aumento dell'efficienza termica degli edifici.



*Greenpeace Head Office, Islington*

# Prodotti

I seguenti prodotti vetrari sono forniti dalla Pilkington, ognuno con caratteristiche particolari di isolamento termico.

## Pilkington **K Glass**<sup>TM</sup>

E' un vetro float chiaro di alta qualità sulla superficie del quale viene applicato durante la lavorazione del vetro uno speciale rivestimento pirolitico basso emissivo, particolarmente durevole e trasparente. Di conseguenza il prodotto può essere laminato o temprato anche in forma già coatizzata. Pilkington K Glass è incorporato in Pilkington Insulight per incrementarne l'isolamento termico.

## Pilkington **Optitherm**<sup>TM</sup> SN

Si tratta di un vetro float chiaro di alta qualità su cui viene depositato un rivestimento basso emissivo trasparente attraverso il processo "magnetron sputtering" dopo che la lavorazione del vetro è stata completata. Questo processo "off-line" è stato sviluppato per essere utilizzato specialmente in vetrata isolante.

## Pilkington **Suncool**<sup>TM</sup> HP

E' un vetro float chiaro o colorato rivestito mediante speciali coatings depositati off-line al termine della lavorazione del vetro. Le vetrate isolanti realizzate con questi prodotti combinano le caratteristiche dell'isolamento termico proprie dei rivestimenti basso emissivi con quelle del controllo solare.

## Pilkington **Suncool**<sup>TM</sup> Brilliant

Vetro coatizzato altamente selettivo, rappresenta il prodotto più performante in termini di risparmio energetico estivo ed invernale.

## Pilkington Spandrel Glass

Trattasi una gamma di pannelli spandrel opachi monolitici o in vetrata isolante. Pannelli isolanti retrostanti in schiuma o fibra di vetro sono disponibili in diversi spessori in modo da soddisfare diverse esigenze di isolamento.

*Tipici valori della trasmittanza U sono illustrati in Tabella 1 (pagina seguente).*

Tabella 1 – Valori U tipici per composizioni vetrarie

Tipo di vetro	Gas nell'intercapedine	Valore U W/m <sup>2</sup> K
<b>Vetro monolitico</b>		
Pilkington <b>Optifloat</b> Clear	–	5.8
<b>Vetrata isolante Pilkington Insulight</b>		
Pilkington <b>Optifloat</b> Clear + Pilkington <b>Optifloat</b> Clear	aria	2.7
Pilkington <b>Optifloat</b> Clear + Pilkington <b>Optifloat</b> Clear	argon	2.6
Pilkington <b>Optifloat</b> Clear + Pilkington <b>K Glass</b>	aria	1.7
Pilkington <b>Optifloat</b> Clear + Pilkington <b>K Glass</b>	argon	1.5
Pilkington <b>Optifloat</b> Clear + Pilkington <b>Optitherm S</b>	aria	1.4
Pilkington <b>Optifloat</b> Clear + Pilkington <b>Optitherm S</b>	argon	1.1
Pilkington <b>Suncool</b> High Performance Brilliant 66/33	aria	1.4
Pilkington <b>Suncool</b> High Performance Brilliant 66/33	argon	1.1

I valori U riportati nella tabella sono stati determinati in accordo con la EN 673: 1997, e fanno riferimento per il vetro ad uno spessore di 4 mm e ad intercapedini da 16 mm fatta eccezione per Pilkington **Suncool**<sup>TM</sup> HP che fa riferimento ad uno spessore di 6 mm

# Perdite di calore

## Trasmissione termica

### Valore U

Le perdite di calore sono quantificate dal valore della trasmittanza termica U. Il valore U, generalmente espresso in unità del Sistema Internazionale ( $W/m^2K$ ) rappresenta la densità di flusso termico che, in condizioni stazionarie, attraversa una struttura interposta tra due ambienti, divisa per la differenza di temperatura tra i due ambienti ai lati della struttura stessa. E' più generalmente definita come la quantità di calore perduta per metro quadro in condizioni stazionarie per effetto di una differenza di temperatura di un grado Kelvin (o un grado Celsius) tra l'ambiente esterno e quello interno, separati da una vetrata o un altro elemento costruttivo.

### Valore K

In alcune parti del mondo, si definisce la trasmittanza termica con il valore K. L'unità di misura di K è sempre  $W/m^2K$  anche se talvolta si può trovare espresso in  $Kcal/hrm^2°C$ . Questa unità di misura è leggermente più grande per cui K apparirà leggermente più piccolo: per convertire da  $Kcal/hrm^2°C$  in  $W/m^2K$  basta moltiplicare per 1.163.

### Valore R

Le perdite di calore vengono talvolta quantificate in termini di resistenza termica, valore abbreviato con R. Quest'ultimo non è altro che il reciproco di U.

$$R = 1/U, m^2K/W \text{ (o } ft^2hr°F/Btu)$$

I valori di U ed R per una serie di prodotti commerciali diffusi sono forniti in Tabella 2.

**Tabella 2 – Tipici valori U ed R per varie combinazioni di vetrate**

Composizione della vetrata	valore U ( $W/m^2K$ )	valore R ( $m^2K/W$ )
Pilkington Optifloat	5.8	0.17
Pilkington Insulight	2.7	0.37
Pilkington Insulight con Pilkington K Glass.	1.7	0.55
Pilkington Insulight con Pilkington Optitherm SN	1.4	0.71
Vetrata tripla	1.9	0.53

*Valori basati su uno spessore di 4 mm per il vetro e 16 mm per le intercapedini con aria*

## Meccanismi di perdite di calore attraverso le vetrate

Ci sono tre stadi di trasmissione termica attraverso i prodotti vetrari

- Cessione di calore dalle superfici della stanza verso il vetro
- Cessione di calore attraverso il vetro
- Cessione di calore dalla superficie esterna del vetro verso l'ambiente esterno.

I meccanismi sono illustrati in Figura 1(a) e 1(b)

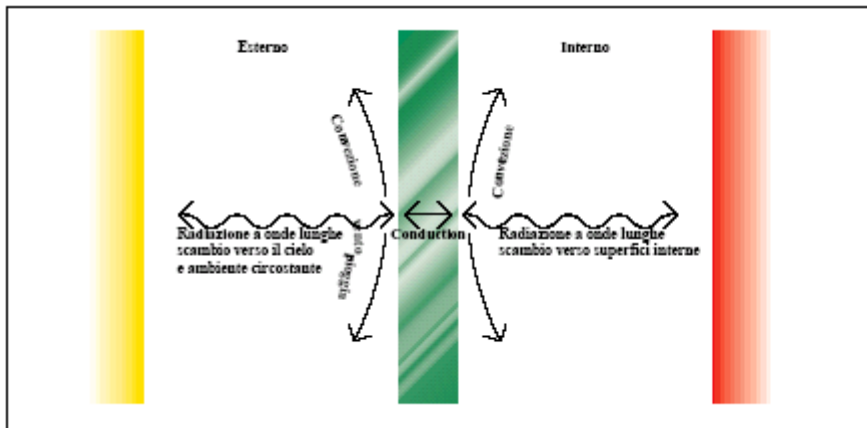


Figura 1(a). Meccanismo di perdita di calore attraverso il vetro singolo

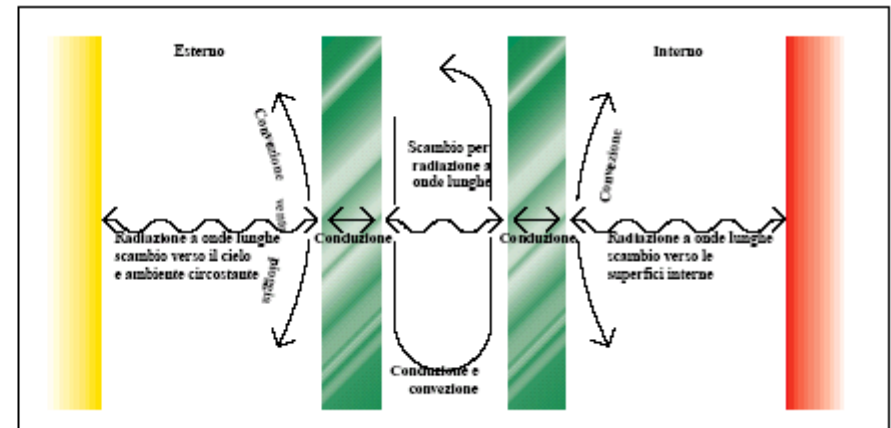


Figura 1(b). Meccanismo di perdita di calore attraverso la vetrata isolante

## Cessione di calore verso la superficie interna del vetro

Si verifica trasmissione di calore dalla stanza alla superficie interna del vetro ogniqualvolta quest'ultima si trovi a temperatura più bassa rispetto a quella dell'aria e delle pareti della stanza. Il calore è ceduto in due modi:

- Per scambio di radiazione a lunghezza d'onda elevata tra superfici della stanza e superficie del vetro
- Per conduzione e convezione termica dall'aria che si muove a contatto con la superficie del vetro.

### **Cessione di calore attraverso la vetrata**

Il vetro monolitico offre una scarsa resistenza al passaggio del calore perché il vetro non è un buon isolante termico. Per incrementare la resistenza, un metodo è quello di aggiungere una seconda lastra separata dalla prima da un'intercapedine d'aria. L'intercapedine fornisce uno strato resistente addizionale efficiente data la bassa conducibilità termica dell'aria (confrontata con quella del vetro), mentre la seconda lastra incrementa ulteriormente la resistenza allo scambio termico per irraggiamento da onde lunghe.

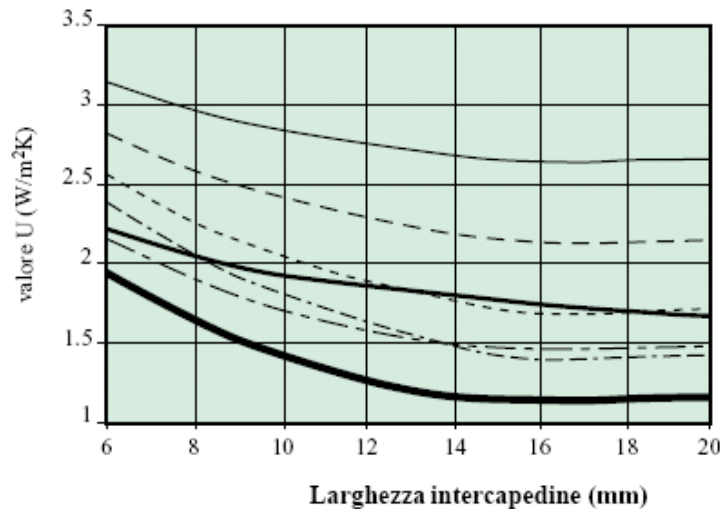
L'utilizzo di intercapedini fornisce un'ulteriore serie di opportunità per incrementare la resistenza termica di una vetrata:

- Aumentare lo spessore dell'intercapedine
- Incorporare un vetro basso emissivo (es. Pilkington **K Glass™**, Pilkington **Optitherm™ SN**)
- Utilizzare gas con conduttività termica più bassa
- Inibire la convezione termica all'interno dell'intercapedine
- Creare il vuoto nell'intercapedine.

### **Aumento dello spessore dell'intercapedine**

La resistenza termica può essere incrementata aumentando lo spessore dell'intercapedine. C'è un limite dovuto alla convezione oltre il quale un ulteriore aumento di spessore non comporta miglioramenti. Questo limite si ha a 16 mm. Aggiungendo un'ulteriore lastra di vetro, e conseguentemente una seconda intercapedine, si ottengono ulteriori miglioramenti.

La Figura 2 illustra l'influenza dello spessore dell'intercapedine sul valore U delle vetrature isolanti riempite con aria.



### Esempio

Per una vetrata isolante che incorpora due lastre da 4 mm di Pilkington **Optifloat™** Clear con un'intercapedine in aria da 16 mm, il valore U è approssimativamente  $2.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Questo valore si riduce a circa  $1.7 \text{ W/m}^2\text{K}$  quando una lastra viene sostituita con un vetro coatizzato basso emissivo (Pilkington **K Glass™** per esempio).

*Nota. Il limite teorico assoluto in questo caso è di circa  $1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$  (nessuno scambio per irraggiamento da onde lunghe).*

### Utilizzo di vetri basso emissivi

L'uso di rivestimenti a bassa emissività (Low E) sulle superfici del vetro danno la possibilità di ridurre la radiazione ad onde lunghe scambiata tra le lastre. In intercapedini dalle superfici non rivestite, lo scambio per radiazione attraverso di esse è alto, arrivando ad essere circa il 60% del totale scambio termico attraverso lo spazio. Utilizzando su una delle due superficie del vetro un rivestimento con emissività inferiore a 0.2 (la si confronti con l'emissività normale del vetro non rivestito che è pari a 0.88), lo scambio per radiazione è ridotto approssimativamente di tre quarti ed il valore U viene di conseguenza ridotto.

Figura 2. Valori U standard per vetrate isolanti con prodotti Pilkington



Un effetto simile si osserva con vetrate triple dove l'incorporazione di due vetri basso emissivi riduce il valore U da 1.9 a 1.0 W/m<sup>2</sup>K.

### Esempio

Considerando una vetrata isolante contenente una lastra di Pilkington **Optifloat**<sup>TM</sup> Clear e una di Pilkington **K Glass**<sup>TM</sup> e un'intercapedine riempita in argon, il valore U viene tipicamente ridotto da 1.7 a 1.5 W/m<sup>2</sup>K. Il valore U viene ulteriormente ridotto a 1.35 W/m<sup>2</sup>K se l'intercapedine è riempita con gas krypton. Se poi si considera una vetrata tripla, utilizzando Pilkington **K Glass**<sup>TM</sup> come lastra esterna e lastra interna, il valore U si riduce progressivamente da 1.15 a 0.95, a 0.7 quando l'aria è sostituita rispettivamente con argon e krypton.

L'effetto dell'utilizzo di diversi sistemi per incrementare l'isolamento dei prodotti vetrari è mostrato in Figura 3.

I vetri basso emissivi mantengono una buona trasparenza alla radiazione solare dando un miglioramento in termini di guadagno solare passivo. In climi freddi la temperatura più elevata della superficie della lastra interna della vetrata isolante utilizzando vetri Low E diminuisce la sensazione di "zona fredda" nei pressi delle finestre.

### Gas a bassa conducibilità termica

Vetrocamere con rivestimento basso emissivo possono anche contenere gas con conducibilità termica più bassa rispetto a quella dell'aria, come l'argon, fornendo un ulteriore miglioramento del valore U.

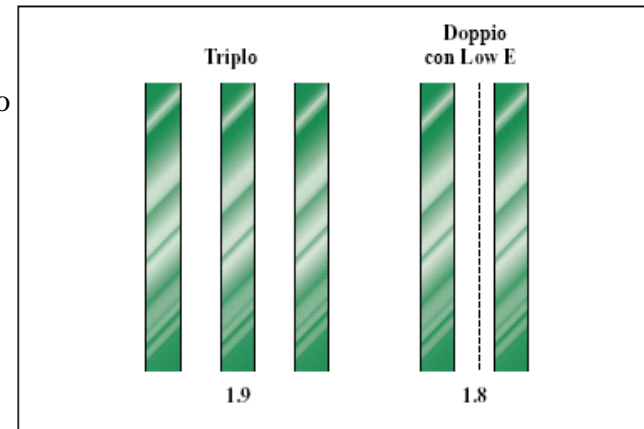
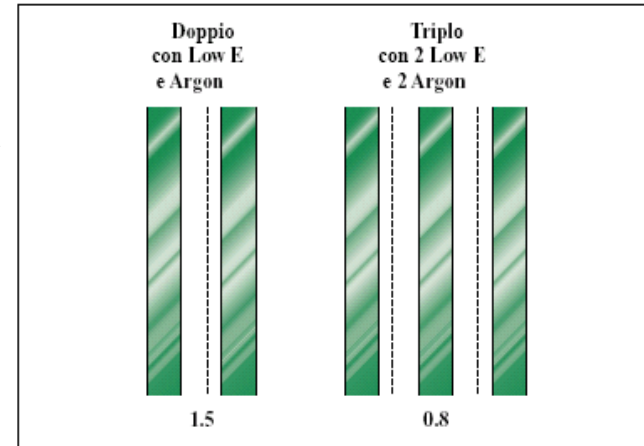
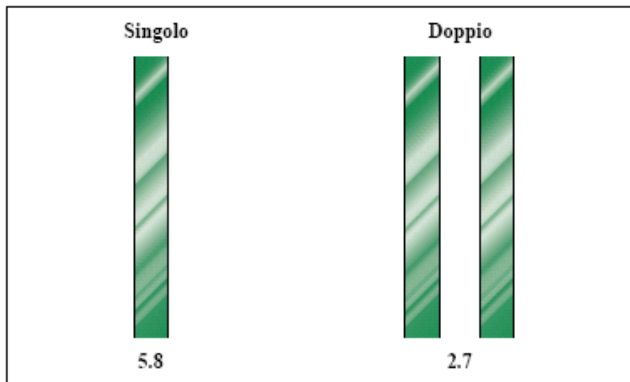
## Cessione di calore dalla superficie esterna del vetro

Il passo finale della cessione del calore avviene dalla superficie esterna del vetro.

Come per la superficie interna del vetro, anche per quella esterna i sistemi di trasmissione termica sono la radiazione a onde lunghe e i processi conduttivi e convettivi. Il bilancio e la consistenza della trasmissione termica da questa superficie variano considerevolmente, e sono regolati dalle condizioni climatiche.

Lo scambio termico dovuto alle onde lunghe dipende dalla temperatura delle superfici esterne circostanti e dalla temperatura del cielo. Con cielo limpido, la temperatura del cielo può essere estremamente bassa; questo effetto è dimostrato dalla formazione di

condensa e brina sulle superfici esposte al cielo chiaro dovuta al loro raffreddamento quando esposte alla temperatura dell'ambiente esterno. La quantità di calore ceduto per effetto di conduzione e convezione è in genere elevata per effetto dell'influenza del vento ed è particolarmente importante in siti molto esposti. La pioggia che cade sul vetro trasportata dal vento incrementerà ulteriormente la perdita di calore a causa del raffreddamento che comporta e del calore sottratto per la propria evaporazione. Allo scopo di calcolare il valore U, vengono utilizzate condizioni standardizzate: esse possono variare a seconda della normativa a cui ci si riferisce.



**Figura 3. Valori U (W/m<sup>2</sup>K) di vetrate fortemente isolanti e sviluppo di tecnologie per l'isolamento termico del vetro**

# Scelta dei distanziatori e dei serramenti

Le vetrate isolanti che contengono vetri ad alte prestazioni richiedono un adeguato isolamento anche per quel che riguarda i distanziatori di bordo. Allo stesso modo è richiesto un isolamento termico adeguato per il serramento. Se queste prestazioni non vengono raggiunte, i benefici ottenibili dal vetro risultano diminuire in modo significativo. Sebbene una vetrata isolante convenzionale con un vetro basso emissivo pirolitico (come Pilkington **K Glass**<sup>TM</sup>) e riempita con argon raggiunga valori U compresi tra 1.5 e 1.9 W/m<sup>2</sup>K, se non opportunamente isolata con serramenti in legno, plastica, alluminio o acciaio può raggiungere valori U compresi tra 2.8 e 7.0 W/m<sup>2</sup>K.

L'isolamento termico della finestra completa è costituito da tre componenti:

- Il vetro
- Il distanziatore nella vetrata isolante
- Il serramento

## Il distanziatore in vetrata isolante

Le lastre componenti delle vetrate isolanti sono tenute separate attraverso un canalino distanziatore ad esse sigillato. La presenza del canalino distanziatore in alluminio in vetrata isolante incrementa il valore generale U del vetro e del serramento per effetto del “corto circuito” termico sul bordo.

Questo penalizza il valore U globale e provoca un abbassamento della temperatura nella zona di bordo, causando spesso condensazione sul vetro o, in condizioni climatiche invernali severe, brina o ghiaccio.

L'effetto del distanziatore può aggiungere fino al 10% al valore U della finestra.

## Progetto del serramento

L'isolamento termico del serramento è importante, dal momento che la percentuale generale del telaio dal punto di vista dell'area, può rappresentare dal 10 al 20% (e talvolta di più) rispetto dell'apertura totale della finestra. Dal Luglio 1995 le normative edilizie del Regno Unito hanno incluso nuovi requisiti energetici. L'attenzione è stata puntata sull'influenza dei ponti termici, e nel caso delle vetrate si tiene conto delle performance dei materiali dei serramenti delle finestre e degli abbaini.

I serramenti in legno garantiscono isolamento termico essendo la loro conduttività termica relativamente bassa (approssimativamente 0.16 W/m<sup>2</sup>K). Le materie plastiche hanno una conduttività termica più alta ma le caratteristiche in un serramento possono essere migliorate progettando nel profilo varie camere chiuse. I serramenti possono anche prevedere dei rinforzi in acciaio per aumentarne la resistenza meccanica ma l'elevata conduttività elettrica dell'acciaio ne penalizza il valore U totale.

Tabella 3 –Valore U standard per vetrate isolanti verticali

Pilkington Insulating Units		Cavity Width (mm)							
		6	8	10	12	14	16	18	20
Doppia vetrata	<b>Optifloat Clear /air/Optifloat Clear</b>	3.3	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.7	2.8
	<b>Optifloat Clear /argon/Optifloat Clear</b>	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.6	2.6	2.6
	<b>Optifloat Clear /air/Pilkington K Glass</b>	2.7	2.3	2.1	1.9	1.8	1.7	1.7	1.8
	<b>Optifloat Clear /argon/Pilkington K Glass</b>	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5
	Spessore totale della vetrata isolante Pilkington <b>Insulight</b> (mm)	14	16	18	20	22	24	26	28
Tripla vetrata	<b>Optifloat Clear/aria/Optifloat Clear/aria/Optifloat Clear</b>	2.3	2.1	2.0	1.9	1.8	1.8	1.8	1.7
	<b>Optifloat Clear /argon/Optifloat/argon/Optifloat</b>	2.0	1.9	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6
	<b>Pilkington K Glass/aria/Optifloat Clear /aria/ Pilkington K Glass</b>	1.7	1.5	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9
	<b>Pilkington K Glass/argon/Optifloat Clear /argon/ Pilkington K Glass</b>	1.4	1.2	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8
	Spessore totale vetrata isolanete (mm)	24	28	32	36	40	44	48	52

I valori U sono riferiti a lastre di Pilkington **Optifloat**<sup>TM</sup> Clear e Pilkington **K Glass**<sup>TM</sup> dello spessore 4 mm.

I parametri vengono calcolati in accordo con la EN 673:1997 per condizioni di esposizione “normali”. Il valore U viene arrotondato al più vicino 0.1 W/m<sup>2</sup>K come definito al paragrafo 9 della normativa suddetta.

**Il valore U totale della finestra può essere calcolato considerando le proprietà isolanti della vetrata, dei distanziatori e del serramento.**

# Trasmittanza termica

## Calcolo

Dal momento che la temperatura e il flusso dell'aria variano sensibilmente a seconda della località e della posizione in cui la finestra viene installata, le proprietà termiche di finestre e vetrate differenti possono essere confrontate solo quando siano definite delle condizioni standardizzate.

La norma EN 673: 1997 specifica la procedura per la determinazione del valore U del centro della vetrata singola, doppia o multipla, che può contenere superfici con rivestimento basso emissivo rivolte verso l'intercapedine. Non vengono presi in considerazione gli effetti di bordo dovuti a ponti termici attraverso i canalini distanziatori o i serramenti.

## Misurazione

Lo sviluppo di semplici codici per classificare l'isolamento di una finestra completa dipende dall'uso di misure standardizzate.

La misurazione delle prestazioni termiche di un sistema viene ottenuta attraverso l'uso di un apparato "Hot Box". Si tratta di un test progettato per calcolare le proprietà di trasmissione termica di elementi costruttivi completi (es. una parete, una finestra, un tetto).

Questo sistema fornisce valutazioni accurate delle proprietà termiche e del valore U dei componenti di un edificio in applicazioni tipiche. In questo test, la finestra viene fissata in un'apertura di prova ricavata all'interno di un muro che separa una "hot box" da una "cold box". Nella "hot box" le condizioni di temperatura sono mantenute ai valori tipici per gli ambienti abitativi interni, con aria che si muove per convezione naturale; nella "cold box" invece vengono riprodotte le tipiche condizioni di temperatura e flusso d'aria dell'ambiente esterno. L'energia necessaria a mantenere costanti le condizioni viene misurata e si effettua un confronto fatto con campioni standardizzati e calibrati per determinare il valore U della finestra. Durante il test vengono monitorate approssimativamente 250 temperature, la velocità dell'aria ed i flussi di energia. I dati misurati sono quindi automaticamente elaborati dal calcolatore che fornisce rapidamente le performance termiche del campione misurato.

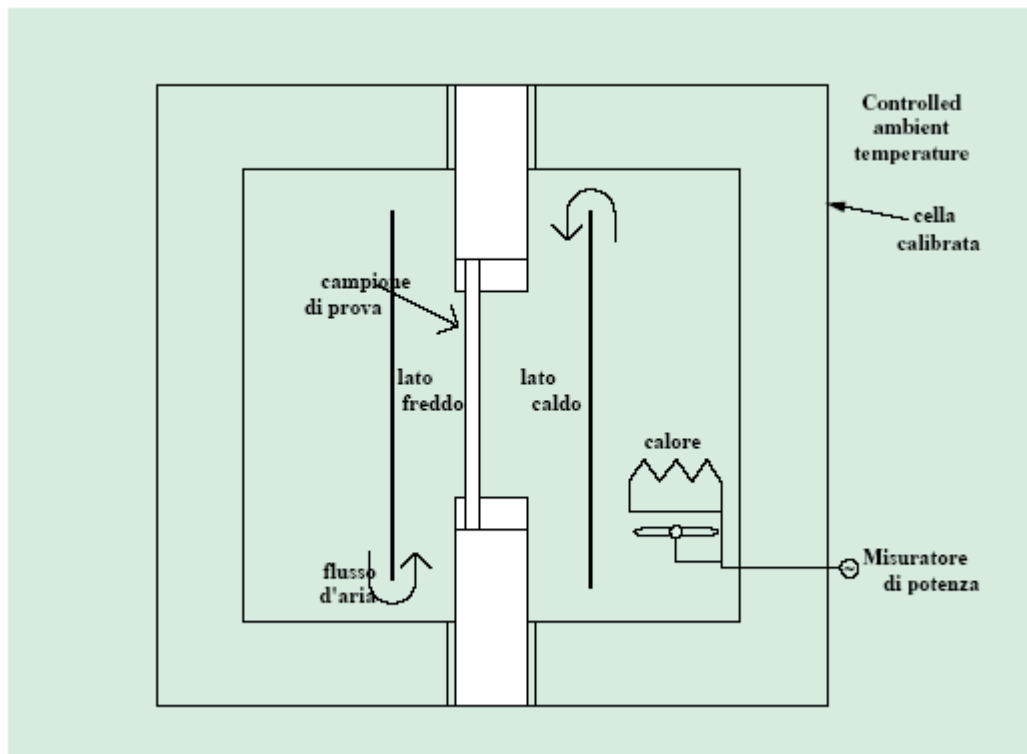


Figura 4. Sezione dell'apparato Hot Box



*Hot Box apparatus, Pilkington United Kingdom Limited*

## Valore U effettivo (Valore di bilancio energetico)

I materiali da costruzione consentono al calore di disperdersi verso l'esterno con vari meccanismi. Materiali come il vetro che è trasparente alla radiazione solare consentono però al calore di origine solare di entrare all'interno dell'edificio. Il valore U tradizionalmente utilizzato per calcolare le perdite di calore non tiene conto di quest'ultimo contributo e conseguentemente la misura del comportamento generale dell'edificio può risultare inesatta o poco accurata, particolarmente dove vi siano finestre. Ad ogni modo, il calcolo che combina perdite di calore e guadagno solare attraverso una modifica del valore U convenzionale, porta alla determinazione di un "valore U effettivo" ( o in alternativa "parametro di bilancio energetico"). La proporzione di calore solare trasmesso dai materiali dell'edificio che può contribuire al riscaldamento dell'edificio – guadagno solare utile – è sottratto dal valore U convenzionale. Questo fornisce un bilancio energetico che dà delle indicazioni più realistiche sul comportamento termico dell'edificio.

Un metodo di calcolo che identifica in un unico parametro l'influenza della finestra sul consumo energetico totale, è stato concepito. Il metodo valuta un bilancio tra perdite di calore e

guadagno solare nell'edificio attraverso le vetrate per un certo periodo di tempo attraverso una media delle perdite di calore chiamata "parametro di bilancio energetico". La metodologia è basata su condizioni meteorologiche standard e sulle caratteristiche energetiche delle vetrate. Il calcolo del bilancio energetico è standardizzato in modo tale che un confronto tra prodotti possa essere fatto e preso in considerazione per ogni località ed applicazione vetraria.



# Comfort termico

L'utilizzo della vetrata isolante, specialmente quelle che incorporano vetri basso emissivi Pilkington, consentono di aumentare la temperatura della superficie interna della vetrata rispetto a altre composizioni con livelli di isolamento meno accurati. Ciò incide sul comfort interno e sulla formazione di condensa sulla superficie interna del vetro.

## Benessere degli occupanti

La sensazione di benessere termico e di soddisfazione o disagio degli occupanti dipendono dalla loro interazione e risposta a certi parametri fisici.

Il sistema di termoregolazione del corpo umano tende a mantenere la temperatura costantemente a 37°C. Il benessere termico dipende da quanto il sistema metabolico è in equilibrio termico con l'ambiente circostante. I fattori fisici che influenzano la sensazione di comfort termico sono quelli che consentono di supplire alle perdite di calore dell'organismo umano.

Questi fattori sono:

- Livello di attività fisica: più essa è consistente più calore viene generato dal corpo
- Abbigliamento ed isolamento termico: modificano la quantità di calore disperso dal corpo
- Velocità ed umidità dell'aria
- Temperatura dell'aria e temperatura media radiante dello spazio circostante.

Dal momento che non ci sono individui perfettamente uguali, c'è sempre un significato statistico nella soddisfazione espressa relativamente alla situazione di un ambiente dal punto di vista termico. Alcuni occupanti sentiranno ancora disagi termici localizzati anche quando le misure termiche indicano che l'equilibrio è stato raggiunto, cosa che dovrebbe significare il raggiungimento del benessere.

Il progetto delle vetrate allo scopo di migliorare le condizioni di benessere è fortemente influenzato dalla temperatura radiante e da quella dell'aria.





*Central Business Exchange*

## Contributo del vetro al benessere termico

Le perdite di calore verso le superfici fredde adiacenti, come nel caso delle vetrate monolitiche, possono causare raffreddamento locale e perdita di comfort. Questa sensazione è dovuta alla radiazione termica scambiata dalla superficie del corpo verso la superficie fredda della finestra. Questo effetto “zona fredda” può essere ridotto utilizzando vetrate isolanti e vetri basso emissivi.

Per un occupante che si trovi in prossimità di una finestra in inverno, la superficie interna del vetro (che può essere molto più fredda rispetto alle altre superfici interne alla stanza) influenza la percezione di benessere termico. Questo è il risultato della perdita di calore dovuta alla radiazione termica a onde lunghe tra i corpi degli occupanti e le superfici fredde del vetro, contribuendo ad una sensazione di freddo e malessere. Ci possono essere differenze anche molto rilevanti tra diverse posizioni nella stessa stanza a seconda della distanza dalle finestre oltre che della loro dimensione e temperatura superficiale.

In climi temperati freddi, temperature più alte della superficie interna possono essere ottenute tramite l'utilizzo di vetrate isolanti e dei vetri basso emissivi Pilkington **K Glass** e Pilkington **Optitherm SN**, risolvendo il problema delle zone fredde vicino alle finestre.

# Condensazione

## Condensa sulla superficie interna del vetro

Condensa di umidità atmosferica su una superficie può avvenire quando la temperatura del “punto di rugiada” dell’aria a contatto col vetro supera la temperatura superficiale del vetro stesso.

La temperatura superficiale del vetro dipende da:

- Trasmissione termica del vetro
- Temperatura dell’aria interna
- Temperatura dell’aria esterna

Invece il punto di rugiada è determinato da:

- Temperatura ed umidità relativa dell’aria interna

La relazione tra questo quattro variabili (temperatura interna, temperatura esterna, trasmittanza termica e umidità relativa) viene illustrata in opportuni grafici per la previsione della condensazione. Se tre qualunque di queste variabili sono note, dal diagramma si ricava la quarta.

Questi diagrammi sono relativi a condizioni di esposizione normali, per vetrate verticali in cui il flusso di calore dalla stanza più calda all’ambiente esterno più freddo risulta orizzontale.

L’inizio della condensazione sulla superficie interna del vetro può essere controllata sia riducendo l’umidità interna, e conseguentemente abbassando il punto di rugiada, o alzando la temperatura della stessa superficie interna della vetrata.

La seconda soluzione può essere ottenuta aumentando l’isolamento termico della vetrata, per esempio tramite l’utilizzo di una vetrata

isolante che incorpori un vetro basso emissivo Pilkington **K Glass** o Pilkington **Optitherm SN**.

## Condensa sulla superficie esterna del vetro

La condensa esterna (rugiada) può avvenire occasionalmente su vetrate molto ben isolate in climi temperati. Questa remota eventualità può verificarsi in notti senza nuvole in assenza (o quasi) di vento, e di solito qualora un fronte caldo segua un periodo freddo. La combinazione di numerosi fattori, nominalmente la temperatura dell’aria esterna, condizioni microclimatiche localizzate e la trasmittanza termica del vetro stesso possono contribuire alla formazione di condensa esterna. Come conseguenza della variabilità delle temperature e delle condizioni climatiche localizzate è possibile sperimentare situazioni per cui le finestre nello stesso periodo e nella stessa situazione di isolamento appaiono a volte chiare a volte appannate.

Il fenomeno è influenzato dall’isolamento termico della vetrata. Vetrate singole offrono un isolamento termico scarso e il calore che sfugge dall’interno della stanza passa facilmente all’ambiente esterno attraverso il vetro. Dunque temperatura della superficie esterna del vetro monolitico tenderà ad essere solitamente più alta rispetto a quella del punto di rugiada dell’aria esterna, impedendo in questo modo la formazione di condensa su quella superficie.

Con le vetrate isolanti convenzionali le prestazioni termiche vengono migliorate, ma il calore che sfugge è comunque sufficiente a riscaldare la superficie esterna del vetro in maniera tale da evitare la formazione di condensa nella maggior parte delle circostanze.

In comune con altre vetri basso emissivi, Pilkington **K Glass**<sup>TM</sup> e Pilkington **Optitherm**<sup>TM</sup> SN riflettono indietro il calore verso la stanza ed in questo modo la quantità di calore che passa attraverso la vetrata è ridotta. Il pannello esterno della vetrata isolante con basso emissivo non viene riscaldato dalla calore disperso (che viene invece trattenuto all'interno della stanza) e presenta una temperatura più fredda verso l'ambiente esterno.

In alcuni casi e situazioni in cui la temperatura della superficie esterna risulti più bassa rispetto a quella del punto di rugiada dell'aria (e quando le condizioni ambientali rispecchino quelle precedentemente descritte) si potrà avere condensazione sulla superficie esterna della vetrata.

Comunque, la combinazione di questi fattori è estremamente difficile da prevedere ed quindi impossibile quantificare il numero di occasioni in cui il fenomeno si può presentare. In generale esso è relativamente raro ed in ogni caso rappresenta un accadimento transitorio: non appena cambino le particolari condizioni meteorologiche che hanno causato il fenomeno, la condensa si dissiperà in un breve periodo di tempo così come accade per la rugiada mattutina.

*Questa pubblicazione fornisce una descrizione generale del prodotto e dei materiali.  
E' responsabilità dell'utilizzatore di questo documento assicurare che il loro uso  
sia appropriato per ciascuna particolare applicazione e che tali applicazioni siano in accordo  
con tutte le norme legislative locali e nazionali, con le normative tecniche, con i  
codici pratici e gli altri requisiti.*

*Pilkington Italia Spa con la presente declina ogni responsabilità  
per qualunque errore od omissione proveniente da questa pubblicazione  
e per qualunque conseguenza da esso derivata.*

*I nomi dei prodotti Pilkington mostrati in **Futura Heavy** sono marchi  
registrati del Gruppo Pilkington.*



**PILKINGTON**

**Pilkington Italia Spa**

Via delle Industrie, 46 30175 Porto Marghera (Ve)

Tel 041 5334911 Fax 041 5317687