



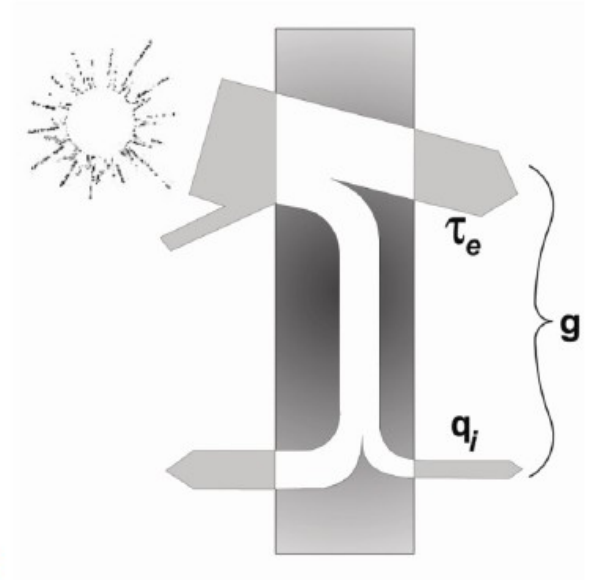
**Studio SDF ; di Sesso p.i. Daniele e Faraon ing. Sandro**  
**Via Montale 4/2 30030 - Pianiga (VE)**  
**P.I.: 03733040277**  
**Info@sdfsaving.it - [sdfsaving@libero.it](mailto:sdfsaving@libero.it)**  
**WEB : [www.sdfsaving.it](http://www.sdfsaving.it)**

# INDICE

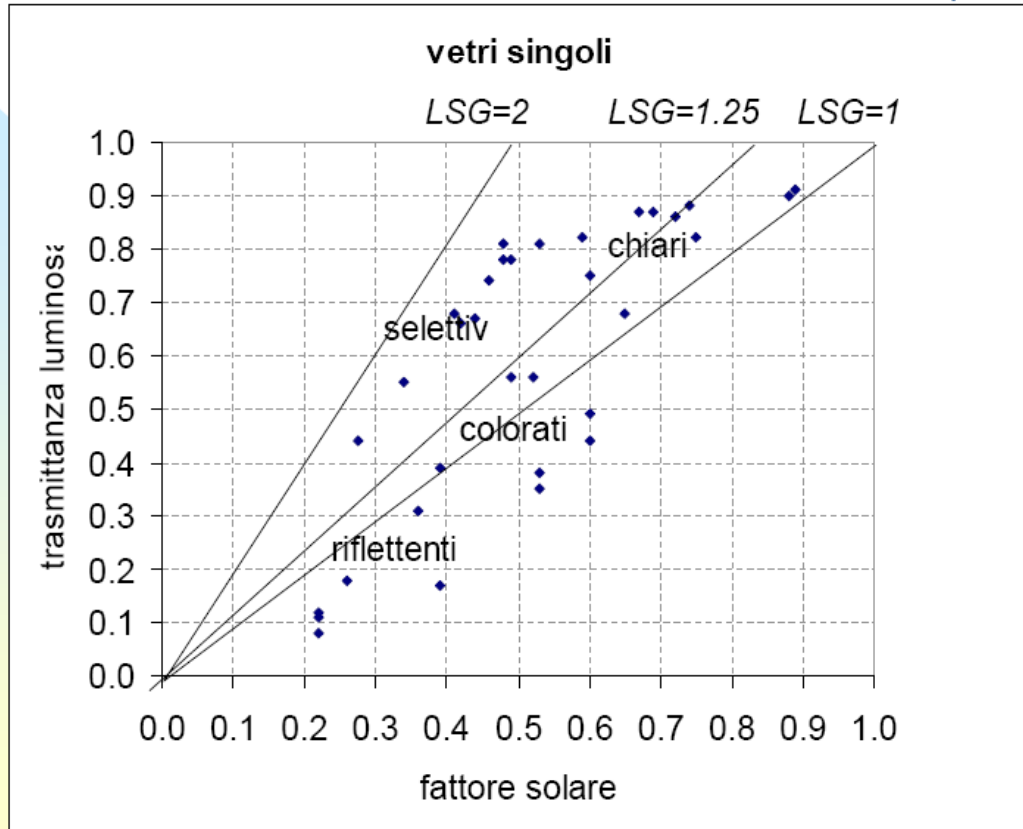
- DEFINIZIONI	PG.3
- CONFRONTO SPETTRI	PG.5
- PREZZI IN ITALI	PG.7
- E GLI INFISSI ?	PG.8
- VETRO FLOAT E VETROCAMERA	PG.9-10
- NORME DI SETTORE	PG.10-11
- TRASMITTANZA	PG.11
- FILM SOTTILE	PG.15
- IL VETRO BASSO EMISSIVO	PG.15
- CONDENSA SUPERFICIALE	PG.19
- TRASMITTANZA GLOBALE	PG.21
- TIPOLOGIE DI VETRO	PG.22
- CONFRONTO COMPLESSIVO	PG.24
- CONSEGUENZE PRATICHE DELL'EVOLUZIONE NORMATIVA	PG.25
- NUOVE TIPOLOGIE DI VETRI IN ARRIVO	PG.29
- termotropici	pg.29
- elettrocromici	pg.30
- cristalli liquidi	pg.31
- monoparticelle	pg.32
- lamelle e tendine	pg.33
- TIM	pg.34
- FINE	PG.38

# Prestazioni energetiche di vetri e sistemi per facciate trasparenti

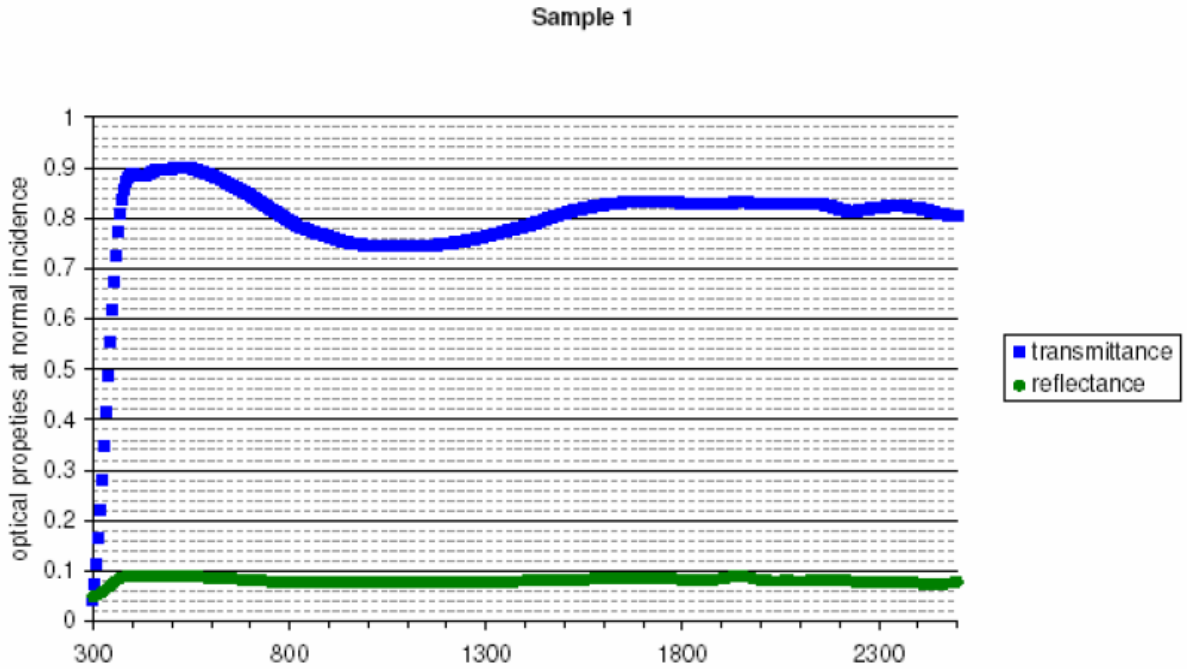
- Luce naturale:
  - ◆  $\tau_v$ , trasmittanza luminosa diretta
- Isolamento termico:
  - ◆  $U$  ( $W/m^2K$ ), trasmittanza termica
- Apporti termici solari:
  - ◆  $g = \tau_e + q_i$ , **fattore solare**
    - ◆  $\tau_e$ , trasmittanza solare diretta
    - ◆  $q_i$ , fattore di trasmissione solare secondaria/indiretta



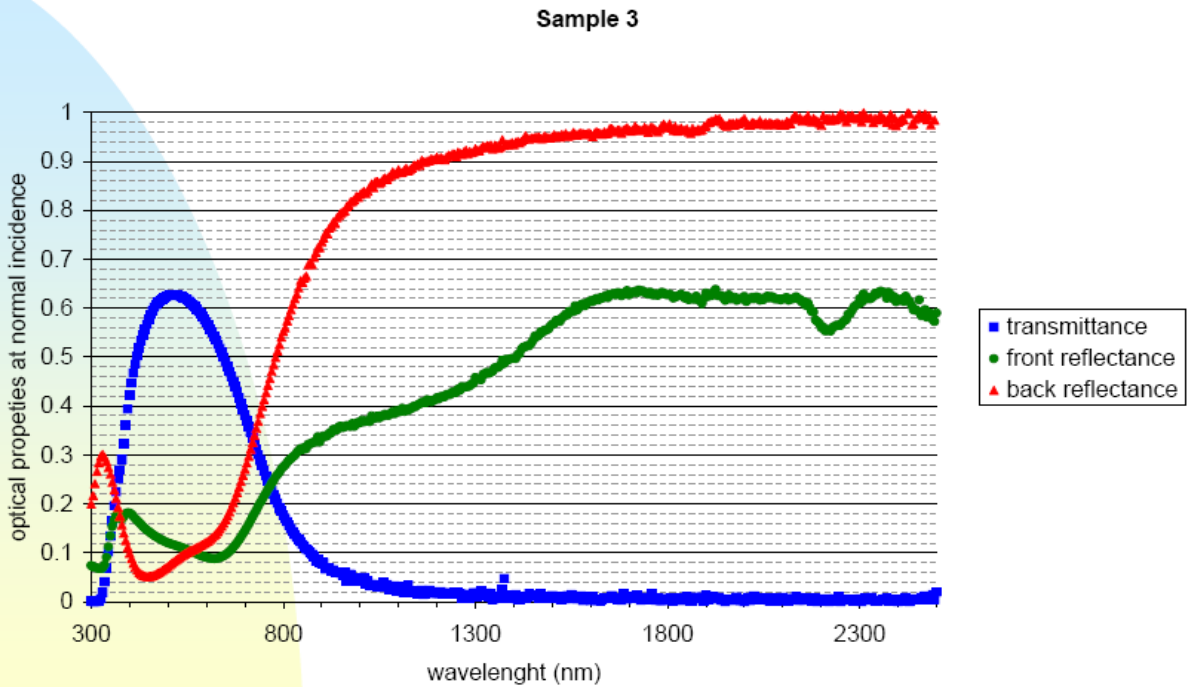
indice di selettività spettrale:  $LSG = \tau_v / g$



## Spettro di un vetro semplice chiaro

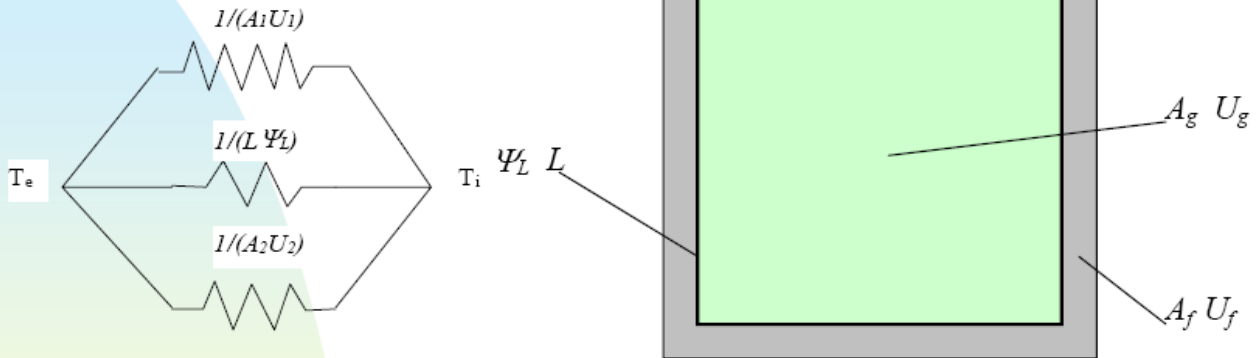


## Spettro di un vetro altamente selettivo



## trasmissione termica di finestre

- $\Psi_L$  ponte termico in corrispondenza del bordo tra vetro e telaio
- $U_w = (A_f U_f + A_g U_g + L \Psi_L) / A_w$



Tipo di telaio	$U_f$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	Tipologia di vetri	$U_g$ [W/(m <sup>2</sup> K)]
Metallo senza taglio termico	7	Vetro singolo	6,4
Metallo con taglio termico	≈ 3,5	Doppio vetro (DGU)	2,8
Poliuretano	≈ 2,5	DGU basso emissivo	1,6
Legno	≈ 1,7	DGU basso emissivo con Ar	1,1

## il mercato italiano dei vetri (prezzi indicativi)

Market and prices chain:

- A) Manufacturers A that produce glass layers (big size company)
- ↓
- B) Manufacturers B that assemble glazing (small size company)
- ↓
- C) Applicators which install windows
- ↓
- D) Final user

Product cost	Manufacturer B	Installator	Final User (including frame and installation)
Clear DGU (Double Glazed unit)	14 €/m <sup>2</sup>	16-20 €/m <sup>2</sup>	200-250 (*) €/m <sup>2</sup>
Heat Mirror DGU (low-e coat. + Argon)	20 €/m <sup>2</sup>	24-35 €/m <sup>2</sup>	
Solar Control DGU (spectrally selective & low-e coat. + Argon)	22 €/m <sup>2</sup>	42-50 €/m <sup>2</sup>	

(\*) Average on sealed windows

# Vetri ed infissi

## Funzioni e limiti dei sistemi vetrati



Johnson, Glasshouse, Illinois, USA



Mies van der Rohe, Farmhouse, Illinois, USA

## Di cosa si parla: le prestazioni dei sistemi vetrati



**Prestazioni luminose,  
energetiche e termiche  
delle vetrate per edilizia:**

- TRASMISSIONE della luce
- TRASMISSIONE dell'energia solare
- RIFLESSIONE luce e energia solare
- ISOLAMENTO TERMICO

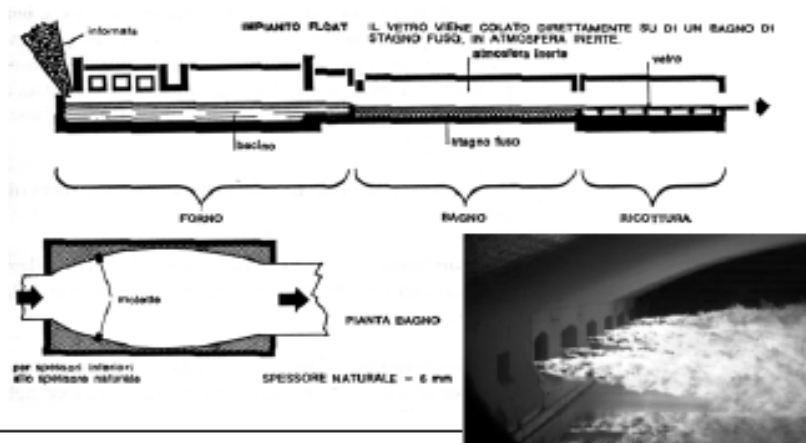
# Vetri ed infissi

## Di cosa si parla: le vetrocamere

- Il **vetro** ha una **conducibilità** intorno a **1 W/mK**: non è un materiale isolante ma neppure conduttore;
- gli **spessori** delle lastre con cui si usa sono però **limitati**, 3-6 mm, per cui la resistenza termica risultante è bassa, 0,04-0,06 m<sup>2</sup>K/W.
- La **trasmissione U** per una lastra semplice 3 mm con gli usuali valori per i coefficienti di addezione ( $\alpha_e=8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $\alpha_s=23 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) è sui **5.7 W/m<sup>2</sup>K**.
- Per aumentare le proprietà di isolamento si sono introdotte le cosiddette **vetrocamere** ossia una **coppia di lastre con interposta un'intercapedine** riempita di gas il quale presenta bassa conducibilità - aria, argon xenon, kripton.

## Di cosa si parla: il vetro float

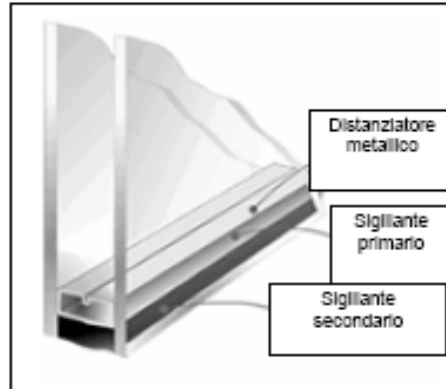
Per produrre lastre con facce piane e parallele esenti da imperfezioni legate al passaggio su rulli è stato messo a punto il processo "Float", in cui la lastra di vetro in via di solidificazione viene fatta galleggiare su un bagno di stagno fuso.



# Vetri ed infissi

## Di cosa si parla: le vetrocamere

- **distanziatore:**  
garantisce la resistenza meccanica in alluminio, metallo, polimeri rinforzati
- **sigillante primario (polisobutilene):**  
mastice di adesione tra i pannelli vetrati garantisce la tenuta dell'intercapedine
- **sigillante secondario (polisolfuro):**  
costituisce una seconda sigillatura e connessione tra i vari componenti
- **essiccante (zeolite):**  
adsorbe il vapor d'acqua, evita la condensa all'interno dell'intercapedine



## Il quadro normativo

### Standard internazionali per la caratterizzazione termica delle vetrate:

- **EN 673** - Glass in building - Determination of thermal transmittance (U value) - Calculation method - 1997
- **EN 674** - Glass in building - Determination of thermal transmittance (U value) - Guarded hot plate method - 1997
- **EN 675** - Glass in building - Determination of thermal transmittance (U value) - Heat flow meter method - 1997
- **ISO - EN 10077** - Thermal performance of windows - Calculation of thermal transmittance - 2000

# Vetri ed infissi

## Il quadro normativo

**Standard internazionali per la caratterizzazione luminosa ed energetica delle vetrate:**

- **EN 410** - Glass in building - Determination of luminous and solar characteristics of glazing - 1998
- **ISO 9050** - Glass in building - Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, and ultraviolet transmittance, and related glazing factors - 1990

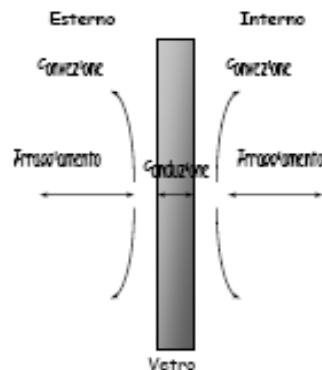
## La tramittanza - U-value

**Isolare termicamente significa contrastare:**

- Conduzione
- Convezione
- Irraggiamento

$$U_g = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_t} + \frac{1}{h_i}}$$

$$\frac{1}{h_t} = \sum_1^N \left( \frac{1}{h_j + h_{g_j}} \right) + \sum_1^M (d_j \cdot r_j)$$



# Vetri ed infissi

## La trasmittanza - U-value

### EN 673 - condizioni al contorno

- Stato stazionario
- Vetrata verticale
- Velocità del vento sulla superficie esterna = 4 m/s
- Convezione naturale sulla superficie interna
- Intercapedine non ventilata
- Temperatura al centro dell'intercapedine  $T = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Differenza di temperatura tra interno ed esterno  $\Delta T = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$

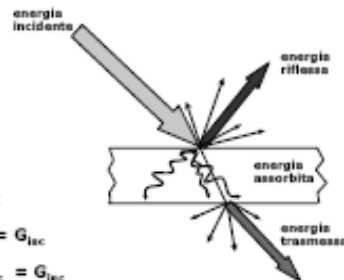
## Caratterizzazione prestazioni radiative

Il comportamento dei materiali nei confronti della radiazione è quantificato dai **coefficienti**:

di **riflessione**  $r = G_{\text{refl}} / G_{\text{inc}}$

di **trasmissione**  $t = G_{\text{trasm}} / G_{\text{inc}}$

di **assorbimento**  $a = G_{\text{ass}} / G_{\text{inc}}$



Per il principio di conservazione dell'energia vale:

$$G_{\text{ass}} + G_{\text{refl}} + G_{\text{trasm}} = G_{\text{inc}}$$

$$a G_{\text{inc}} + r G_{\text{inc}} + t G_{\text{inc}} = G_{\text{inc}}$$

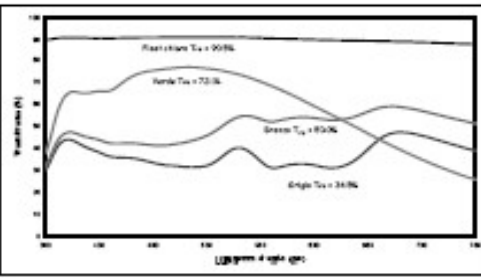
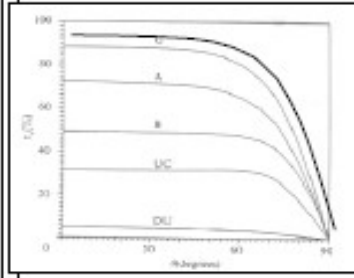
$$t + r + a = 1$$

# Vetri ed infissi

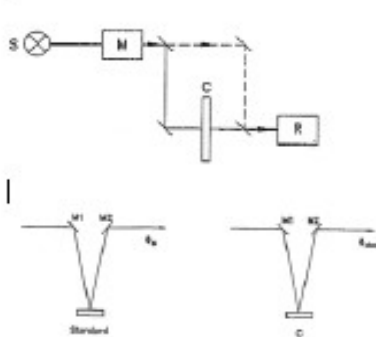
## Caratterizzazione: prestazioni radiative

I coefficienti sono funzione della lunghezza d'onda  $\lambda$  e dell'angolo di incidenza  $\theta$  della radiazione incidente

$$r = r(\lambda, \theta) \quad t = t(\lambda, \theta) \quad a = a(\lambda, \theta)$$



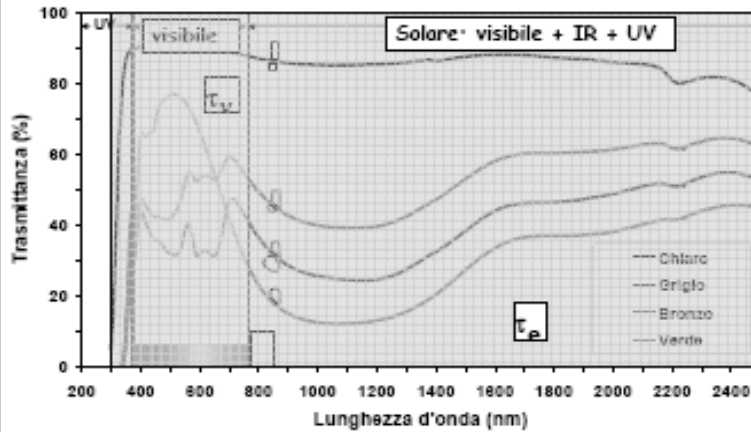
## Caratterizzazione: lo spettrofotometro



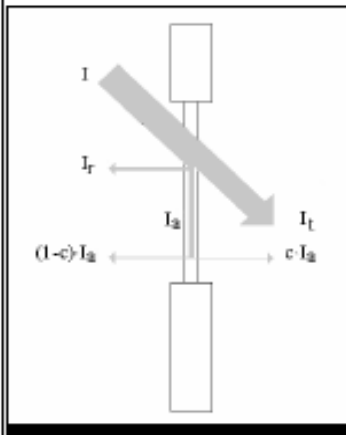
Spettrofotometro UV-VIS-NIR della SSV

# Vetri ed infissi

Parametri sintetici:  $\tau_{eV}$   $\rho_{eV}$   $\tau_{Vr}$   $\rho_{Vr}$



parametri sintetici - energia: fattore solare  $F_s$



rapporto tra l'energia globale trasmessa oltre la lastra e quella incidente su di essa;

si considera sia l'energia direttamente trasmessa che quella assorbita e scambiata per radiazione e convezione con l'interno;

$$F_s = g = \frac{i_t + c \cdot i_a}{i} = t_e + c \cdot a$$

Il fattore solare è anche indicato come total solar energy transmittance TSET, e Solar heating gain coefficient SHGC.

Per lastre non trattate il valore di c viene di solito assunto pari a 0,3; con ricoprimenti bassoemissivi si può arrivare a 0,5.

# Vetri ed infissi

## Le proprietà superficiali: deposizione di film sottili (coating)



### NATURA DEI DEPOSITI

- Ossidi (indio, stagno, zinco) con drogaggio:  $\text{SnO}_2\text{-Fe}$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-Sn}$ ,  $\text{ZnO-Al}$ .
- Semiconduttori
- Metalli nobili: oro, argento, rame
- Metalli transizione: ferro, cromo, nichel

### TECNICHE DI DEPOSIZIONE

- Pirolessi
- CVD
- Solgel
- Sputtering magnetronico
- Evaporazione sotto vuoto

## Tipologie di sistemi vetrati: bassoemissivi

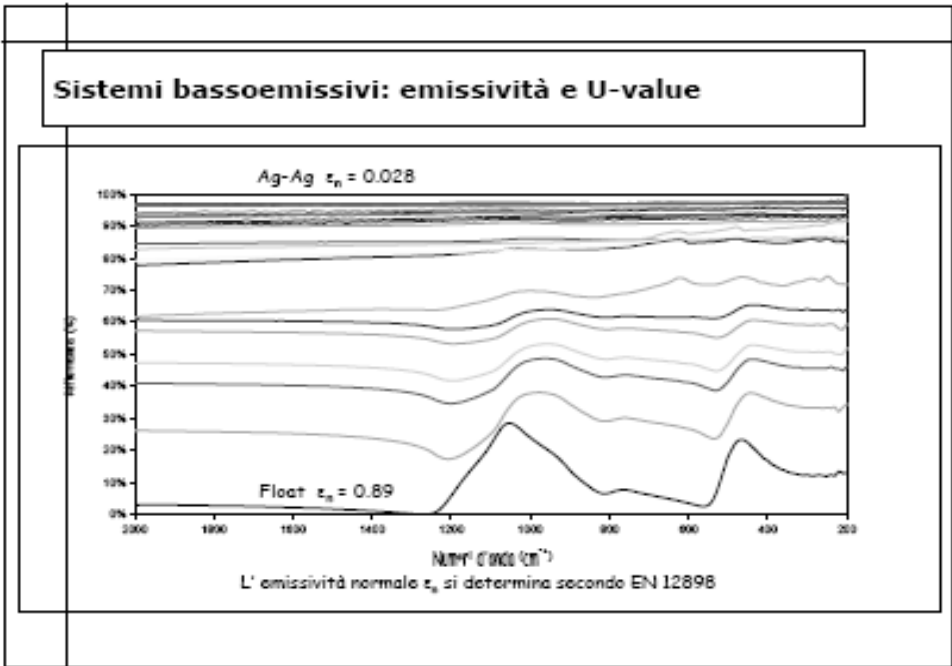
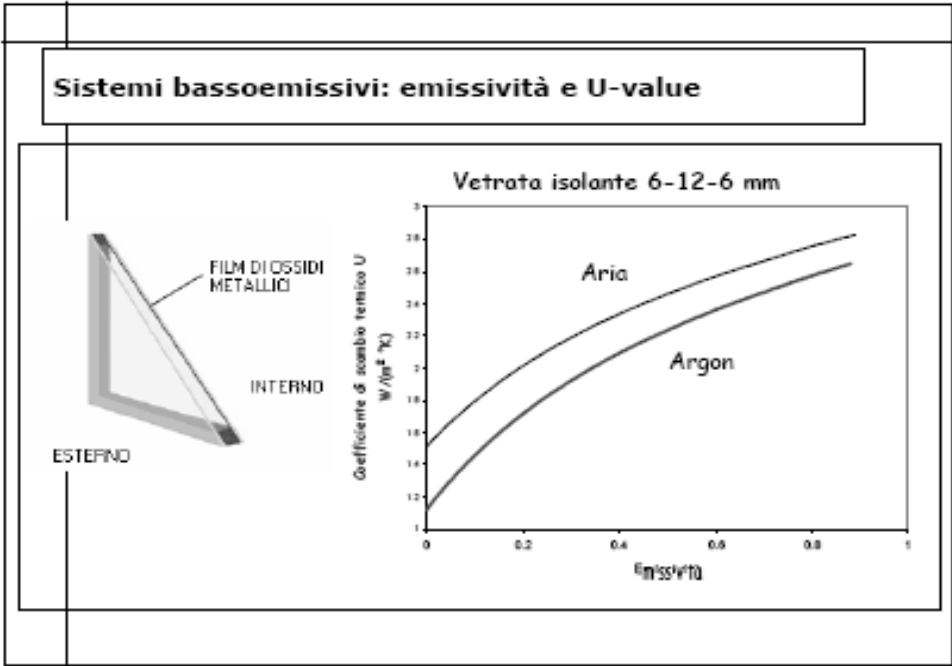


### Prestazioni

- depositi superficiali di metalli o ossidi metallici:  
 $\epsilon < 0,3$
- trasmittanza:  
 $U = 1,1 \div 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
- guadagno solare:  
 $F = 50 \div 65\%$
- coefficiente di trasmissione visibile:  
 $t_v = 65 \div 75\%$



# Vetri ed infissi



## Vetri ed infissi

### U-value per sistemi bassoemissivi

U value (W/m <sup>2</sup> °K)	Aria	Argon	Krypton
Doppia float	2.8	2.7	2.5
Doppia Ag-Ag	1.6	1.2	0.9
Tripla float	1.9	1.7	1.6
Tripla Ag-Ag	0.9	0.7	0.4

Valori calcolati secondo EN673 per vetri con spessore di 6 mm ed intercapedini con spessore di 12 mm; emissività normale float = 0.89, emissività normale Ag-Ag = 0.028

### U-value per sistemi bassoemissivi

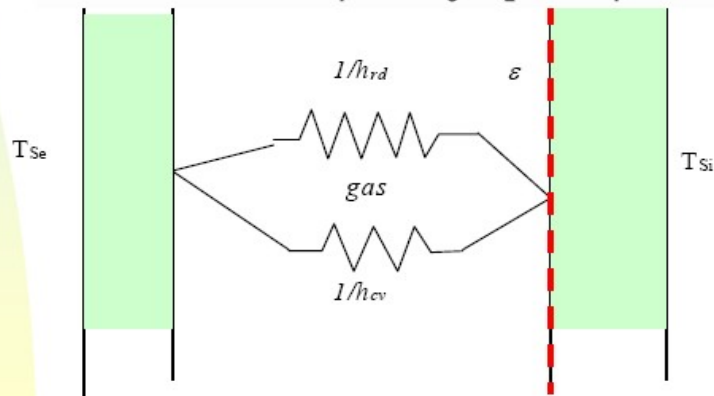
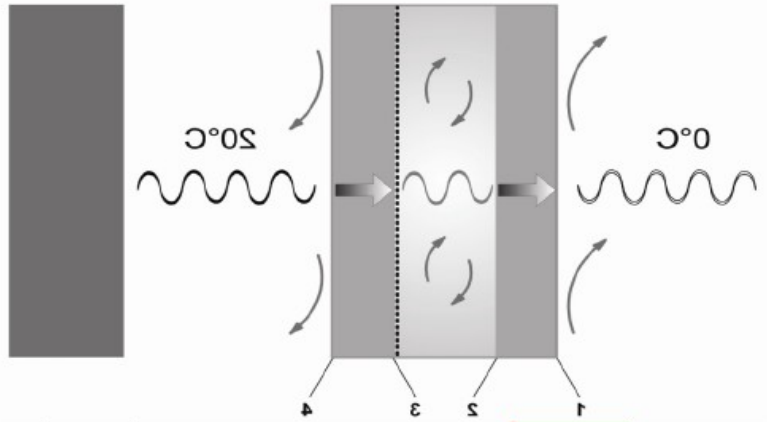
Influenza della percentuale di riempimento con gas sul valore U

% di riempimento	Argon	Krypton
100%	1.9	1.7
90%	2.0	1.8
70%	2.0	1.9
50%	2.1	2.0

Valori calcolati secondo EN673 per vetri con spessore di 6 mm ed intercapedini con spessore di 12 mm; emissività normale float = 0.89, emissività normale Ag-Ag = 0.028

## vetrocamera basso emissivo

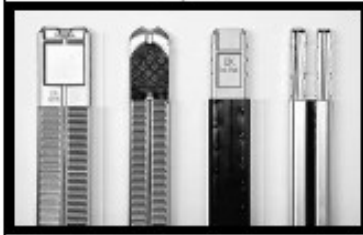
- Rivestimenti basso emissivi su un lato interno riducono lo scambio radiativo
- Il riempimento con gas pesanti (Argon) riduce lo scambio conduttivo-convettivo



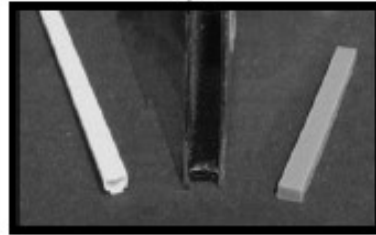
# Vetri ed infissi

## U-value: influenza dei diversi accorgimenti

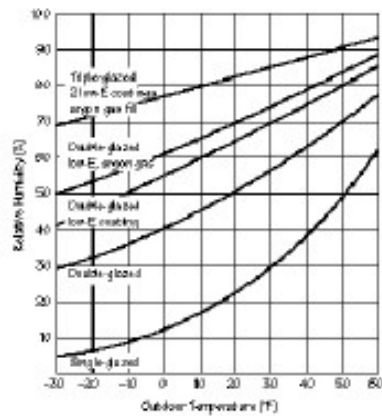
profilo in alluminio,  
profilo in acciaio,  
metallo variamente rivestito  
metallo con taglio termico



- fibra di vetro-polimero,
- poli-iso-butilene
- polimeri espansi (siliconici)
- materiali plastici (policarbonato)



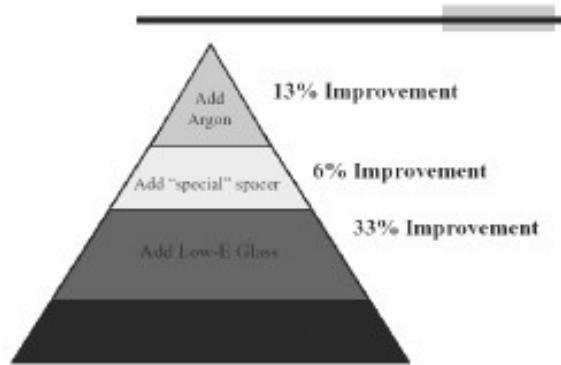
## Un aspetto collegato: la condensa superficiale



# Vetri ed infissi

## U-value: influenza dei diversi accorgimenti

### Thermal Performance Data

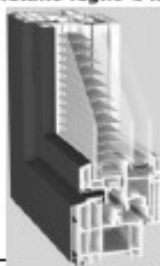


## C'è anche il serramento

Per garantire elevate prestazioni del sistema è necessario utilizzare telai ad elevate prestazioni:

- legno
- materiali polimerici (PVC) con anima in metallo
- profilato metallico (alluminio, acciaio) con taglio termico
- misto metallo legno e metallo polimero

PVC-Alluminio



PVC



Alluminio con taglio termico

# Vetri ed infissi

## C'è anche il serramento

Materiale telaio	Tipo di telaio	U <sub>f</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]
Poliuretano	Con anima di metallo e spesso più di 5 mm	2,6
PVC - profilo vuoto	Con due camere	2,1
	Con tre camere	1,9
Legno	d [mm]	U <sub>f</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]
	20	2,60
	30	2,20
	40	2,00
	50	1,90
	70	1,65
	100	1,42
	130	1,22
metallo	d [mm]	U <sub>f</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]
	4	4,2
	6	3,7
	8	3,5
	10	3,3
	12	3,2
	15	3,1
20	3,1	

## Caratterizzazione: U-value globale

**UNI 10345 - prEN ISO 10077** "Windows, doors and shutters - Thermal transmittance: calculation method";  
**EN673** - "Glass in building - Determination of thermal transmittance (U value): Calculation method";

$$U_w = \frac{U_g A_g + U_f A_f + \psi_g L_g}{A_g + A_f} \quad Q_w = A_w \cdot U_w \cdot (T_a - T_e)$$

- 1 determinazione di:  
 coefficiente di trasmissione per il telaio  
 coefficiente di trasmissione per la parte centrale  
 coefficiente lineico per il bordo
- 2 media pesata mediante le aree dei componenti il vetrocamera
- 3 determinazione coefficiente di scambio termico globale del sistema vetrato e quindi delle dispersioni

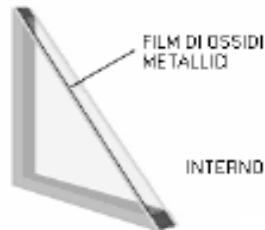
# Vetri ed infissi

## U-value: il coefficiente di dispersione lineico

Tipo telaio	2IG Standard $U_g: 2,7 \div 3,4$	2IG LE $U_g: 1,3 \div 2,8$	3IG Standard $U_g: 1,8 \div 2,4$	3IG LE $U_g: 0,8 \div 1,8$
Legno $U_f: 1,1 \div 2,6$	0,03	0,06	0,03	0,04
Polimero $U_f: 1,6 \div 2,8$	0,04	0,08	0,04	0,06
Metallo con taglio termico $U_f: 2,4 \div 3,8$	0,06	0,07	0,05	0,08
Metallo senza taglio termico	0,01	0,04	0,01	0,03

IG: vetro standard; IG, LE: vetro con film bassoemissivo  
 2: vetro doppio; 3: vetro triplo  
 $U_f$ : coefficiente di trasmissione termica del vetro;  
 $U_g$ : coefficiente di trasmissione termica del telaio;  
 $\Psi_{tt}$ ,  $\Psi_{ig}$ : coefficienti lineici

## Tipologie di sistemi vetrati: controllo solare



ESTERNO



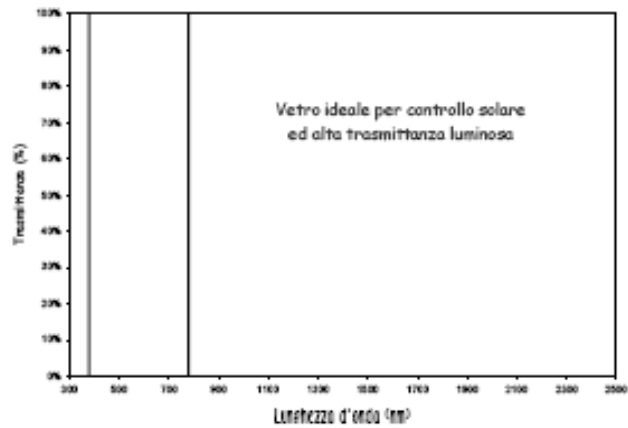
### Prestazioni

- trasmittanza  
 $U = 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
- guadagno solare:  
 $F = 30 \div 50\%$
- coefficiente di trasmissione visibile:  
 $t_v = 40 \div 65\%$
- depositi superficiali di metalli o ossidi metallici
- vetri colorati in massa

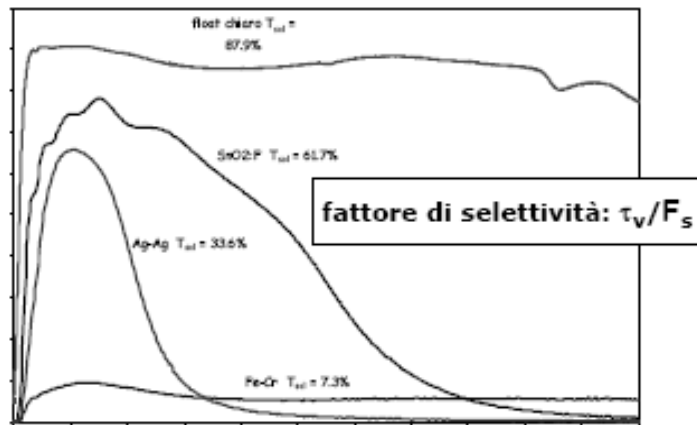
grandi superfici vetrate, particolari condizioni geografiche o di esposizione con eccessivo surriscaldamento e discomfort luminoso

# Vetri ed infissi

## Tipologie di sistemi vetrati: vetri selettivi

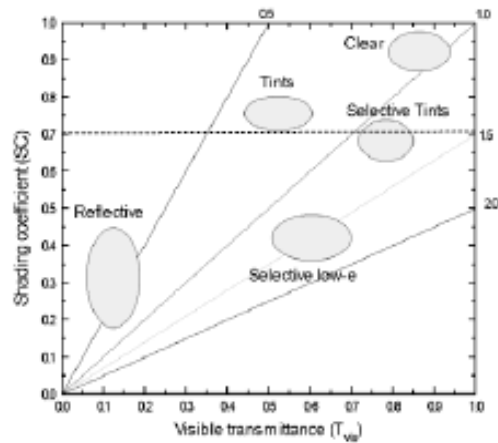


## Tipologie di sistemi vetrati: vetri selettivi



# Vetri ed infissi

## Riassumendo: diverse famiglie di vetri



## Conclusioni

La progettazione corretta dei sistemi vetrati risulta estremamente importante nel contenimento del fabbisogno energetico degli edifici:

- **Clima freddo: soprattutto le dispersioni invernali da tenere sotto controllo**  
 $t_v$  almeno 0,7       $F_g$  almeno 0,6      U al più 2 W/m<sup>2</sup>K
- **Clima caldo o edifici con elevati carichi termici: soprattutto i carichi solari da tenere sotto controllo**  
 $t_v$  almeno 0,6       $F_g$  al più 0,4      U al più 3,5 W/m<sup>2</sup>K
- **Clima moderato: sono da tenere sotto controllo sia le dispersioni che i carichi solari.**  
 $t_v$  almeno 0,7       $F_g$  almeno 0,5      U al più 2,5 W/m<sup>2</sup>K

# Vetri ed infissi

## DL 192/2005 Trasmittanza elementi trasparenti

Tabella 4b. Valori limite della trasmittanza termica di elementi trasparenti

zona climatica	dal 1 gennaio 2006 U [W/m <sup>2</sup> K]	dal 1 gennaio 2009 U [W/m <sup>2</sup> K]
A	5	5
B	4	3
C	3	2,3
D	2,6	2,1
E	2,4	1,9
F	2,3	1,6

## DL 192/2005 Trasmittanza elementi trasparenti - conseguenze pratiche

Tabella 4b. Valori limite della trasmittanza termica di elementi trasparenti

zona climatica	dal 1 gennaio 2006 U [W/m <sup>2</sup> K]	prodotto utilizzabile
A	5	vetrocamera tradizionale, vetro monolitico con b.e.
B	4	vetrocamera tradizionale, vetro monolitico con b.e.
C	3	vetrocamera tradizionale
D	2,6	vetrocamera tradizionale con b.e.
E	2,4	vetrocamera tradizionale con b.e.
F	2,3	vetrocamera tradizionale con b.e.

# Vetri ed infissi

## DL 192/2005 Trasmittanza elementi trasparenti – conseguenze pratiche

Tabella 4b. Valori limite della trasmittanza termica di elementi trasparenti

zona climatica	dal 1 gennaio 2009 U [W/m <sup>2</sup> K]	prodotto utilizzabile
A	5	vetrocamera tradizionale, vetro monolitico con b.e.
B	3	vetrocamera tradizionale
C	2,3	vetrocamera tradizionale con b.e.
D	2,1	vetrocamera tradizionale con b.e.
E	1,9	vetrocamera tradizionale con b.e.
F	1,6	vetrocamera tradizionale con s.b.e.

## DL 192/2005 Trasmittanza elementi trasparenti – conseguenze pratiche

### Le prestazioni del vetro monolitico

	TL	FS	U	U richiesto
Float chiaro 4mm	90	85	5,8	2,6/2,4
Float chiaro 19 mm	82	68	5,3	2,6/2,4
Vetro stratificato 33.1	88	80	5,7	2,6/2,4
Vetro temperato chiaro 4mm	90	85	5,8	2,6/2,4
Vetro b/e pirolitico 4 mm #2	82	73	3,8	2,6/2,4
Vetro b/e magnetronico 4mm	-	-	-	

Nelle zone climatiche D,E,F nessun vetro singolo raggiunge i valori limiti di trasmittanza termica richiesti dalla normativa

## Vetri ed infissi

### DL 192/2005 Trasmittanza elementi trasparenti – conseguenze pratiche

	TL	FS	U	U <sub>1.1.2006</sub>	U <sub>1.1.2009</sub>
<b>Con vetro float chiaro</b>					
4mm/12 aria/ 4mm	83	78	2,9	2,6/2,4	2,1/1,9
4mm/15 aria/ 4mm	81	76	2,8	2,6/2,4	2,1/1,9
4mm/12 argon/ 4mm	81	76	2,7	2,6/2,4	2,1/1,9
4mm/15 argon/ 4mm	81	76	2,6	2,6/2,4	2,1/1,9
4mm/18 aria/4mm	81	76	2,7	2,6/2,4	2,1/1,9
4mm/18 argon/4mm	81	76	2,6	2,6/2,4	2,1/1,9

Le composizioni di vetrata isolante con vetro float chiaro non raggiungono i valori di trasmittanza termica richiesta ad eccezione della composizione 15/18 argon. Però anche queste composizioni dal 1.1.2009 non saranno più a norma

### DL 192/2005 Trasmittanza elementi trasparenti – conseguenze pratiche

	TL	FS	U	U <sub>1.1.2006</sub>	U <sub>1.1.2009</sub>
<b>Con vetro basso emissivo pirolitico</b>					
4mm/12 aria/4 be	75	71	1,9	2,6/2,4	2,1/1,9
4mm/12 argon/4 be	75	72	1,6	2,6/2,4	2,1/1,9
4mm/15 aria/4 be	75	72	1,8	2,6/2,4	2,1/1,9
4mm/15 argon/4 be	75	72	1,5	2,6/2,4	2,1/1,9
4mm/18 aria/4 be	75	72	1,7	2,6/2,4	2,1/1,9
4mm/15 aria/44.1 be	72	71	1,7	2,6/2,4	2,1/1,9
4 be/12 aria/ 4mm	75	66	1,9	2,6/2,4	2,1/1,9
4 be/15 argon/4mm	75	66	1,5	2,6/2,4	2,1/1,9

## Vetri ed infissi

### DL 192/2005 Trasmissione elementi trasparenti - conseguenze pratiche

	TL	FS	U	U <small>L.L.2006</small>	U <small>L.L.2009</small>
Con vetro basso emissivo magnetronico					
4mm/12 aria/4 be	79	64	1,7	2,6/2,4	2,1/1,9
4mm/12 argon/4 be	79	64	1,3	2,6/2,4	2,1/1,9
4mm/15 aria/4 be	79	64	1,4	2,6/2,4	2,1/1,9
4mm/15 argon/4 be	79	64	1,1	2,6/2,4	2,1/1,9
4mm/15 aria/44.1 be	77	63	1,4	2,6/2,4	2,1/1,9
4 be/12 aria/ 4mm	79	60	1,7	2,6/2,4	2,1/1,9
4 be/15 argon/4mm	79	60	1,1	2,6/2,4	2,1/1,9

### sistemi vetrati proprietà variabili

- Sono chiamati anche sistemi cromogenici e consentono un controllo dinamico della radiazione termica e della luce che penetra all'interno degli ambienti.
- Sono caratterizzati dalla possibilità di variare lo spettro della trasmissione in funzione della temperatura, dell'intensità della radiazione, del campo elettrico applicato.
- Il controllo della variazione può avvenire in funzione di un controllo esterno (vetrate attivate elettricamente) o indipendentemente da esso (vetrate autoregolanti).

I dispositivi attivati elettricamente sono: cristalli liquidi dispersi, sistemi a particelle sospese e materiali elettrocromici.

I dispositivi autoregolanti sono: sistemi termocromici, termotropici e fotocromici.

# Vetri ed infissi

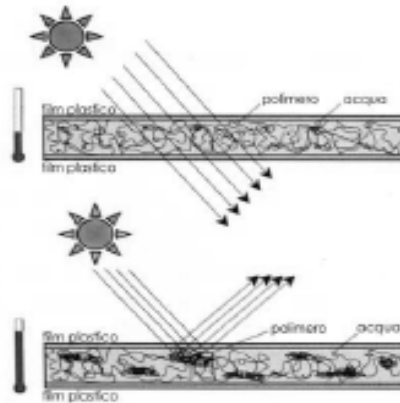
## sistemi vetrati proprietà variabili: termotropici

Come materiale termosensibile può essere utilizzata anche una dispersione acquosa di un polimero.

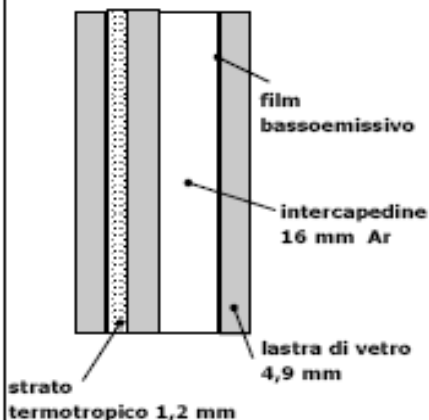
La transizione trasparente opaco avviene in questo caso a causa della formazione a temperatura specifica di "grovigli polimerici".

Mentre le catene polimeriche svolte non interagiscono con la luce i grovigli disperdono la luce rendendo il sistema opaco.

Si possono utilizzare anche miscele di polimeri con diversa miscibilità con la temperatura.



## sistemi vetrati proprietà variabili: termotropici



### Prestazioni

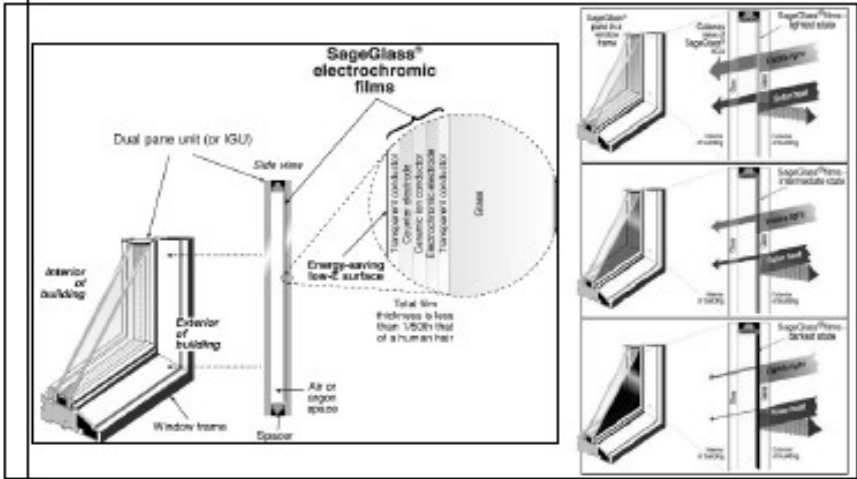
Strato contenente una miscela di polimeri termotropica tra lastre vetro assemblata in vetrocamera con lastra ricoperta con film bassoemissivo

- trasmittanza:  
 $U = 1,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- guadagno solare:  
 $F = 0,48 (26^\circ\text{C}) - 0,15 (50^\circ\text{C})$
- coefficiente di trasmissione visibile:  
 $t_v = 0,72 (26^\circ\text{C}) - 0,23 (50^\circ\text{C})$
- coefficiente di trasmissione solare:  
 $t_s = 0,40 (26^\circ\text{C}) - 0,13 (50^\circ\text{C})$

Fraunhofer Institute ISE

# Vetri ed infissi

## sistemi vetrati proprietà variabili: elettrocromici

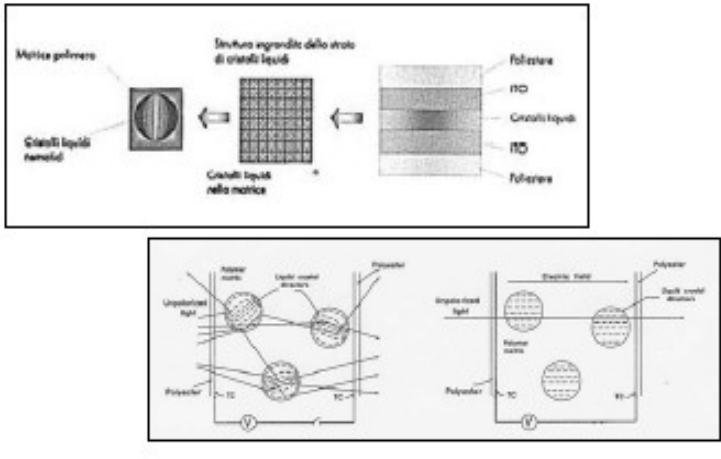


## sistemi vetrati proprietà variabili: elettrocromici

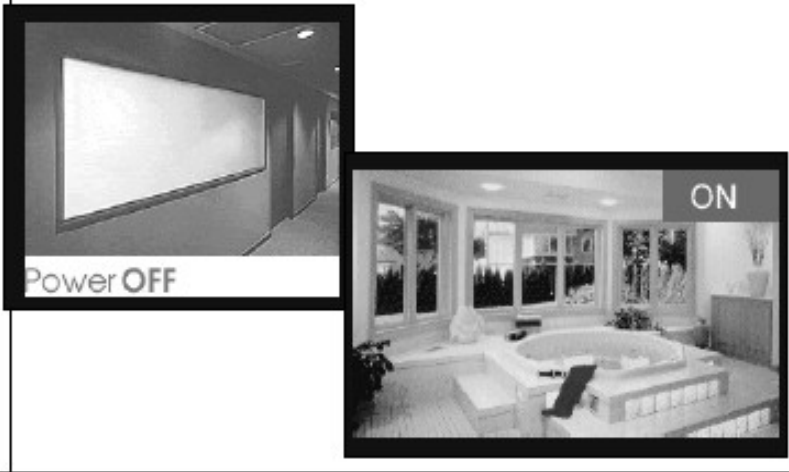


# Vetri ed infissi

## sistemi vetrati proprietà variabili: cristalli liquidi

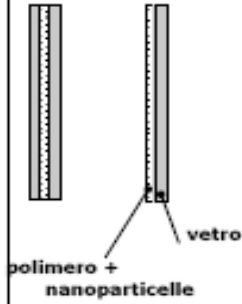


## sistemi vetrati proprietà variabili: cristalli liquidi



# Vetri ed infissi

## sistemi innovativi: dispersioni di nanoparticelle

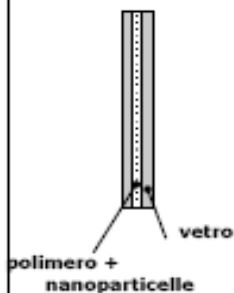


Si utilizzano particelle di dimensioni molto limitate ( $< 100$  nm) in grado di non disperdere la luce e caratterizzate da un assorbimento spettrale selettivo: ITO (indium tin oxide), ATO (antimony tin oxide),  $\text{LaB}_6$ .

Le particelle sono disperse in uno strato polimerico e possono bloccare selettivamente IR, UV o dosare il visibile. Si utilizzano di solito PVB, PET.

Si utilizzano anche lastre in polimero (PMMA) con dispersione di ITO. I pigmenti utilizzati come carica ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{BaSO}_4$ , ZnS) usualmente hanno dimensioni dell'ordine del micron e disperdono la luce.

## sistemi innovativi: dispersioni di nanoparticelle

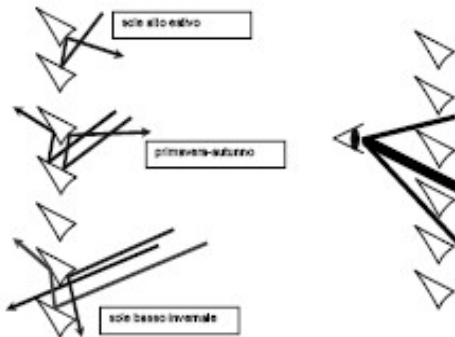


tipo vetro	$t_v$	$t_{sol}$	$\rho_{est}$	SHGC
laminato chiaro PVB	0,88	0,73	0,19	0,78
laminato chiaro PVB + 2000 ppm ITO	0,87	0,62	0,34	0,68
laminato chiaro PVB + 2000 ppm ATO	0,83	0,61	0,32	0,70

# Vetri ed infissi

## sistemi "redirecting": lamelle

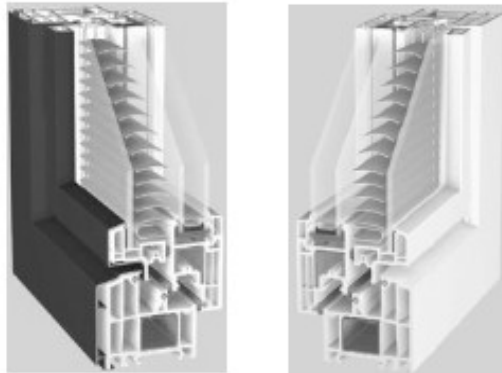
lamelle  
fisse



Controllo solare e visibilità attraverso sistemi a lamelle fisse.  
Il profilo è tale da ottimizzare le prestazioni.

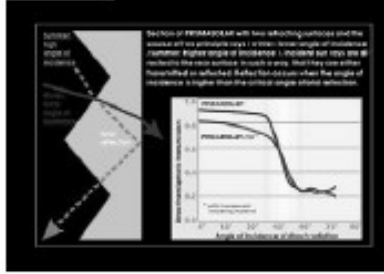
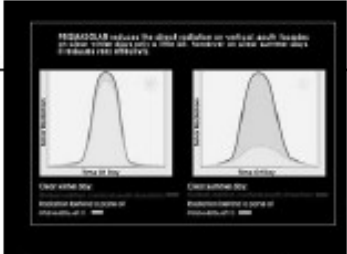
## sistemi "redirecting": vetrocamere con tendina

lamelle  
orientabili



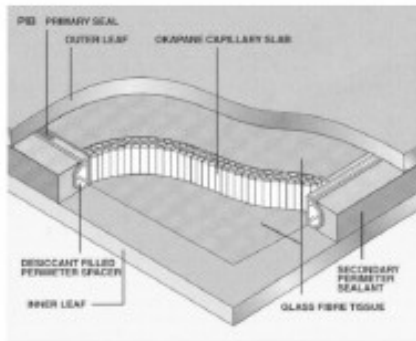
# Vetri ed infissi

## sistemi "redirecting": sistemi rifrattivi prismatici



## sistemi innovativi: TIM

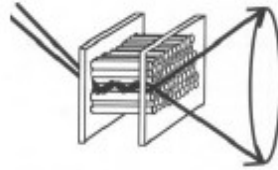
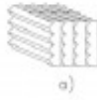
### Sistemi geometrici



# Vetri ed infissi

## sistemi innovativi: TIM

I pannelli di elementi geometrici sono ottenuti per estrusione di materie plastiche (PMMA, PC) o di vetro.



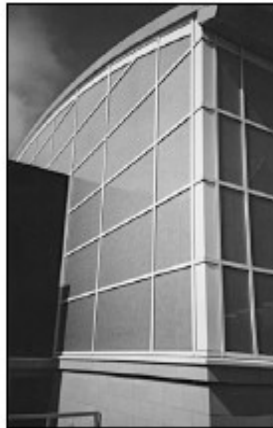
Le prestazioni luminose variano molto con l'angolo di incidenza dei raggi solari. Tra condizione invernale (angolo di incidenza vicino a 0°) e condizione estiva si hanno differenze fino al 25%.



La luce viene diffusa all'interno degli ambienti con miglioramento della sua distribuzione.



## sistemi innovativi: TIM



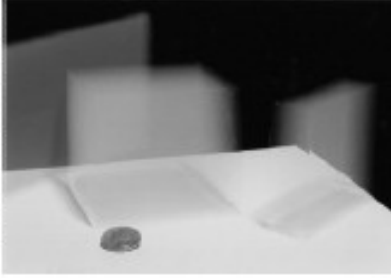
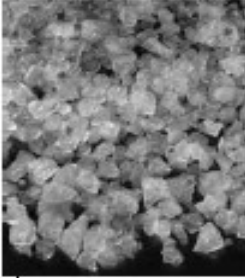
### Prestazioni

- trasmittanza:  
 $U = 0,9-1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
- guadagno solare:  
 $F = 17 \div 40\%$
- coefficiente di trasmissione visibile:  
 $t_v = 11 \div 54\%$
- prezzo 260 euro/m<sup>2</sup> (Kapilux)

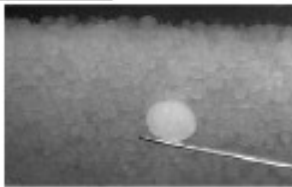
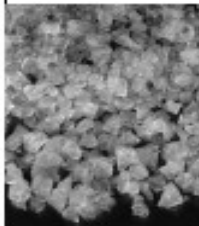
# Vetri ed infissi

## sistemi innovativi: TIM con aerogel

Materiale a struttura silicea ad elevatissima porosità di dimensioni estremamente ridotte (10-20 nm).  
Tende a virare verso il blu su sfondo scuro e verso il giallo su sfondo chiaro.  
Può essere prodotto in granuli e in lastre monolitiche



## sistemi innovativi: TIM con aerogel



Aerogel granulare

### Prestazioni

con aerogel granulare tra fogli di PMMA

- coefficiente di trasmissione visibile:  
 $t_v = 75\%$
- coefficiente di trasmissione solare:  
 $t_s = 70\%$

con aerogel granulare tra lastre vetro con bassoemissivo

- trasmittanza:  
 $U = 0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$
- guadagno solare:  
 $F = 45\%$
- coefficiente di trasmissione visibile:  
 $t_v = 50\%$

# Vetri ed infissi

## sistemi innovativi: TIM con aerogel



Aerogel monolitico (LBNL)

### Prestazioni

con aerogel monolitico tra due lastre di vetro (4-20-4)

- trasmittanza:  
 $U = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
- guadagno solare:  
 $F = 75\%$
- coefficiente di trasmissione visibile:  
 $t_v = 70\%$

## sistemi vetriati stratificati



lastra di vetro

Strato PVB 0,38 mm  
comportamento elastoplastico



Il PVB viene steso sul vetro a temperatura e umidità controllata.

L'umidità risulta fondamentale nel controllo del processo. Sono i gruppi OH presenti che fanno da ponte.

Si procede a una prima deaerazione (*pre-pressatura*) con laminazioni tra rulli intervallate da uno specifico ciclo termico.

Per favorire la deaerazione le superfici del foglio di plastica non sono lisce, ma rugose (il foglio nativo è quindi opaco).

L'incollaggio finale si ottiene in autoclave a circa  $140^\circ\text{C}$  e 12-15 atmosfere per qualche minuto.



**Studio SDF ; di Sesso p.i. Daniele e Faraon ing. Sandro**  
**Via Montale 4/2 30030 - Pianiga (VE)**  
**P.I.: 03733040277**  
**Info@sdfsaving.it - [sdfsaving@libero.it](mailto:sdfsaving@libero.it)**  
**WEB : [www.sdfsaving.it](http://www.sdfsaving.it)**

***FINE***