

POLITECNICO DI MILANO

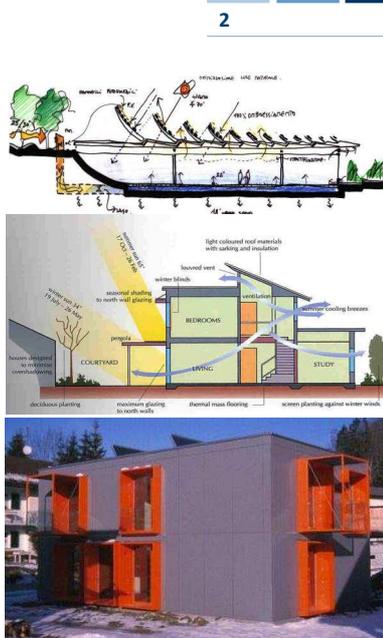
INVOLUCRO TRASPARENTE E APPORTI SOLARI GRATUITI

TIZIANA POLI

INTRODUZIONE

Il contesto normativo (in materia di energia) suggerisce una revisione del progetto di architettura

- *trasposizione* di regole e di prassi costruttive consolidate in altri contesti climatico-ambientale (efficaci per il contesto di riferimento ma non necessariamente efficaci per il contesto italiano)
- *elaborazione* di strategie di intervento e di soluzioni progettuali efficaci ed energeticamente efficienti ad assetto variabile



Sopra: MCA - Mario Cucinella Associati; disegni preliminari Sotto: un esempio di passivhaus

OBIETTIVI E STRUTTURA DELLA LEZIONE

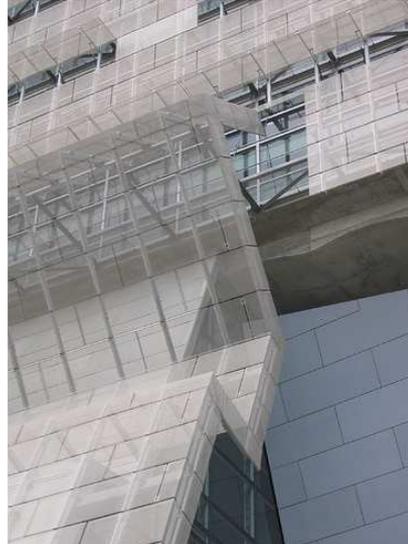
3

OBIETTIVI

- Definire cosa è (in termini di modello di funzionamento) un *edificio a basso fabbisogno energetico*;
- Definire cosa si intende per *Climate Sensitive Building*;
- Delineare i *modelli di funzionamento dell'involucro edilizio* e le prestazioni da controllare

STRUTTURA

- 1** Il bilancio energetico e gli "elementi tecnici" che entrano in gioco (cenni);
- 2** Le prestazioni per un involucro efficiente;
- 3** Le strategie e le possibili soluzioni tecniche per isolare e controllare gli apporti solari gratuiti
- 4** Gli strumenti per la modellazione (semplificati e complessi)



E.O. Moss, The umbrellio, Culver City, California

TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

INTRODUZIONE: EDIFICIO ED ENERGIA

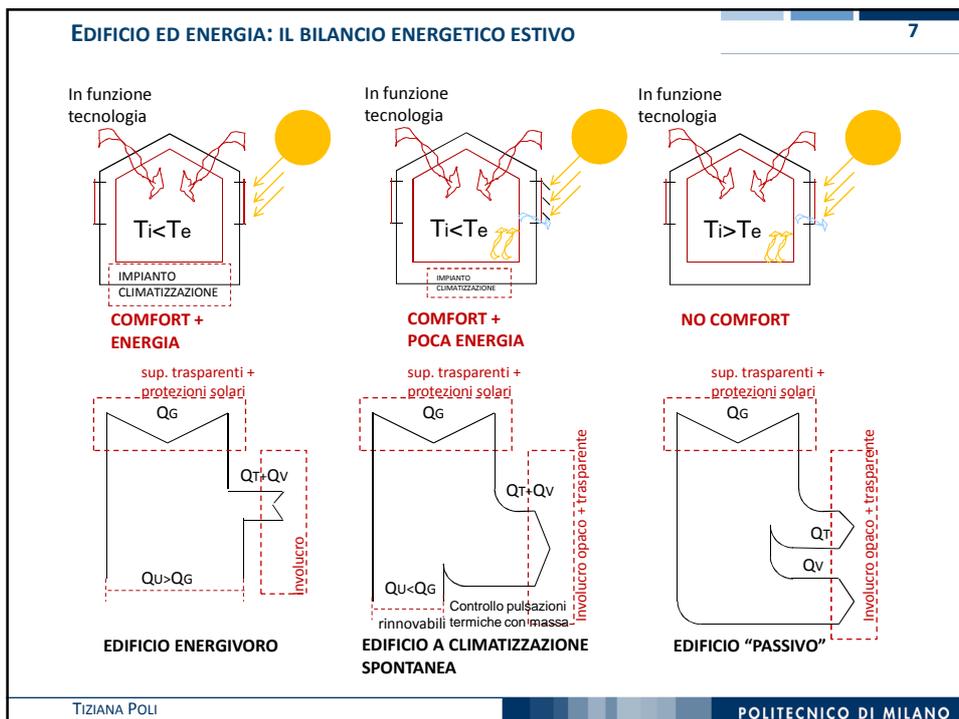
4

Che cosa è un edificio a basso fabbisogno energetico

- *Edificio "energivoro"*
concetto base: nessuna strategia con finalità dichiarata dal punto di vista energetico
 $Q_H > 120 \text{ KWh/m}^2\text{a}$
 $E_{PH} > 250 \text{ KWh/m}^2\text{a}$
- *Edificio "a basso fabbisogno energetico"*
concetto base: ----->
 - limite sul fabbisogno energetico per il riscaldamento;
 - controllo livelli di comfort;
 - limite sul consumo di energia primaria per usi finali (riscaldamento, elettrodomestici e illuminazione, acqua calda)
- *Edificio a basso fabbisogno energetico*
 $Q_H < 70 \text{ KWh/m}^2\text{a}$
 $E_{TH} < 120 \text{ KWh/m}^2\text{a}$
- *Edifici a climatizzazione spontanea – climate sensitive buildings*
- *Edificio passivo per climi freddi (Passivhaus)*
 $Q_H < 15 \text{ KWh/m}^2\text{a}$
 $E_{TH} < 33 \text{ KWh/m}^2\text{a}$
- *Edificio a consumo energetico zero*
 $Q_H = 0$
 $E_{TH} < 30 \text{ KWh/m}^2\text{a}$

TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO



I DATI DI INPUT PER IL PROGETTO DEGLI EDIFICI A CLIMATIZZAZIONE SPONTANEA

9

Il contesto AMBIENTALE (vincoli o potenzialità)

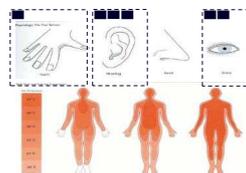
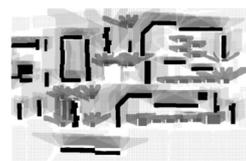
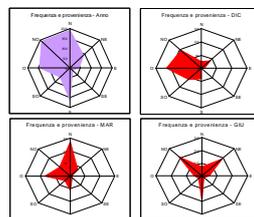
- **Fattori naturali di contesto**
 Profilo climatico 1: analisi delle forzanti negative per il controllo (depotenziamento + decadimento fisico o prestazionale degli elementi)
 Profilo climatico 2: analisi delle forzanti positive per il potenziamento

▪ Fattori morfologici

La geometria urbana come elementi di mitigazione o potenziamento delle forzanti climatiche
 Tessitura suolo e analisi ombre portate (ombreggiamenti), albedo superficiale

Il contesto D'USO

- **Destinazione d'uso e benessere**
 Benessere igrotermico, benessere luminoso, benessere acustico



Neutralità sensoria + Benessere adattivo

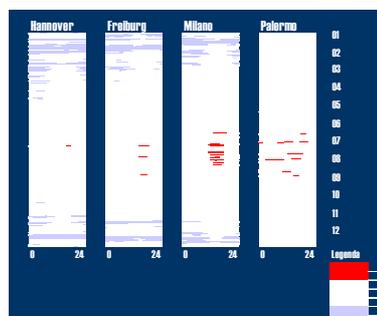
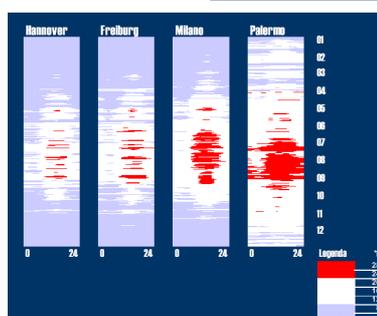
TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

I DATI DI INPUT PER IL PROGETTO DEGLI EDIFICI A CLIMATIZZAZIONE SPONTANEA

Il contesto AMBIENTALE

- **Fattori naturali di contesto**
 - Irraggiamento;
 - Copertura cielo (nuvolosità);
 - UR;
 - Velocità e direzione vento;
 - Precipitazioni (indice pioggia-vento);
 - **Temperature (analisi delle criticità)**
 Minime, Medie, Massime, Persistenze (numero giorno consecutivi sopra una data T, differenze tra giorno e notte)
- L'incidenza del contesto ambientale sul decadimento fisico e prestazionale degli elementi
- L'incidenza del contesto per la progettazione statica, scelta dei componenti



TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

I DATI DI INPUT PER IL PROGETTO DEGLI EDIFICI A CLIMATIZZAZIONE SPONTANEA

11

▪ *Profilo climatico e ambientale*

Forzanti **positive** nei periodi freddi

- elevata solarizzazione

Forzanti **negative** nei periodi freddi

- scarsa solarizzazione (morfologia urbana)
- ventosità

Forzanti **positive** nei periodi caldi

- venti e brezze
- forte differenza tra temperatura diurna e notturna
- assenza di periodi prolungati con temperature critiche
- presenza di verde, alberature, superfici fredde,

Forzanti **negative** nei periodi caldi

- ventosità ridotta
- elevata solarizzazione dell'involucro (dovuta all'assenza di fattori naturali o artificiali)
- scarsa differenza tra temperatura diurna e notturna
- periodi prolungati con T critiche ed elevata UR
- assenza di superfici evapotraspiranti

TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE POSSIBILI STRATEGIE PER GLI EDIFICI A CLIMATIZZAZIONE SPONTANEA

12

Esistono delle regole codificate nella progettazione di edifici a climatizzazione spontanea?

- 1 Nella progettazione dei *Climate Sensitive Building* l'impianto architettonico è importante quanto l'impianto tecnologico-costruttivo

Il progetto può muoversi facendo prevalere

- 2 l'impianto architettonico (quando possibile) o l'involucro edilizio



1. la configurazione dell'edificio, *Architettura, The Bronx Museum, NY* (www.architettura.com),
 2. 3. Silk Institute, (www.archinet.com)

TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE POSSIBILI STRATEGIE PER GLI EDIFICI A CLIMATIZZAZIONE SPONTANEA	13
<i>Le possibili strategie in generale</i>	
<i>Potenziamento dell'isolamento dell'involucro:</i> →	periodo invernale: riduzione dei disperdimenti
Adattabilità delle superfici trasparenti (facciate o serramenti): controllo dei flussi termici ed energetici e luminosi durante le stagioni invernali, <i>intermedie</i> ed estive (in-out);	periodo estivo: controllo e limitazione degli apporti solari gratuiti
Sfruttamento ventilazione naturale: dimensionamento aperture e attivazione di schemi distributivi tali da potenziare il riscontro;	periodo estivo: dissipazione "immediata" degli apporti solari gratuiti - periodo invernale (ventilazione controllata): controllo del transitorio termico (carichi interni)
Ottimizzazione della massa del sistema edilizio per il controllo delle pulsazioni termiche →	periodo estivo: dissipazione "ritardata" degli apporti solari gratuiti (controllo delle pulsazioni termiche)
TIZIANA POLI	POLITECNICO DI MILANO

LE POSSIBILI STRATEGIE PER GLI EDIFICI A CLIMATIZZAZIONE SPONTANEA	14
<i>Le possibili strategie in relazione al contesto climatico</i>	
Inverni freddi ed estate calde	Inverni temperati ed estate calde
<ol style="list-style-type: none"> 1. PPV ad alta resistenza termica e poca massa (PIO) per ridurre disperdimenti 2. Serramenti ad alta resistenza termica 3. Sistemi oscuranti isolanti 4. Ventilazione meccanica (ricambi) 5. Dimensionamento, caratterizzazione FS e posizione serramenti (guadagni solari) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Serramenti ad alta resistenza termica 2. Sistemi oscuranti isolanti 3. Ventilazione meccanica/naturale (ricambi) 4. Dimensionamento, caratterizzazione FS e posizione serramenti (guadagni solari)
<p style="text-align: center;">Inverno ----- Estate</p> <ol style="list-style-type: none"> 6. Regolazione del fattore solare dei serramenti (protezioni solari) 7. Ventilazione naturale (raffrescamento notturno) 8. Pavimenti radianti (con o senza inerzia) 	<p style="text-align: center;">Inverno ----- Estate</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. PPV ad alta resistenza termica per ridurre entrate calore 6. Inerzia termica chiusure ambito per mitigare carichi o guadagni 7. Coperture a verde 8. Regolazione del fattore solare dei serramenti (protezioni solari) 9. Ventilazione naturale/meccanica (raffrescamento notturno) 10. Pavimenti radianti per raffreddamento masse (con o senza inerzia)
TIZIANA POLI	POLITECNICO DI MILANO

LE STRATEGIE PER UN EDIFICIO CLIMATE SENSITIVE BUILDING

15

L'**involucro edilizio** non è più percepito come un elemento di separazione tra interno ed esterno ma come una **membrana osmotica** (da mettere a sistema con gli altri elementi dell'organismo edilizio) in grado di trasformarsi nel tempo al variare delle sollecitazioni (sistema dinamico, attivo, mutevole e adattabile)

L'involucro è quindi un contenitore di informazioni (segnali)



THE NORDIC COUNCIL BUILDING – NORWAY AMBASSADE BERLINO – ARCH. SNOETTA

TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE STRATEGIE PER UN EDIFICIO CLIMATE SENSITIVE BUILDING

16

Il **serramento tradizionale** è sufficiente per modulare i segnali energetici e luminosi in modo *dinamico*?

NO ----->

Le funzioni del serramento oggi sono:

- far entrare la luce;
- isolare (termicamente);
- ventilare;
- guardare fuori

Per rendere dinamico il sistema è necessario "aggiungere" strati (interni o esterni) preferibilmente ad assetto variabile, ossia **le protezioni solari**

TIZIANA POLI

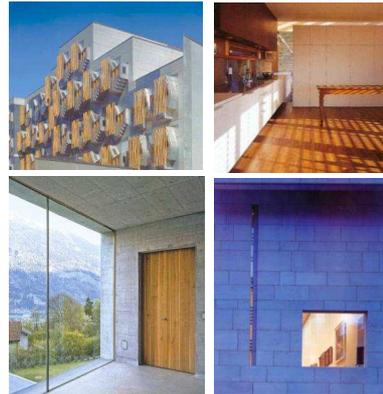
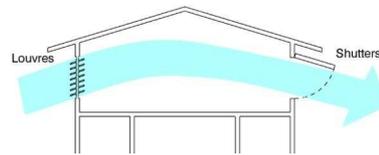
POLITECNICO DI MILANO

LE STRATEGIE PER UN EDIFICIO CLIMATE SENSITIVE BUILDING

17

I modelli di funzionamento della parte trasparente

- *Far entrare la luce → filtrare, potenziare o escludere la luce;*
- *Isolare termicamente*
- *Isolare acusticamente*
- *ventilare;*
- *modulare gli apporti solari gratuiti*
- *guardare fuori;*
- *fare architettura*



TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE STRATEGIE PER UN EDIFICIO CLIMATE SENSITIVE BUILDING

18

I requisiti delle parti trasparenti

- energia
- *Controllo flusso termico (fabbisogno e benessere microclimatico – T operante, Tmr)*
 - *Qualità aria (Controllo della ventilazione);*
 - *Controllo flusso luminoso;*
 - *Controllo apporti solari gratuiti;*
 - *Privacy (guardare fuori/guardare dentro);*
 - *Controllo propagazione rumori aerei (in-out);*

I requisiti delle parti trasparenti

- tecnologia
- *Tenuta all'acqua*
 - *Permeabilità all'aria*
 - *Resistenza ai carichi del vento*
 - *Facilità uso e manovra*
 - *garantire sicurezza delle persone all'interno e all'esterno (safety and security);*
 - *Manutenibilità (contenimento costi)*
 - *Sostituibilità (contenimento costi)*
 - *Sostenibilità (LCA)*
 - *fare architettura*

TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

I RIFERIMENTI NORMATIVI

19

D. Lgs 311/2006

Trasmissione termica delle chiusure trasparenti

TABELLA 4.a Chiusure trasparenti Valori limite della trasmittanza termica U espressa in W/m^2K			
Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m^2K)
A	5,5	5,0	4,6
B	4,0	3,6	3,0
C	3,3	3,0	2,6
D	3,1	2,8	2,4
E	2,8	2,4	2,2
F	2,4	2,2	2,0

TABELLA 4.b Vetri Valori limite della trasmittanza termica U espressa in W/m^2K			
Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m^2K)	Dall' 1 luglio 2008 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2011 U (W/m^2K)
A	5,0	4,5	3,7
B	4,0	3,4	2,7
C	3,0	2,3	2,1
D	2,6	2,1	1,9
E	2,4	1,9	1,7
F	2,3	1,7	1,3

Regione Lombardia
Deliberazione
n. VIII 8745
del 22 dicembre 2008
e aggiornamenti
successivi

Zona climatica	Strutture rivolte verso l'esterno ovvero verso ambienti a temperatura non controllata			Chiusure trasparenti comprehensive di infissi
	Opache verticali	Opache orizzontali o inclinate		
		Coperture	Pavimenti	
D	0,36	0,32	0,36	2,4
E	0,34	0,30	0,33	2,2
F	0,33	0,29	0,32	2,0

Tabella A.2.1 - Valori limite della trasmittanza termica espressa in W/m^2K .

TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE PRESTAZIONI DEL SERRAMENTO

20

Trasmissione termica = UNI EN ISO 10077 - 1 e 2 o misura EN ISO 8990, UNI EN ISO 12567

Potere fonoisolante = (UNI EN ISO 140/3-UNI EN ISO 717/1) UNI EN 14351-1

Permeabilità all'aria (pressione) (UNI EN 1026-UNI EN 12207)

Permeabilità all'aria (pressione/depressione) (UNI EN 1026-UNI EN 12207)

Tenuta all'acqua (UNI EN 1027 - UNI EN 12208)

Resistenza al vento - (UNI EN 12211 - UNI EN 12210)

- deformazione in pressione/depressione
- pressione e depressione ripetuta - 50 cicli
- verifica della permeabilità all'aria in pressione/depressione
- sicurezza a pressioni/depressioni

Sforzo di rotazione (UEAtc)

Resistenza alla deformazione (UEAtc)

Resistenza nel piano delle ante (UEAtc)

Resistenza a strappo di perni e cerniere (UEAtc)

Resistenza dei compassi d'arresto (UEAtc)

TIZIANA POLI

Deformazione diagonale (UEAtc)

Resistenza ad apertura e chiusura a 10.000 cicli (UNI EN 107 - UNI 9158)

Sforzo apertura-chiusura organo di manovra (UNI EN 107-UNI 9158)

Forza o momento di chiusura con manovra impedita (UNI EN 107 - UNI 9158)

Sforzo di spostamento dell'anta (UNI EN 107-UNI 9158)

Sforzo di messa in movimento dell'anta (UNI EN 107-UNI 9158)

Urto di corpo duro (UEAtc)

Resistenza all'urto su finestre (UNI EN 13049)

Resistenza all'urto su porte e portefinestre (UNI EN 949 - UNI EN 950 - UNI EN 13049)

Resistenza al carico verticale di finestre (UNI EN 14608-UNI EN 13115)

Resistenza alla torsione statica di finestre (UNI EN 14609-UNI EN 13115)

Forze di manovra di finestre (UNI EN 12046-1-UNI EN 13115)

Sollecitazione termica (gradiente termico)

(UEAtc)

POLITECNICO DI MILANO

LE PRESTAZIONI DEL SERRAMENTO

21

- Fatica a flessione con sollecitazioni del vento per 1000 cicli (UEAtc) Forza verticale all'estremità. Sforzo di messa in movimento dell'anta (UNI EN 107-UNI 9158)
 - Verifica in trazione della qualità della saldatura dell'angolo (UEAtc)
 - Trazione orizzontale di assemblaggi meccanici (UEAtc)
 - Prova di torsione. Sforzo di messa in movimento dell'anta (dinamica) sforzo di spostamento dell'anta (UNI EN 107-UNI 9158)
 - Dispositivo di arresto (fine corsa): forza statica. Sforzo di messa in movimento dell'anta (UNI EN 107-UNI 9158)
 - Prova di deformazione diagonale. Sforzo di messa in movimento dell'anta (dinamica) sforzo di spostamento dell'anta (UNI EN 107-UNI 9158)
- I metodi e le procedure di prova*
- UNI EN 12114:2001 Permeabilità all'aria dei componenti e degli elementi per edilizia – Metodo di prova di laboratorio
 - UNI EN 13829:2002 Determinazione della permeabilità all'aria degli edifici – Metodo di pressurizzazione mediante ventilatore
 - Prova di svergolamento. Sforzo di messa in movimento dell'anta (UNI EN 107-UNI 9158)
 - Prova di svergolamento. Sforzo di messa in movimento dell'anta (dinamica) sforzo di spostamento dell'anta (UNI EN 107-UNI 9158)
- Classificazione dei serramenti*
- UNI EN 12207:2000 Finestre e porte – Classificazione

TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE STRATEGIE PER UN EDIFICIO CLIMATE SENSITIVE BUILDING

22

- singolo serramento [prevalenza pieno su vuoto]
 - più serramenti allineati [prevalenza pieno su vuoto]
 - finestra a nastro [prevalenza vuoto su pieno]
 - finestre a nastro a tutt'altezza [**window wall**]
 - Sistema di facciata trasparente [**curtain wall**]
- Incidenza del telaio sulla prestazione
- facciata continua a montanti e traversi
 - facciata continua a telai
 - facciata continua strutturale
 - facciata continua a cellule
 - facciata continua appesa o a fissaggio puntuale



TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE STRATEGIE PER UN EDIFICIO CLIMATE SENSITIVE BUILDING

23

Le facciate continue e le funzioni aggiuntive

- trasmettere alla struttura portante i carichi permanenti (peso proprio) ed accidentali (vento, sisma ed urti)
- separare rispetto esterno e conformare l'organismo edilizio

Riferimenti normativi

UNI EN 12152:2003 Facciate continue - Requisiti prestazionali e classificazione
 UNI EN 12153:2002 Facciate continue - Metodo di prova

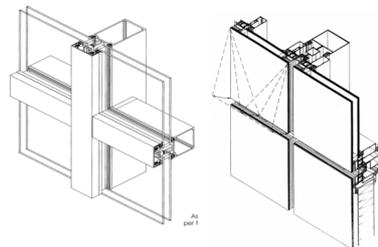


Fig. 1 - facciata continua a montanti e traversi; Fig. 2 - facciata continua strutturale; Fig. 3 - facciata continua a cellule; Fig. 4 - facciata continua appesa o a fissaggio puntuale

TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE

24

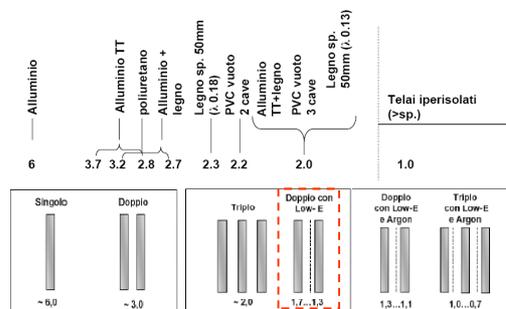
Su cosa si può agire per isolare?

proprietà termiche

- il vetro
- i distanziatori
- il telaio
- gli oscuranti

- In materiale plastico (PU-PVC)
- In legno
- In alluminio freddo
- In alluminio caldo
- Alluminio-legno (con o senza TT)

posa in opera del serramento



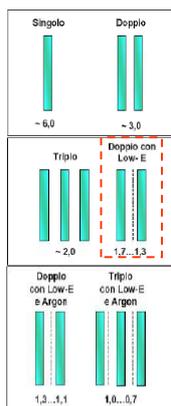
TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE: IL VETRO

25

VETRAZIONI
UNI EN 10077-1



Trasmittanza termica U_g di vetrate doppie e triple riempite con differenti gas

Tipo	Vetrata			Tipo di gas nell'intercapedine (concentrazione del gas >=90%)			
	Vetro	Emissività normale	Dimensioni in mm	Aria	Argon	Krypton	SF6
Doppie vetrate	Vetri senza trattamento superficiale (vetro normale)	0,89	4-6-4	3,3	3,0	2,8	3,0
			4-9-4	3,0	2,8	2,6	3,1
			4-12-4	2,9	2,7	2,6	3,1
			4-15-4	2,7	2,6	2,6	3,1
			4-20-4	2,7	2,6	2,6	3,1
			4-6-4	2,9	2,6	2,2	2,6
	Una lastra con trattamento superficiale	≤0,4	4-9-4	2,6	2,3	2,0	2,7
			4-12-4	2,4	2,1	2,0	2,7
			4-15-4	2,2	2,0	2,0	2,7
			4-20-4	2,2	2,0	2,0	2,7
			4-9-4	2,7	2,3	1,9	2,3
			4-12-4	2,3	2,0	1,6	2,4
Una lastra con trattamento superficiale	≤0,2	4-12-4	1,9	1,7	1,5	2,4	
		4-15-4	1,8	1,6	1,6	2,5	
		4-20-4	1,8	1,7	1,6	2,5	
		4-6-4	2,6	2,2	1,7	2,1	
		4-9-4	2,1	1,7	1,3	2,2	
		4-12-4	1,8	1,5	1,3	2,3	
Una lastra con trattamento superficiale	≤0,1	4-15-4	1,6	1,4	1,3	2,3	
		4-20-4	1,6	1,4	1,3	2,3	
		4-6-4	2,5	2,1	1,5	2,0	
		4-9-4	2,0	1,6	1,3	2,1	
		4-12-4	1,7	1,3	1,1	2,2	
		4-15-4	1,5	1,2	1,1	2,2	
Una lastra con trattamento superficiale	≤0,05	4-20-4	1,5	1,2	1,2	2,2	

Elevati spessori
Valutazioni costi-prestazioni

TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE: IL VETRO

26

VETRAZIONI
UNI EN 10077-1

Una vetratura performante richiede:

- distanziatore performante
- telaio performante

Trasmittanza termica U_g di vetrate doppie e triple riempite con differenti gas (Continua)

Tipo	Vetrata			Tipo di gas nell'intercapedine (concentrazione del gas >=90%)			
	Vetro	Emissività normale	Dimensioni in mm	Aria	Argon	Krypton	SF6
Doppie vetrate	Vetri senza trattamento superficiale (vetro normale)	0,89	4-6-4	2,3	2,1	1,8	2,0
			4-9-4	2,0	1,8	1,7	2,0
			4-12-4-12-4	1,9	1,8	1,6	2,0
			4-6-4-6-4	2,0	1,7	1,4	1,6
			4-9-4-9-4	1,7	1,5	1,2	1,6
			4-12-4-12-4	1,5	1,3	1,1	1,6
	Due lastre con trattamento superficiale	≤0,4	4-6-4-6-4	1,8	1,5	1,1	1,3
			4-9-4-9-4	1,4	1,2	0,9	1,3
			4-12-4-12-4	1,2	1,0	0,8	1,4
			4-6-4-6-4	1,7	1,3	1,0	1,2
			4-9-4-9-4	1,3	1,0	0,8	1,2
			4-12-4-12-4	1,1	0,9	0,6	1,2
Due lastre con trattamento superficiale	≤0,1	4-6-4-6-4	1,5	1,3	0,9	1,1	
		4-9-4-9-4	1,2	0,9	0,7	1,1	
		4-12-4-12-4	1,0	0,8	0,5	1,1	

Elevati pesi con incremento della sezione del telaio

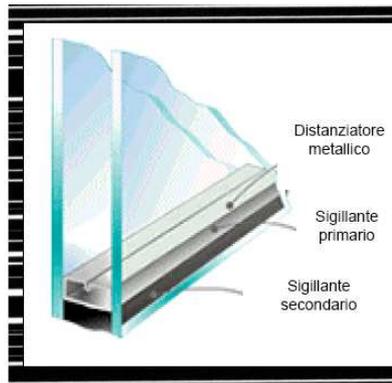
TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE: IL DISTANZIATORE E I SIGILLANTI

27

- **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

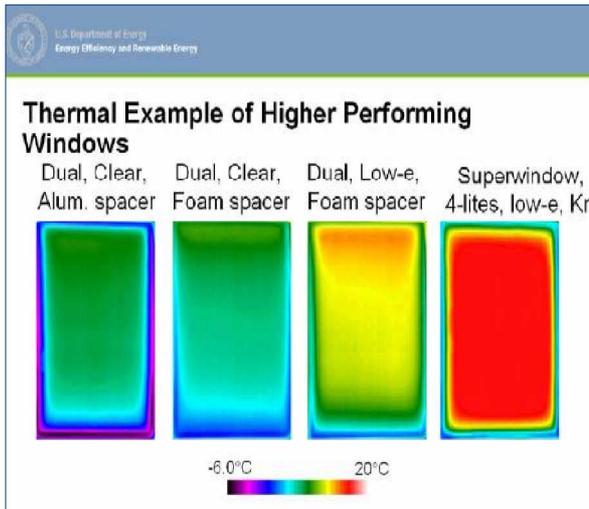


TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE: IL DISTANZIATORE E I SIGILLANTI

28



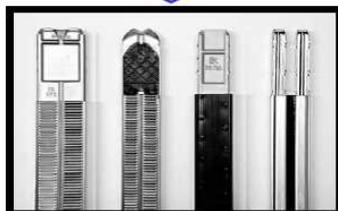
TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE: IL DISTANZIATORE E I SIGILLANTI

29

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)



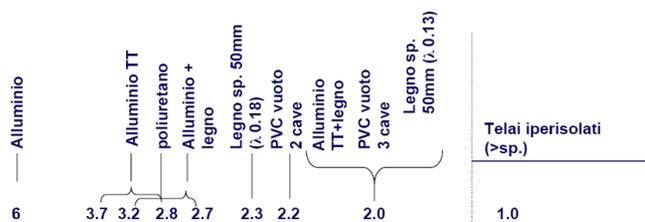
TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE PER ISOLARE:
IL TELAIO

30

- In materiale plastico (PU-PVC)
- In legno
- In alluminio freddo
- In alluminio caldo
- Alluminio-legno (con o senza TT)



TIZIANA POLI

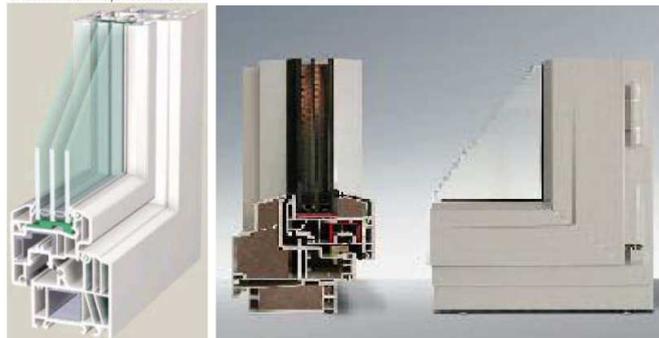
POLITECNICO DI MILANO

LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE PER ISOLARE:
IL TELAIO IN PVC

31



PVC

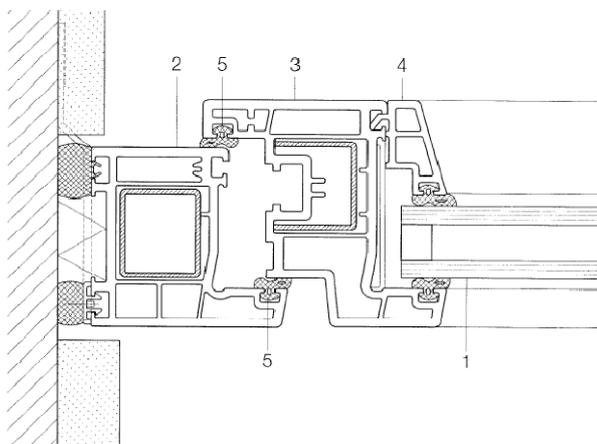
Telaio: $U_f = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ 

TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE PER ISOLARE:
IL TELAIO

32



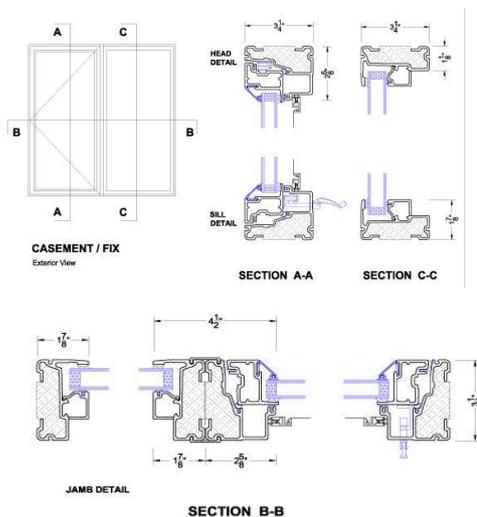
TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

**LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE PER ISOLARE:
IL TELAIO POLTRUSO**

33

Resine armate con fibre sia a disposizione casuale che posizionate nel senso della lunghezza ed utilizzate sia per irrigidire il sistema sia a supporto del processo di estrusione (si tira pull) mentre si spinge la resina che viene estrusa



TIZIANA POLI

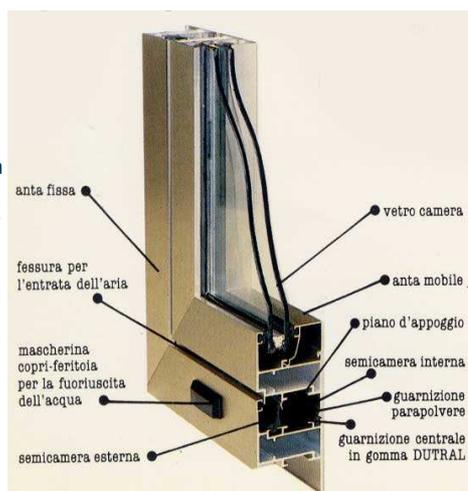
POLITECNICO DI MILANO

**LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE PER ISOLARE:
IL TELAIO IN ALLUMINIO**

34

giunto aperto – principio di funzionamento

- Prima tengo lontana la pioggia battente, creando una camera protetta (in cui ne entra poca e "senza violenza")
- Quindi faccio in modo che in quella camera la pressione sia uguale (sostanzialmente) a quella esterna, per esempio, con opportuni fori che permettano drenaggio e ventilazione
- Poi, finalmente, sigillo per la tenuta all'aria in una posizione in cui l'acqua non possa arrivare (per capillarità)



TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

**LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE PER ISOLARE:
IL TELAIO IN ALLUMINIO** 35

Allineamento taglio termico con strato isolante

Allineamento con lo strato isolante PPV

TIZIANA POLI POLITECNICO DI MILANO

**LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE PER ISOLARE:
IL TELAIO IN ALLUMINIO** 36

EST INT EST INT

U value 2.86

$T_{sup} = 14.1$ °C

$T_{sup} = 15.3$ °C

$T_{sup} = 13.2$ °C

$T_{sup} = 12.7$ °C

SELEZIONE DEI PARAMETRI

Modifica

TIZIANA POLI POLITECNICO DI MILANO

**LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE PER ISOLARE:
IL TELAIO IN ALLUMINIO** 37

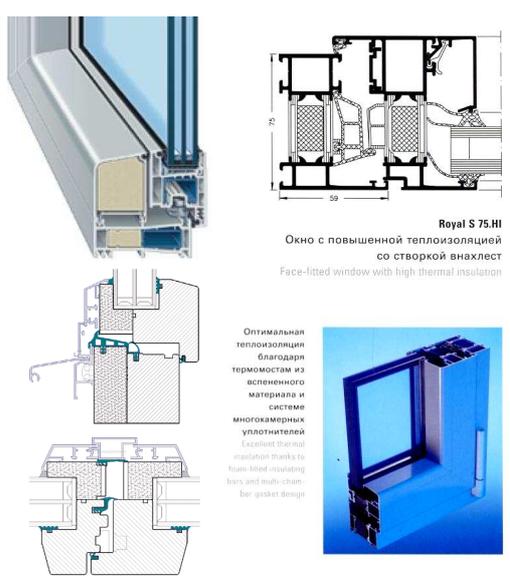
SERIE BASE
Trasmittanza termica: $U_F \geq 3 \text{ W/m}^2\text{K}$
Dimensioni sezione: 45-55 mm
Lunghezza barrette taglio termico: 14-16 mm

SERIE MEDIA
Trasmittanza termica: $2,2 < U_F < 3 \text{ W/m}^2\text{K}$
Dimensioni sezione: 60-70 mm
Lunghezza barrette taglio termico: 22-28 mm

SERIE OTTIMA
Trasmittanza termica: $U_F \leq 2,2$ fino anche ad $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$
Dimensioni sezione: 70-75 mm
Lunghezza barrette taglio termico: 30-36 mm

TIZIANA POLI POLITECNICO DI MILANO

**LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE PER ISOLARE:
IL TELAIO IN ALLUMINIO - EVOLUZIONE** 38



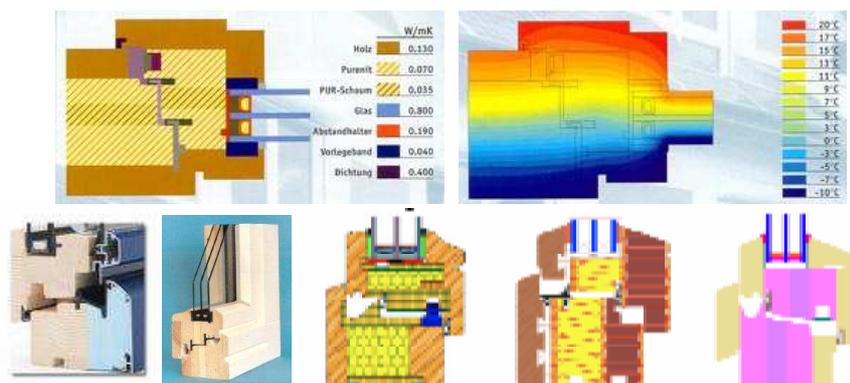
Royal S 75.HI
Окно с повышенной теплоизоляцией со створкой внахлест
Face-littd window with high thermal insulation

Оптимальная теплоизоляция благодаря термомостам из вспененного материала и системе многокамерных уплотнителей
Excellent thermal insulation thanks to foam-filled mousing bars and multi-chamber bar gasket design

TIZIANA POLI POLITECNICO DI MILANO

**LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE PER ISOLARE:
IL TELAIO IN LEGNO - EVOLUZIONE**

39

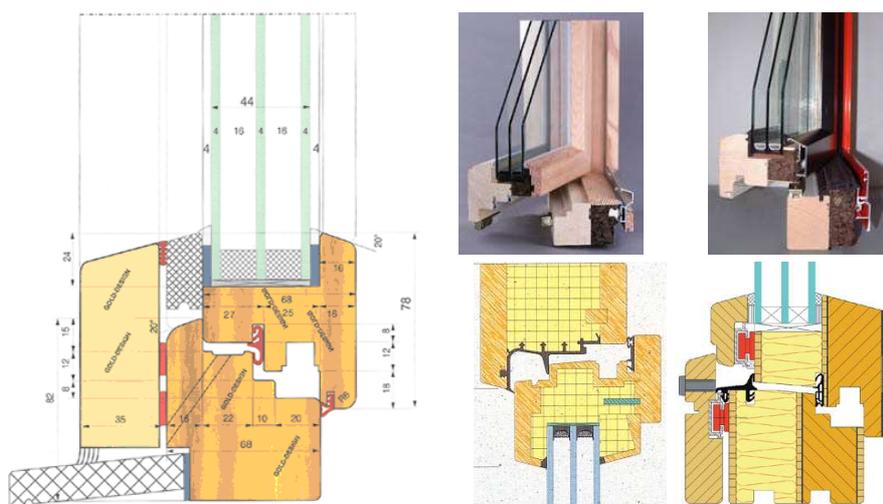


TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

**LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE PER ISOLARE:
IL TELAIO IN LEGNO - EVOLUZIONE**

40



TIZIANA POLI

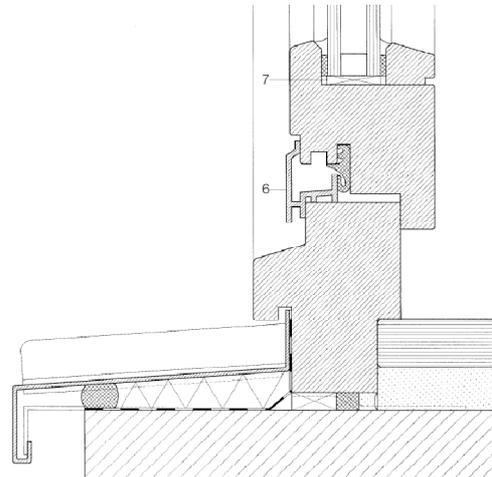
POLITECNICO DI MILANO

**LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE PER ISOLARE:
IL TELAIO IN LEGNO - EVOLUZIONE**

41

POSA IN OPERA

Il serramento in legno "avanzato"
per una buona tenuta (aria/acqua)

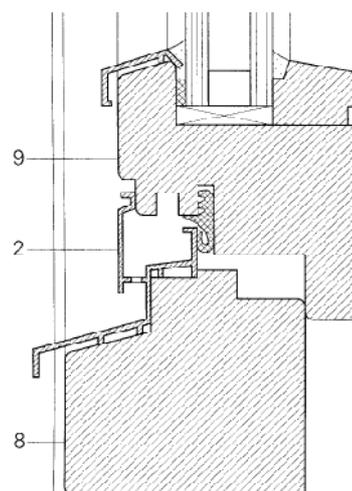


TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

**LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE PER ISOLARE:
IL TELAIO IBRIDI IN LEGNO - ALLUMINIO**

42

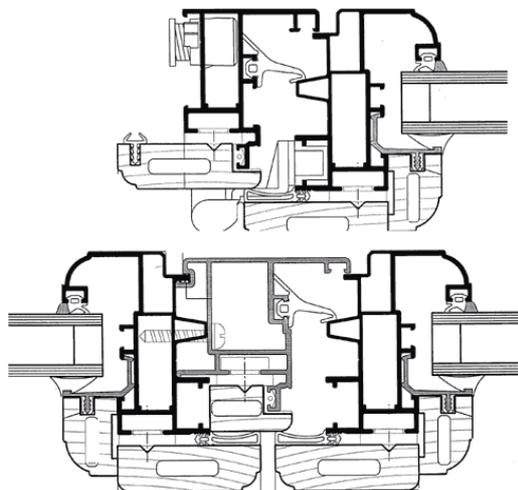
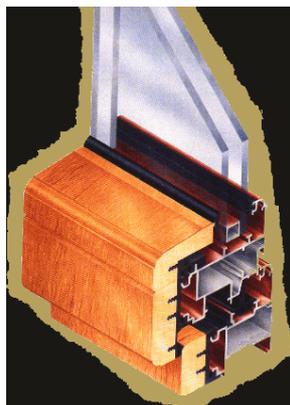


TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE PER ISOLARE:
IL TELAIO IBRIDI IN LEGNO - ALLUMINIO

43

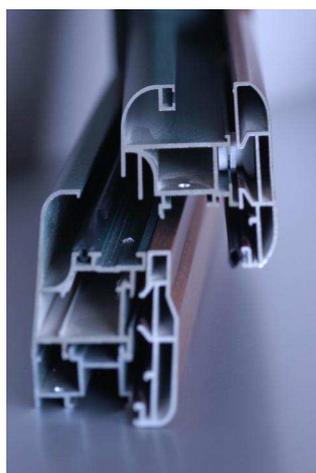


TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE PER ISOLARE:
IL TELAIO IBRIDI IN LEGNO - ALLUMINIO

44

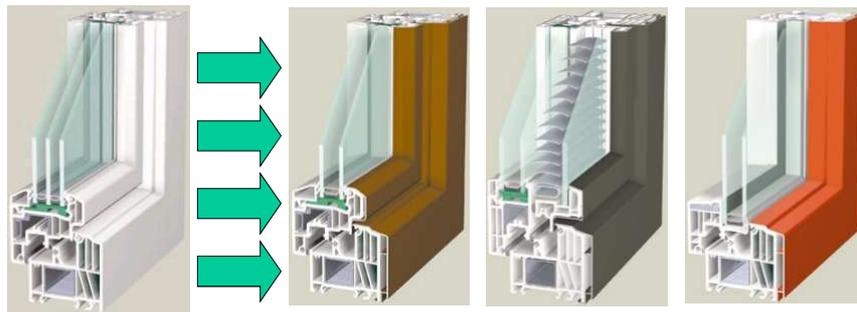


TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE PER ISOLARE:
IL TELAIO IBRIDI IN PVC - ALLUMINIO

45



TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE

46

Su cosa si può agire per controllare i guadagni solari?

- caratterizzazione delle proprietà ottico-energetiche
 - vetrazioni
 - vetrazione + protezione solare
- tipologia, forma e posizionamento della protezione (ottimizzazione rispetto alla geometria solare)

TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

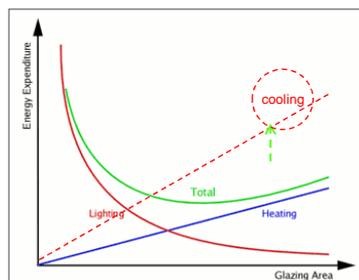
LE PROTEZIONI SOLARI: LE FUNZIONI

47

Perché si usano le protezioni solari

per controllare in modo dinamico gli apporti solari gratuiti (periodo invernale ed estivo, **ridurre il fabbisogno di energia** (periodo estivo) dell'edificio soprattutto considerando la tendenza di fare superfici trasparenti sempre più ampie

- per climatizzare (ridurre uso energia per raffrescare e/o riscaldare);



TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

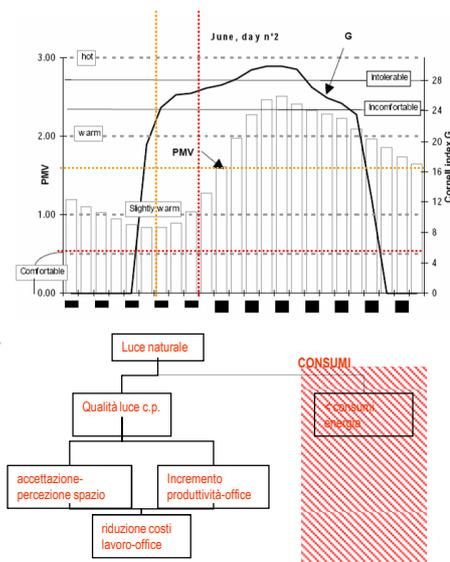
LE PROTEZIONI SOLARI: LE FUNZIONI

48

Perché si usano le protezioni solari?

per **garantire il comfort** di chi vive e occupa lo spazio confinato

- benessere visivo-luminoso
 - quantità della luce: livelli di illuminamento, uniformità di illuminamento, fenomeni di abbagliamento
 - qualità della luce: diffusa, direzionalità, resa colore
- benessere igro-termico
 - neutralità rispetto a Top, Tsup



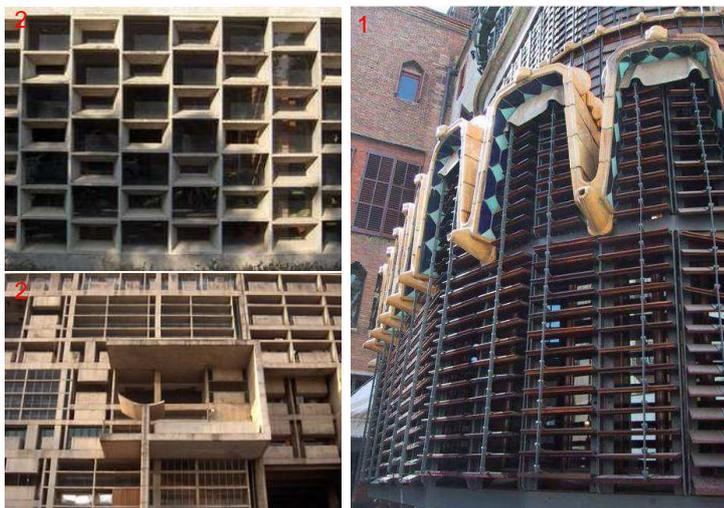
TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE PROTEZIONI SOLARI: LE FUNZIONI

49

CARATTERIZZARE L'ARCHITETTURA: IN PASSATO CON ELEMENTI STATICI



1. Il sistema di protezione solare A. Gaudì, (CSO European solar shading Organization), 2. Le cubusier

TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE PROTEZIONI SOLARI: TIPOLOGI LE FUNZIONI

50

CARATTERIZZA L'ARCHITETTURA: LA FORMA DELL'EDIFICIO



1. La configurazione dell'edificio, Architectonica, The Bronx Museum, NY (www.architectonica.com),
2. LeanArchi's Skuhhaus01 (www.archline.com), 3. Salik Institute, (www.archline.com),
4. Amercia's cup pavilion, d. chipperfield, valenzia (www.archinet.com)

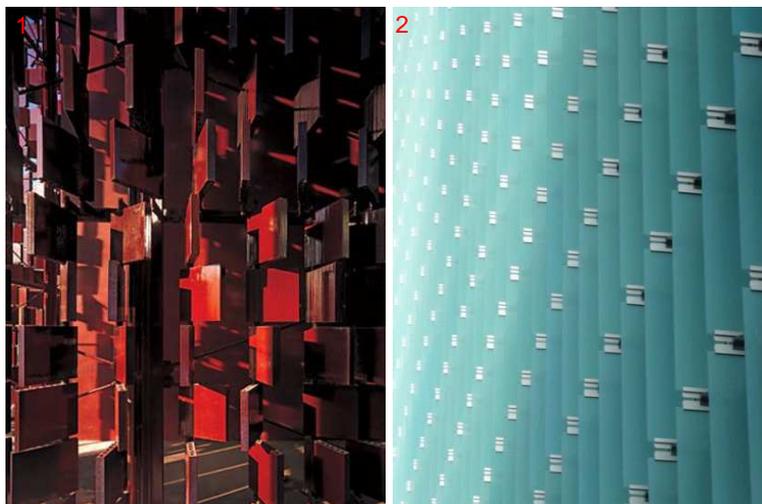
TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE PROTEZIONI SOLARI: LE FUNZIONI

51

CARATTERIZZA L'ARCHITETTURA: L'INVOLUCRO EDILIZIO COME ELEMENTO MUTEVOLE



1- la secondopelle, Archa, Libreria a Nombro, Bergamo - 1. (www.archa.it)
 2- la secondopelle, Morphosis, San Francisco Federal Building, USA. (www.architect.com)

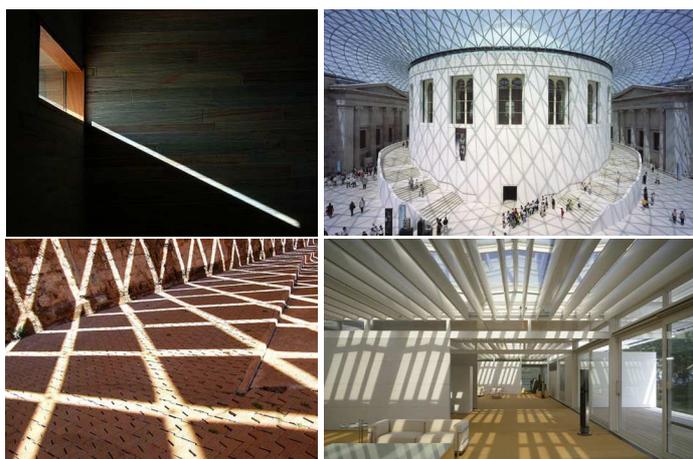
TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE PROTEZIONI SOLARI: LE FUNZIONI

52

CARATTERIZZA L'ARCHITETTURA: PER CARATTERIZZARE LO SPAZIO INTERNO



SOPRA
 a sinistra - l'efficacia di un
 oggetto (www.flickr.com)
 a destra - Foster and Partner
 - Great Court at the British
 Museum London, UK, 1994-
 2000
 (www.fosterandpartner.com)

SOTTO
 a sinistra - copertura su
 spazio aperto
 (www.flickr.com)
 destra - Foster and Partner -
 House in Japan Tokyo,
 Japan, 1987-1992
 (www.fosterandpartner.com)

TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

A cosa servono le protezioni solari nello specifico?

Matrice di possibili soluzioni

controllo dei flussi energetici

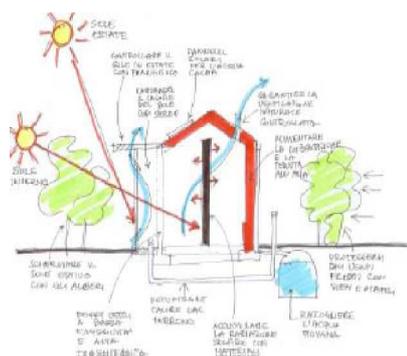
- escludere o filtrare la componente diretta (e diffusa) nel periodo surriscaldato della radiazione;

controllo degli scambi termici

- possono incrementare la resistenza della vetratura (int-ext e ext-int)

controllo dei flussi luminosi

- filtrare la luce
- potenziare la luce
- escludere la luce



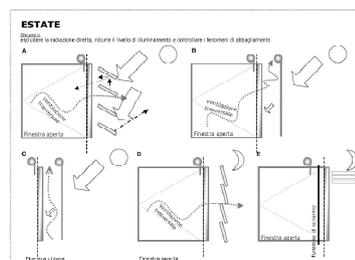
A cosa servono le protezioni solari nello specifico?

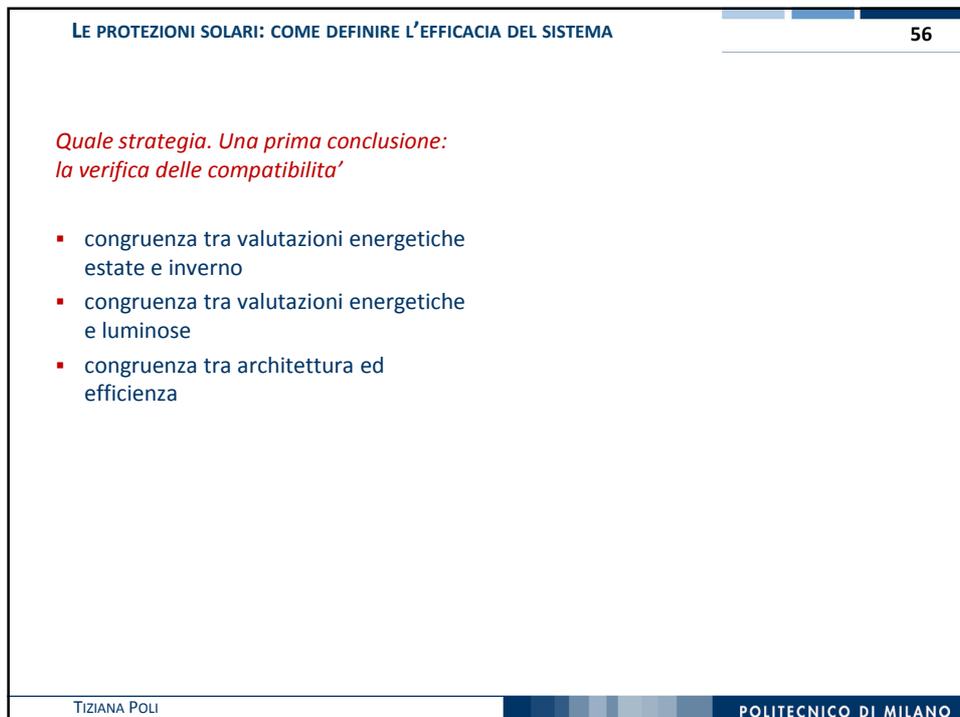
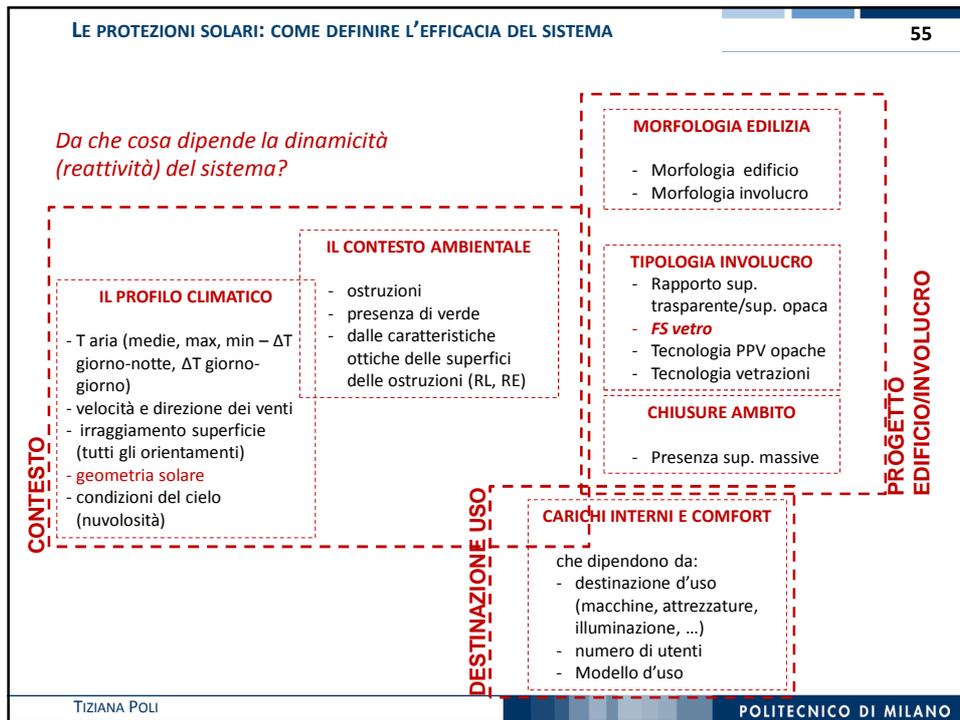
controllo della ventilazione trasversale

- notturna
- diurna

permabilità visiva verso esterno

- senza alterare il colore
- senza alterare la percezione degli oggetti





LE PROTEZIONI SOLARI: TIPOLOGIE

57

Quali sono le possibili strategie?

- **Morfologia edificio (aggetti)**
- **Componente**
le vetrazioni [caratterizzazione ottico ed energetica di un elemento tecnico multiprestazionale]
- **Sistema**
vetrazioni + sistema di controllo solare [caratterizzazione ottico ed energetica attraverso una ripartizione funzionale]



3. residenza monofamiliare (www.archinet.com)
4. The circular school Athens, Greece (http://zmoderni.blogspot.com/2007/05/kalis_zaneios_atina)

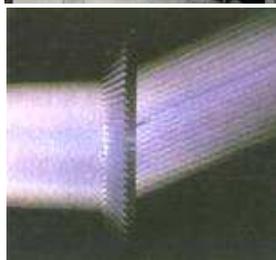
TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

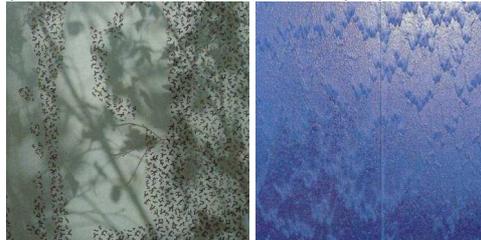
LE PROTEZIONI SOLARI: LIMITI DI APPLICABILITA' DEL SOLO VETRO

58

sistema dinamico
(costi, visione verso ext, e architettura)



sistema statico (deve isolare ed essere ottimizzato
per l'estate, l'inverno, per tanta luce e per poca luce)



TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

NOTE sui tipi					
tipologia	vetrazione	protezioni interne	protezioni esterne	protezioni interposte vetrazione	protezioni interposte doppia pelle
vantaggi	- buon controllo della radiazione solare - sistemi dinamici	- Facilità di manutenzione - ottimo controllo livello luminoso - spazio buffer inverno (diminuzione perdita di calore in funzione del materiale costituente)	- buon controllo della radiazione solare [irraggiamento diretto e diffuso se orientabili; solo diretto se fissi] - Sistemi dinamici - Regolabilità - incremento resistenza termica superficie trasparente se orientabili	- Buon controllo della radiazione solare [componente luminosa e termica] - Sistemi dinamici - Regolabilità - personalizzazione	- Ripartizione funzionale vetrazione/protezione solare - Ridotte attività manutentive - dal punto di vista strutturale si eliminano i carichi dovuti al vento - buon controllo della radiazione solare [irraggiamento diretto e diffuso se orientabili; solo diretto se fissi]
svantaggi	Sistemi statici Sistemi dinamici costosi (durabilità) Reirraggiamento verso lo spazio confinato dell'energia assorbita Limitazione apporti solari nel periodo sottoriscaldato	Reirraggiamento verso l'interno dell'energia assorbita dalla vetrazione (da evitare nel periodo surriscaldato)	- Riduzione apporti solari gratuiti (intermedi) se fissi Attività manutentive (pulibilità) - Rumorosità - Soggetti a progettazione "strutturale" (carichi di vento, resistenza allo strappo) - Alterazione percezione visiva (se fissi) - Integrazione architettonica - Cura dettaglio costruttivo (tenuta acqua e controllo ponti termici in corrispondenza fissaggi)	- Controllo della condensa interstiziale - Sostituibilità a manutentibilità	- Riduzione apporti solari gratuiti (intermedi) se fissi - Rumorosità - Alterazione percezione visiva (se fissi) Reirraggiamento verso l'interno dell'energia assorbita dalla vetrazione

TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

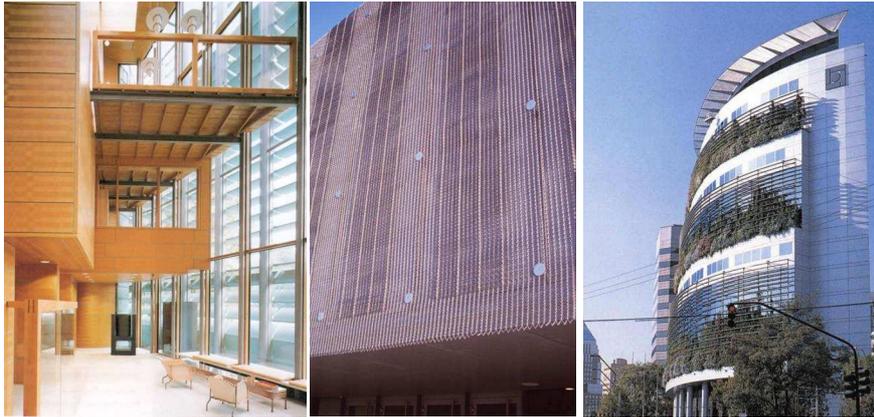
LE PROTEZIONI SOLARI: TIPOLOGIE		59
<p>Tipo</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema continuo ▪ Sistema discontinuo <p>Giacitura</p> <p>Rispetto al piano della superficie trasparente</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema parallelo ▪ Sistema ortogonale ▪ Sistema misto <p>Posizionamento</p> <p>Rispetto alla superficie trasparente</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Interposto [vetrazione, intercapedine] ▪ Esterno ▪ Interno 	<p>Tipologia movimentazione</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Regolabile in continuo ▪ Regolabile on-off ▪ Sistema fisso <p>Materiale costituente il sistema</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ opaco ▪ trasparente ▪ Traslucido ▪ "Naturale" <p>Permeabilità del materiale</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Permeabilità all'aria ▪ Impermeabile aria e acqua 	60

TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE PROTEZIONI SOLARI: LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE

61

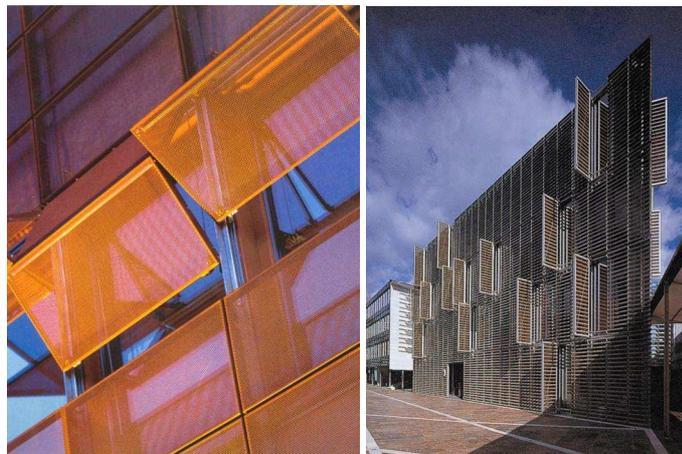


TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE PROTEZIONI SOLARI: LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE

62



TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE PROTEZIONI SOLARI: LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE

63



TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE PROTEZIONI SOLARI: LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNICHE

64



TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE PROTEZIONI SOLARI: SUPERAMENTO DEI CRITERI DI PROGETTAZIONE "SEMPLIFICATI"

Nella misura della prestazione domina solo la forma della protezione solare rispetto alla geometria solare?

TABLE 9.2 EXAMPLES OF FIXED SHADING DEVICES

	Descriptive Name	Best Orientation	Comments
I	Overhang Horizontal panel	South, east, west	Traps hot air Can be loaded by snow and wind
II	Overhang Horizontal louvers in horizontal plane	South, east, west	Free air movement Snow or wind load small Best buy!
III	Overhang Horizontal louvers in vertical plane	South, east, west	Reduces length of overhang View restricted Also available with miniature louvers
IV	Overhang Vertical panel	South, east, west	Free air movement No snow load View restricted

From *Architectural Graphic Standards*, 8th ed. John R. Hoke, ed. Wiley, 1988.

TABLE 9.2 EXAMPLES OF FIXED SHADING DEVICES

	Descriptive Name	Best Orientation	Comments
V	Vertical fin	East, west, north	Restricts view For north facades in hot climates only
VI	Vertical fin slanted	East, West	Slant toward north Restricts view sig- nificantly
VII	Eggcrate	East, west	For very hot climates View very restricted Traps hot air
VIII	Eggcrate with slanted fins	East, west	Slant toward north View very restricted Traps hot air For very hot climates

From *Architectural Graphic Standards*, 8th ed. John R. Hoke, ed. Wiley, 1988.

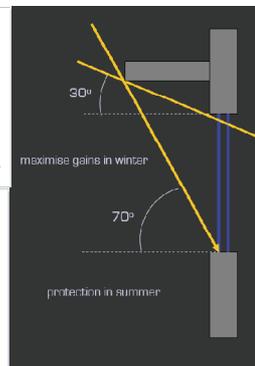
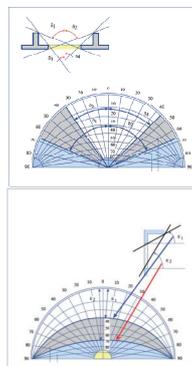
TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

LE PROTEZIONI SOLARI: CRITERI DI PROGETTAZIONE

66

Allora ... bastano strumenti semplificati per la valutazione della prestazione



TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

Ma è proprio così?

La **configurazione geometrica** è l'unico parametro che deve essere preso in considerazione per definire le prestazioni energetiche delle protezioni solari?

NO

(si solo se si tratta di aggetti verticali o orizzontali continui)

Si conoscono i parametri di caratterizzazione "energetica e luminosa" di ogni prodotto/componente?

NO

se non per macroclassi (sufficienti per valutazioni energetiche di massima)

**Quali sono gli indicatori prestazionali che devo controllare?**

- Trasmittanza Termica U (W/m^2K)
- Trasmittanza dell'energia solare totale (g) o Fattore Solare
- Resistenza termica aggiuntiva sistema oscurante (notturna)

Le prestazioni energetiche protezioni solari

- Coeff. di Trasmissione energetica TE (%)
- Coeff. di Riflessione energetica RE (%)

*** prestazioni aggiuntive**

- Trasmissione luminosa TL (%)

DPR 311/2006 e UNI 10077-1

Trasmittanza termica delle chiusure trasparenti

Zona climatica	Chiusure trasparenti Valori limite della trasmittanza termica U espressa in W/m^2K		
	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m^2K)
A	5,5	5,0	4,6
B	4,0	3,6	3,0
C	3,3	3,0	2,6
D	3,1	2,8	2,4
E	2,8	2,4	2,2
F	2,4	2,2	2,0

Zona climatica	Vetri Valori limite della trasmittanza termica U espressa in W/m^2K		
	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m^2K)	Dall' 1 luglio 2008 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2011 U (W/m^2K)
A	5,0	4,5	3,7
B	4,0	3,4	2,7
C	3,0	2,3	2,1
D	2,6	2,1	1,9
E	2,4	1,9	1,7
F	2,3	1,7	1,3

UNI EN 13363-1, UNI 8477/1,
UNI TS 11300-1:2008

Tipo di vetro	g_L	U_g [W/m^2K]
Vetro singolo	0,85	5,9
Vetro singolo selettivo	0,66	3,2
Doppio vetro normale	0,75	3,3
Doppio vetro con rivestimento selettivo	0,63	2,0
Tripla vetro normale	0,70	1,8
Tripla vetro con rivestimento selettivo	0,54	1,4
Doppia Finestra	0,75	-

Prospetto XV - Valori della trasmittanza per energia solare totale, g_L , e di trasmittanza termica, U_g , per alcune tipologie di vetri
(Fonte: UNI TS 11300-1:2008)

Quali sono i parametri prestazionali da conoscere **oltre alla forma**?

parametri	vetrazione	telaio	protezione solare
Trasmittanza termica (W/m ²)	■	■	■ > resistenza termica notturna
Trasmittanza energetica solare globale (G)	■	■	■
Trasmmissione energetica (%)	■		■
Riflessione energetica (%)	■		■
Assorbimento energetico (%)	■		■
Potere emissivo	■		■
Fattore ostruzione (VSA-Visible sky angle)			■
Trasmmissione luminosa (%)	■		■
Riflessione luminosa (%)	■		■
Selettività vetrazione (LGS)	■		
Resa cromatica	■		■

LEGENDA

- necessario e disponibile
- necessario ma non sempre disponibile
- necessario per valutazioni affinate e disponibile
- necessario per valutazioni affinate ma non disponibile

Quali sono i valori da assegnare ai parametri prestazionali per le nostre latitudini?

dipende: sono variabili

da definire in funzione del **bilancio energetico e del comfort** e dal tipo di Comportamento dell'edificio (fattore inerzia)

In generale

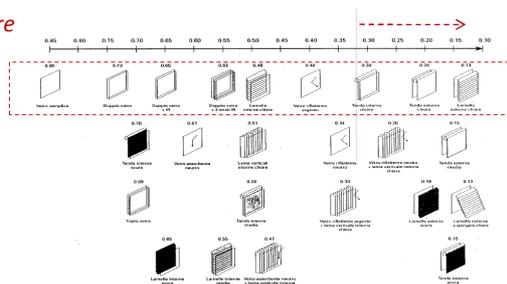


Table 1 — Definition of classes

Class	influence on thermal comfort				
	0	1	2	3	4
	very little effect	little effect	moderate effect	good effect	very good effect

Table 2 — Total solar energy transmittance g_{tot} — Classification

Class	0	1	2	3	4
g_{tot}	$g_{tot} \geq 0,50$	$0,35 \leq g_{tot} < 0,50$	$0,15 \leq g_{tot} < 0,35$	$0,10 \leq g_{tot} < 0,15$	$g_{tot} < 0,1$

La prestazione della protezione solare: trasmittanza solare

sistema	attiva	passiva	TL	CS	FS	U/K
			%	%	%	W/m ² °C
VETRO SEMPLICE 3mm		X	0.86	1	1	2.8
VETROCAMERA 4/8/4		X	0.82	0.95	0.9	2.5
Griglia Frangisole fissa Ori/Vert		X	0.82-0.25	0.85-0.25	0.85-0.4	2.5
Frangisole a lamelle orientabili verticali	X		0.05-0.75	0.1-0.45	0.1-0.45	1.95
Frangisole a lamelle orientabili orizzontali	X		0.05-0.75	0.1-0.45	0.1-0.45	1.95
Tenda a lamelle da 25mm, bianche, interna	X		0.2-0.08	0.3-0.75	0.45-0.05	2.2
Vetrata con lamelle da 25mm, bianche	X		0.15-0.05	0.15-0.5	0.15-0.5	1.7
Tenda a Rullo con tessuto screen, interno		X	0.5-0.02	0.35-1	0.35-1	2.5
Tapparella avvolgibile esterna		X	0.61-0.02	0.01-1	0.1-1	1.8
VETRATA RIFLETTENTE colore Silver		X	0.6	0.3	0.5	2.5
FILM RIFLETTENTE colore silver		X	0.6	0.3	0.5	2.5

Fonte:
tab. arch. Sergio Paolo Brivio

La prestazione della protezione solare: fattori di riduzione

prospetto H.2 Fattori di riduzione per alcuni tipi di tendaggi

Tipo di tendaggio	Proprietà ottiche del tendaggio		Fattore di riduzione con	
	assorbimento	trasmissione	tendaggio interno	tendaggio esterno
Veneziane di colore bianco	0,1	0,05	0,25	0,10
		0,1	0,30	0,15
		0,3	0,45	0,35
Tendaggi bianchi	0,1	0,5	0,65	0,55
		0,7	0,80	0,75
		0,9	0,95	0,95
Tessuti colorati	0,3	0,1	0,42	0,17
		0,3	0,57	0,37
		0,5	0,77	0,57
Tessuti con lamina d'alluminio	0,2	0,05	0,20	0,08

Fonte:
UNI EN 13790:2005
Effetto dei tendaggi
permanenti (Fattori di
riduzione)

I tendaggi mobili e le protezioni solari mobili sono presi in considerazione nel fattore di utilizzazione.

GLI STRUMENTI 77

Criteri qualitativi di scelta + maschere ombreggiamento

E' sufficiente per calcolare gli apporti solari gratuiti?

Fonte:
MIT OCW

TIZIANA POLI POLITECNICO DI MILANO

GLI STRUMENTI 78

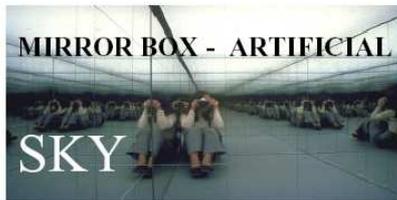
Criteri qualitativi di scelta + maschere ombreggiamento

Fonte:
MIT OCW – sovrapposizione percorso solare co maschere di ombreggiamento

TIZIANA POLI POLITECNICO DI MILANO

GLI STRUMENTI

79



TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

GLI STRUMENTI

80



Office Building Site Model, Mithun Architects

TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

81

GLI STRUMENTI



One day's labor
St. Joseph's Hospital, NBBJ Design



Several days labor
Montlake Library, Weinstein AU

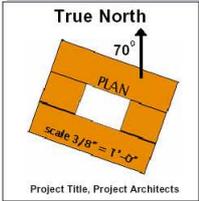
TIZIANA POLI POLITECNICO DI MILANO

82

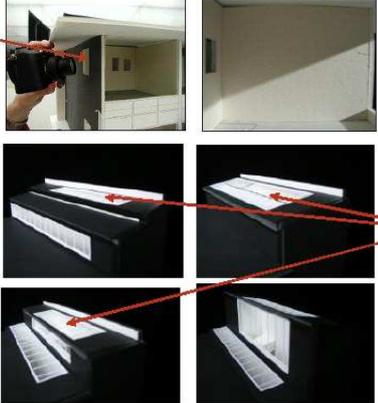
GLI STRUMENTI

Elementi da controllare:

- Orientamento
- Latitudine
- Contesto
- Scala del modello appropriata
- Intercambiabilità delle parti di involucro
- Controllo dei coefficienti di riflessione delle superfici
- Controllo dei coefficienti di TL delle parti trasparenti, traslucide o opache [quando discontinue] dell'involucro



Project Title, Project Architects



TIZIANA POLI POLITECNICO DI MILANO

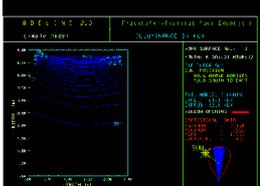
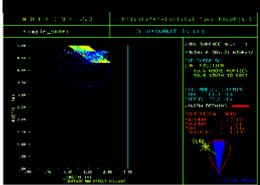
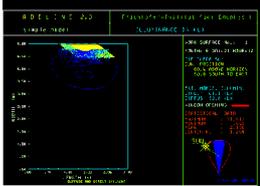
GLI STRUMENTI
83
83

Affinate
 RADIANCE
 ADELINE [radiance + superlite]
 Parasol
 Window (LBNL)

Di supporto alla messa a punto del progetto
 Ecotect
 Daysim
 Superlite
 Sky vision
 Idea

TIZIANA POLI
POLITECNICO DI MILANO

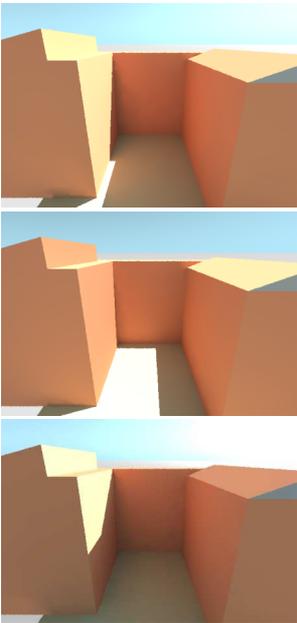
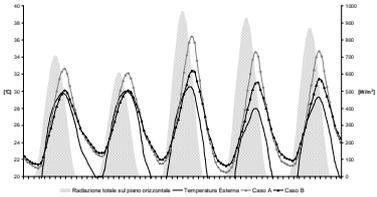
GLI STRUMENTI
84

TIZIANA POLI
POLITECNICO DI MILANO

GLI STRUMENTI

85

TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

QUESTIONI "APERTE"

86

- La modellazione dei sistemi di protezione solare a forma complessa
- la mancanza di dati relativi alla caratterizzazione ottico energetica delle superfici



la seconda pelle, Archea, Libreria a Nembo, Bergamo - 1, (www.archea.it)

TIZIANA POLI

POLITECNICO DI MILANO

NEXT

.... *Contenuti delle lezioni di approfondimento sui metodi e gli strumenti per la modellazione della prestazione del componente e del componente messo a sistema:*

- Metodi semplificati per la determinazione del fattore solare: Norma UNI 13363-2004
- Richiami alla procedura di valutazione del bilancio energetico degli edifici

UNI 13363-2004

87

a) Schermature solari poste all'esterno dell'elemento di involucro trasparente, con schermo e superficie chiusa e ventilata (approccio conservativo)

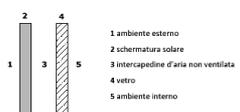
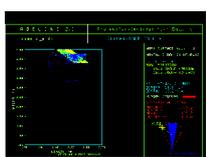
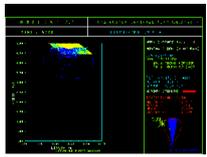


Figura 5 - Schematizzazione di una schermatura solare esterna

$$g_{(sh+gl),b} = \tau_{e,b} \cdot g_{\perp} + \alpha_{e,b} \cdot \frac{G}{G_2} + \tau_{e,b} \cdot (1 - g_{\perp}) \cdot \frac{G}{G_1} \quad \alpha_{e,b} = 1 - \tau_{e,b} - \rho_{e,b}$$

$$g_{(sh+gl),d} = \tau_{e,d} \cdot g_{\perp} + \alpha_{e,d} \cdot \frac{G}{G_2} + \tau_{e,d} \cdot (1 - g_{\perp}) \cdot \frac{G}{G_1} \quad \alpha_{e,d} = 1 - \tau_{e,d} - \rho_{e,d}$$

strumenti