



Università degli Studi di Cagliari



FACOLTÀ DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA



Laurea in Architettura

DICAAR

LABORATORIO INTEGRATO DI PROGETTAZIONE TECNOLOGICA A.A. 2019-2020

modulo: **Termofisica dell'edificio**

Il fabbisogno energetico – UNI TS 11300:1  
Irraggiamento  
**Slide 1-85**



*Docente: ROBERTO RICCIU*

ROBERTO RICCIU Laboratorio Integrato di Progettazione Tecnologica (Modulo di Termofisica dell'edificio) A.A. 2019-20

$$Q_{H,nd} = (Q_{H,tr} + Q_{H,vs}) - \eta_{H,gn} \times (Q_{int} + Q_{sol}) [MJ]$$

$$Q_{C,nd} = (Q_{int} + Q_{sol}) - \eta_{C,ls} \times (Q_{C,tr} + Q_{C,vs}) [MJ]$$

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \times Q_{gn} [Wh]$$

## Utilizzazione degli apporti gratuiti

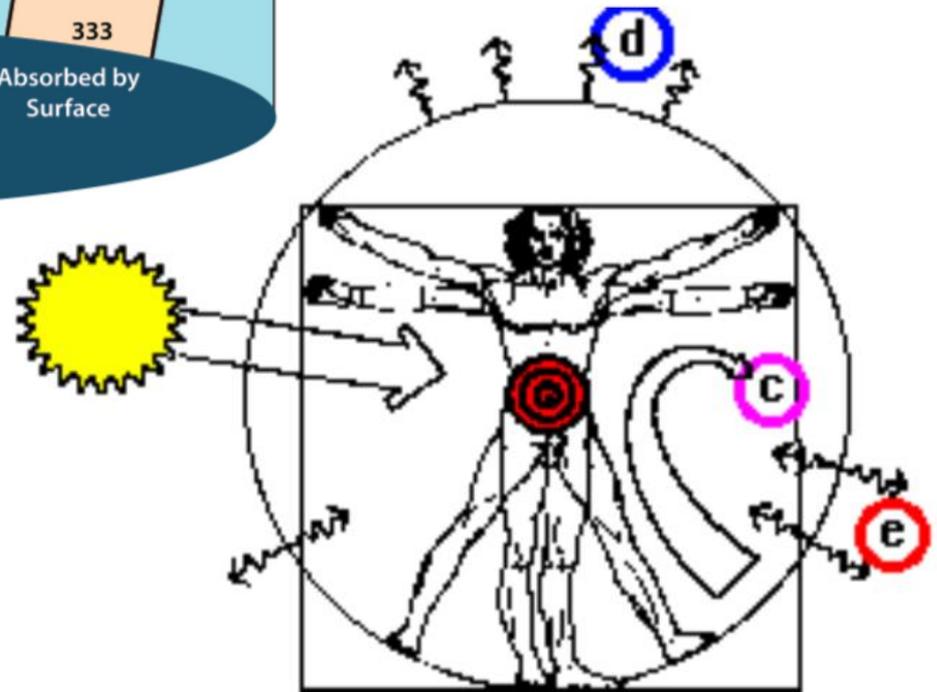
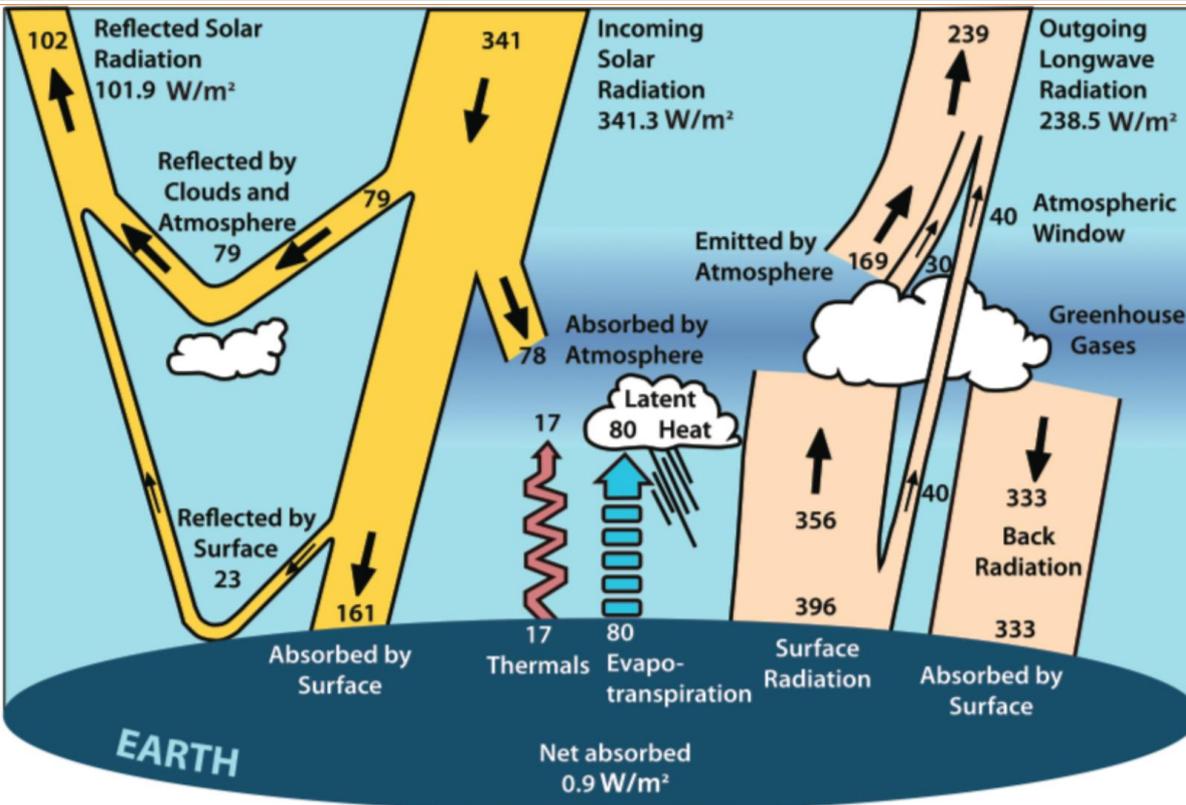
$$Q_{int} = \left\{ \sum_k \Phi_{int,mn,k} \right\} \times t + \left\{ \sum_l (1 - br_{tr,l}) \Phi_{int,mn,u,l} \right\} \times t$$

$$Q_{sol} = \left\{ \sum_k \Phi_{sol,mn,k} \right\} \times t + \left\{ \sum_l (1 - br_{tr,l}) \Phi_{sol,mn,u,l} \right\} \times t$$

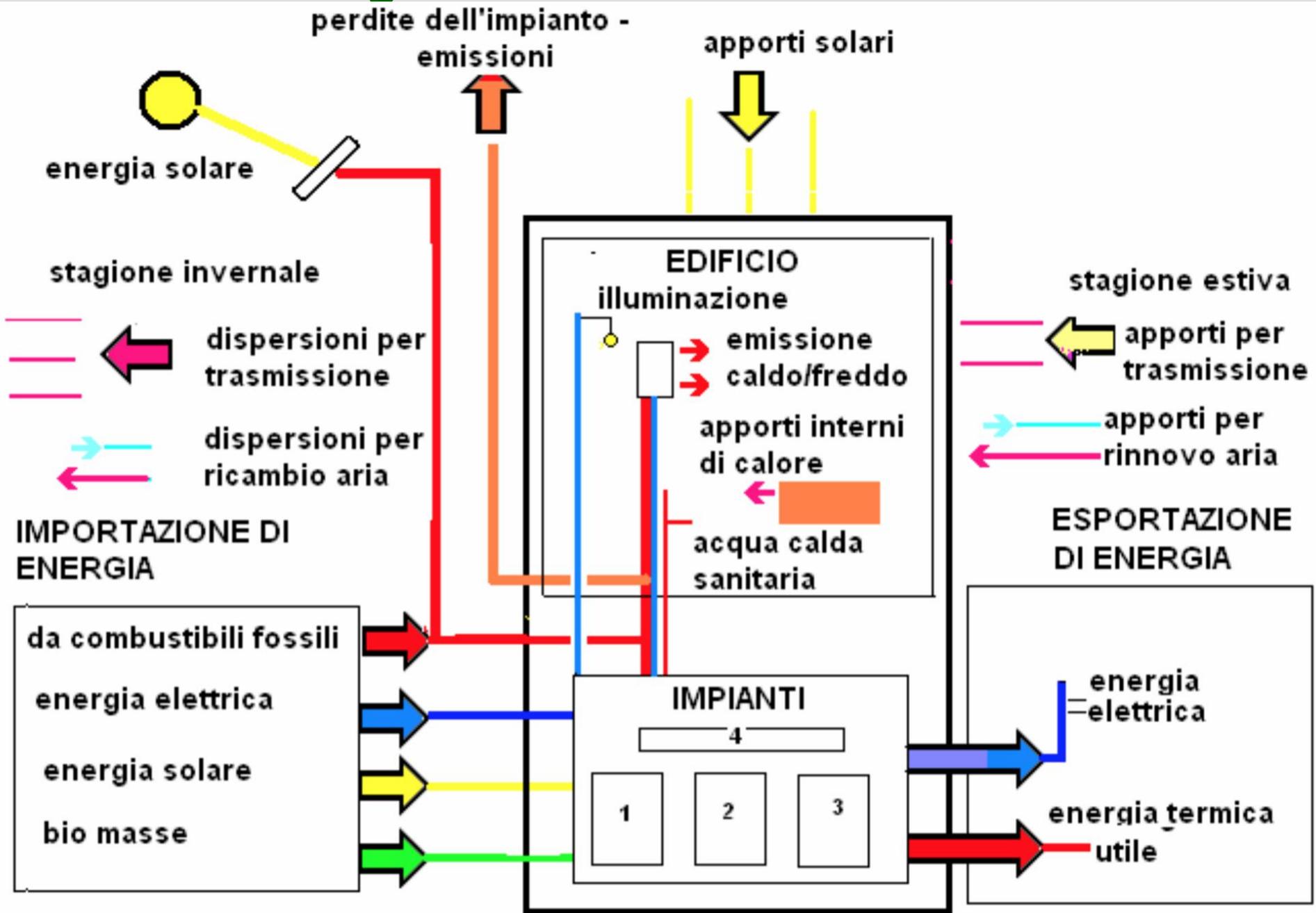
$b_{tr,l}$	Fattore di riduzione per il flusso proveniente da ambiente non climatizzato, per la sua fonte di calore interna o per il contributo solare
$\Phi_{int,mn,k}$	Flusso termico prodotto dalla k-esima <b>sorgente di calore interna</b> , mediato sul tempo
$\Phi_{sol,mn,k}$	Flusso termico di origine solare, mediato sul tempo
$\Phi_{int,mn,u,l}$	Flusso termico prodotto dalla l-esima <b>sorgente interna</b> all'ambiente non climatizzato u, mediato nel tempo
$\Phi_{sol,mn,u,l}$	Flusso termico l-esimo di origine solare nell'ambiente non climatizzato u, mediato nel tempo

# Il bilancio energetico globale/del corpo umano

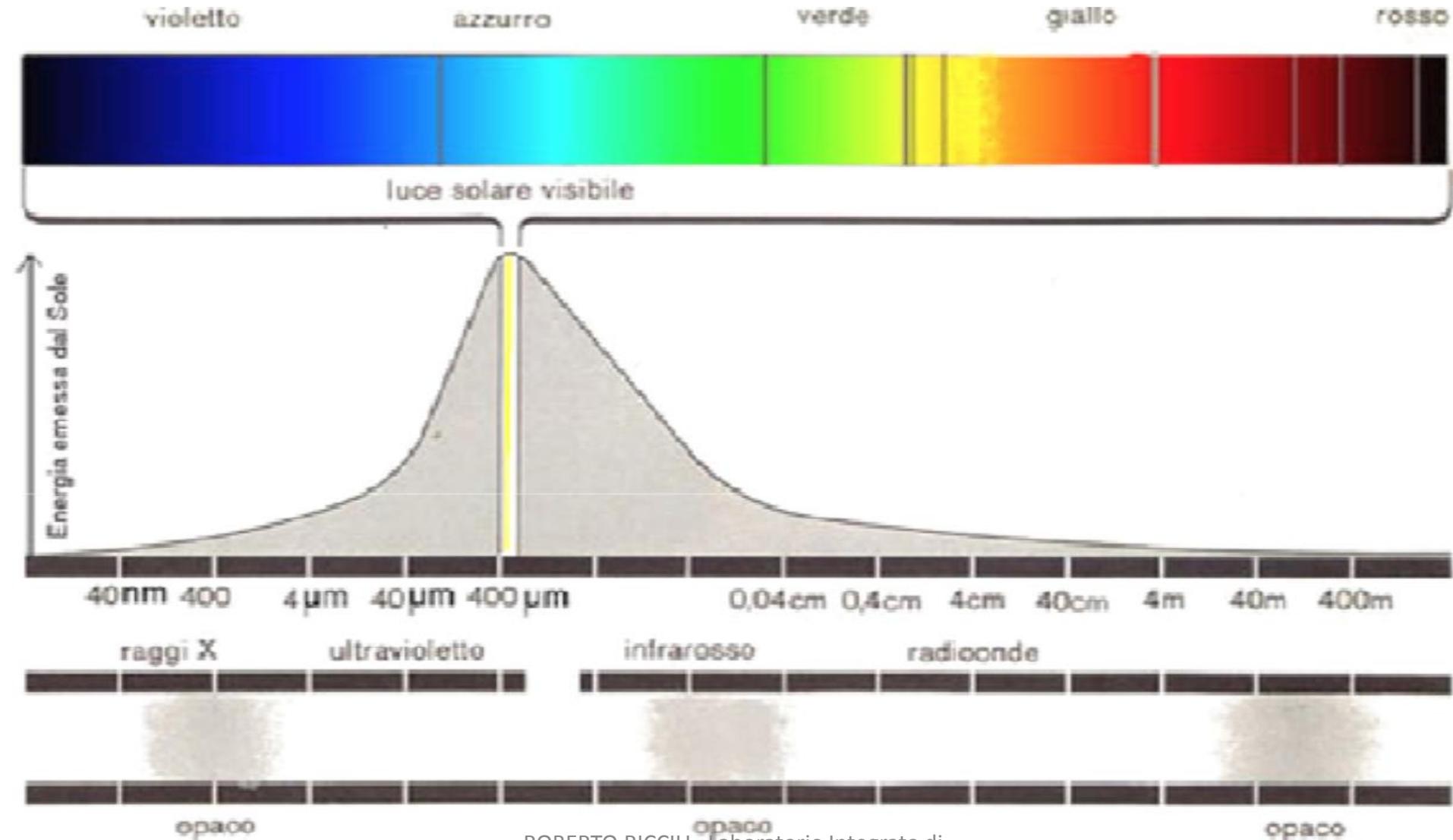
# Il bilancio energetico globale/del corpo umano



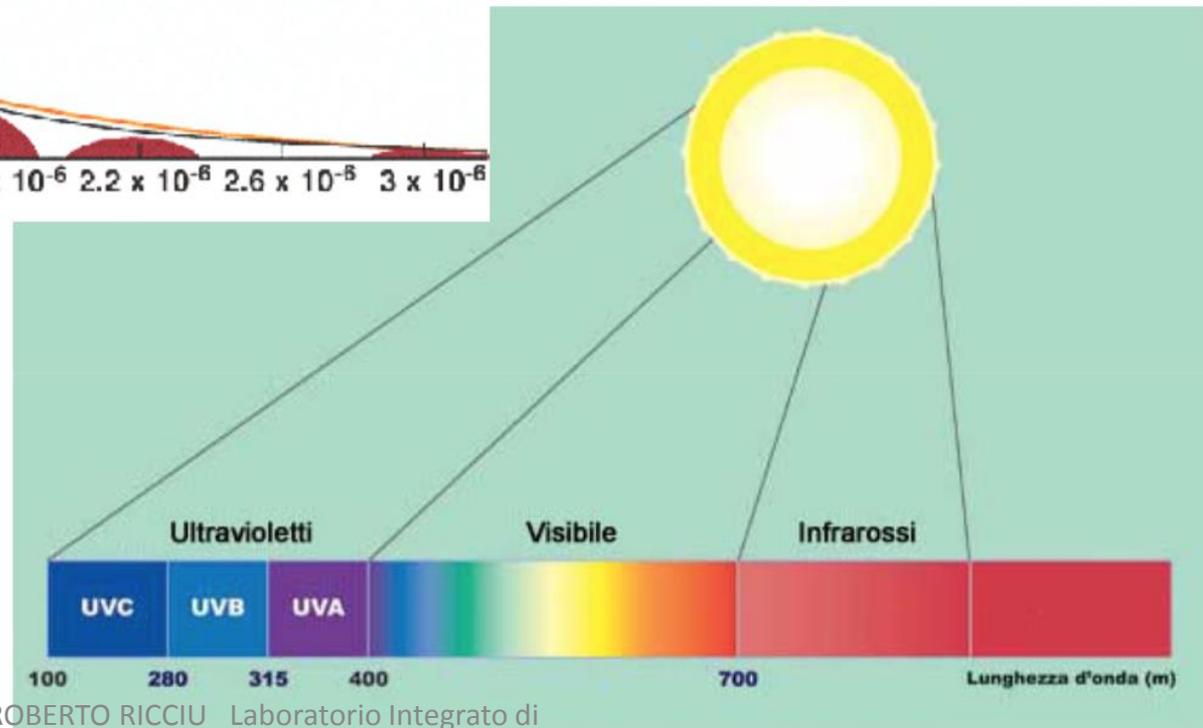
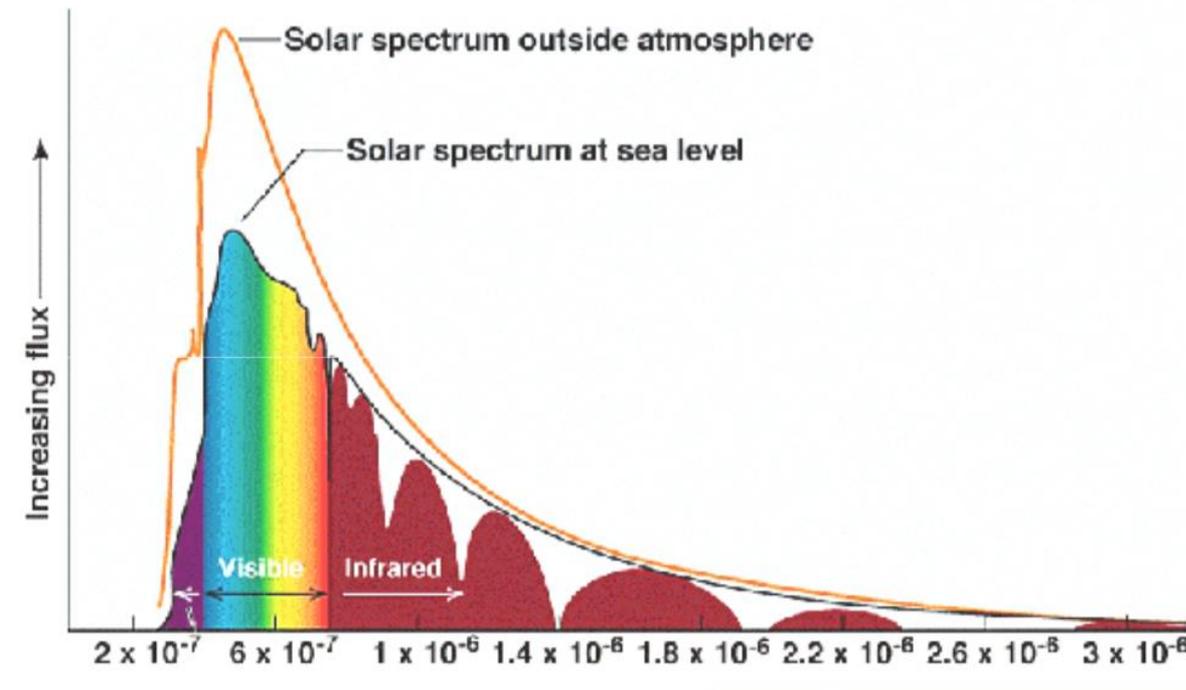
# Il bilancio energetico in un edificio



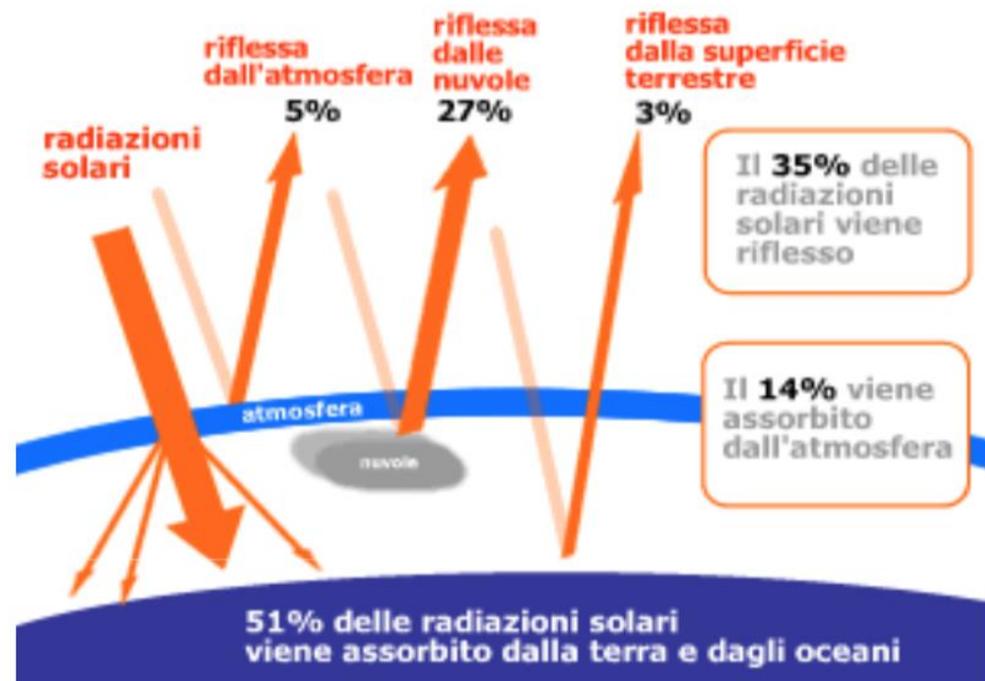
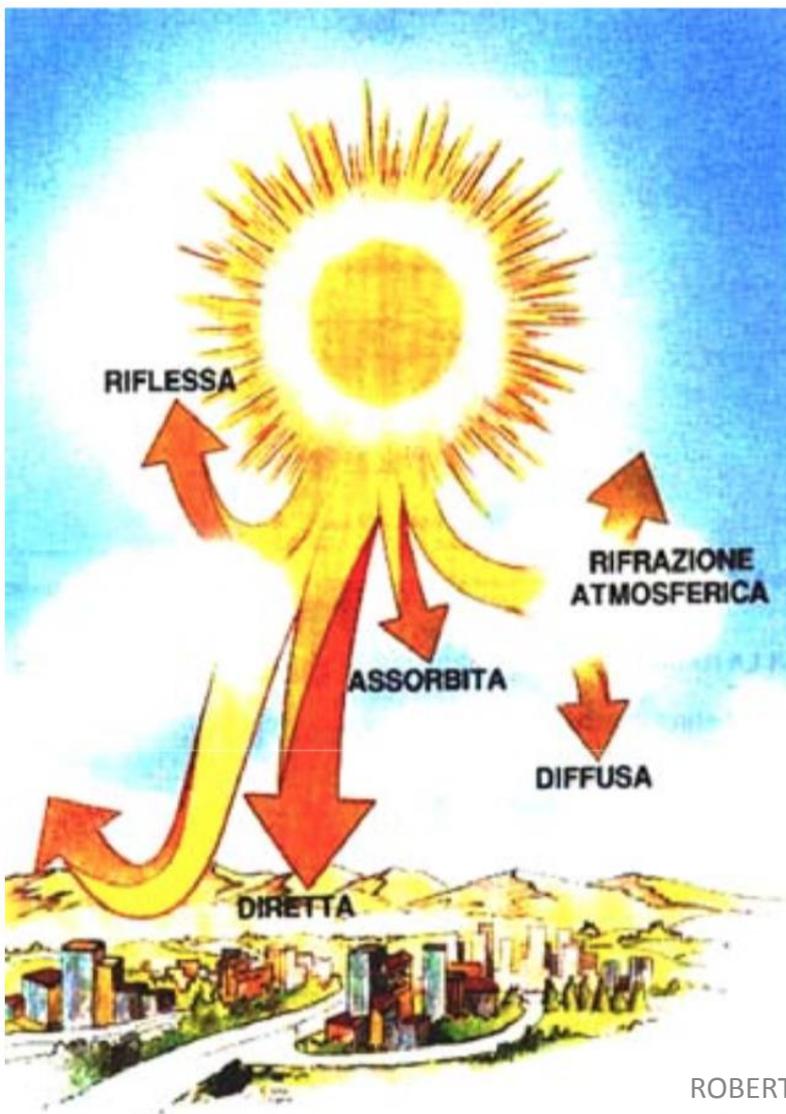
# Spettro solare



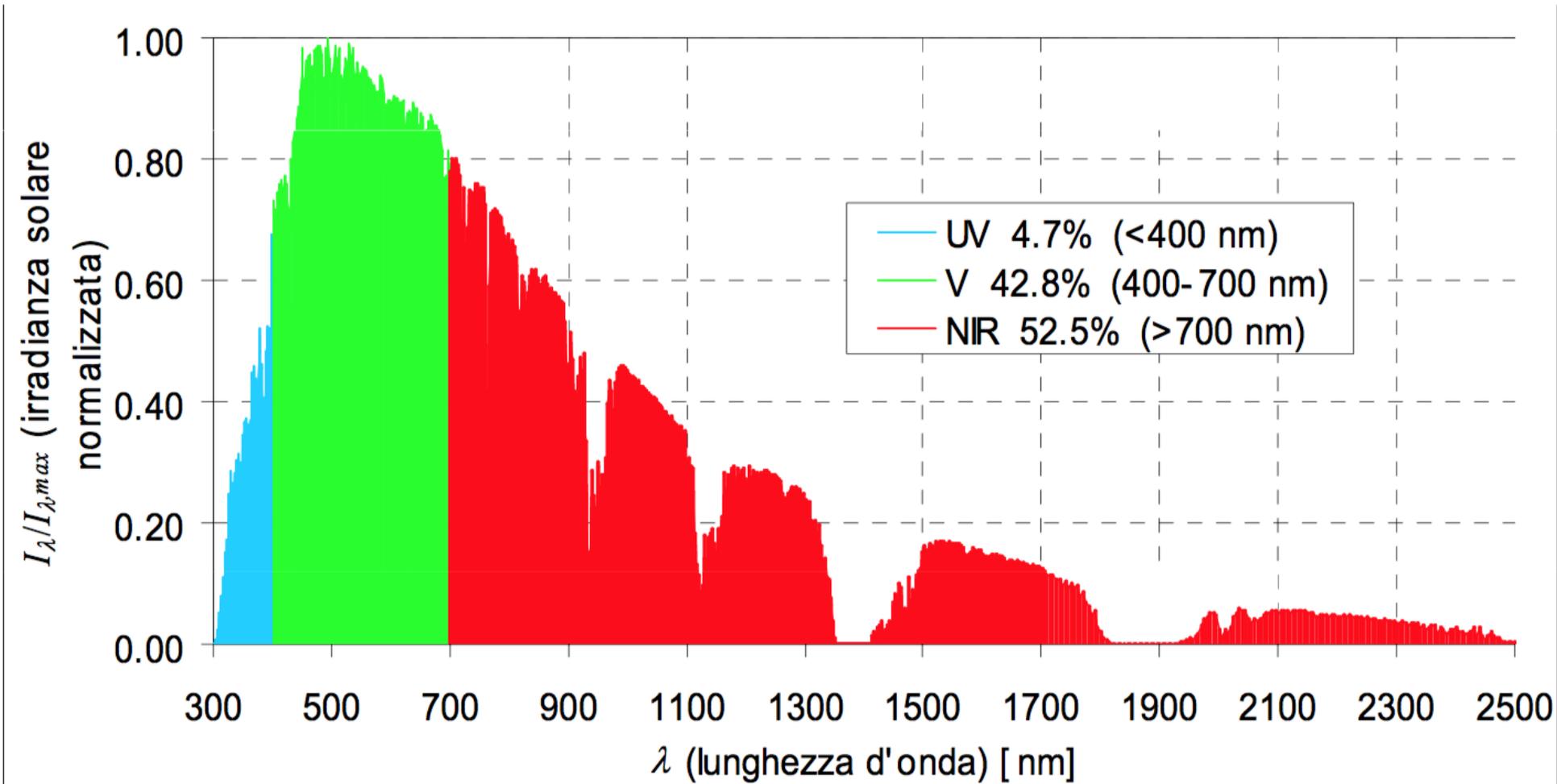
# Spettro solare



# Radiazione solare e atmosfera



# Spettro solare





# Riflettanza solare e emissività termica def.:

**Riflettanza solare  $\rho_{sol}$** : rapporto tra la radiazione solare riflessa da una superficie e la radiazione totale incidente

**Assorbanza (o coefficiente di assorbimento della radiazione) solare  $\alpha_{sol}$** : rapporto tra la radiazione solare assorbita da una superficie e la radiazione totale incidente. Per corpi opachi:

$$\rho_{sol} = 1 - \alpha_{sol}$$

**Emissività termica  $\varepsilon_{ter}$** : rapporto tra la radiazione termica emessa da una superficie ad una data temperatura e la massima radiazione che può essere emessa (da una superficie nera) alla medesima temperatura

**Irradianza** [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]: potenza radiativa incidente (istantaneamente) sull'unità di area della superficie irradiata

**Irradiazione** [ $\text{MJ}/\text{m}^2$ ]: energia radiativa incidente sull'unità di area della superficie irradiata durante un periodo di riferimento (ad es. 24 ore)

**Irradiazione giornaliera media mensile**: energia radiativa incidente sull'unità di area della superficie irradiata durante le 24 ore, mediata su tutti i giorni del mese considerato

**Irradianza media giornaliera** [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]: potenza radiativa mediamente incidente sull'unità di area della superficie irradiata nel corso delle 24 ore, calcolata come il rapporto tra l'irradiazione giornaliera (media mensile) e la durata di un giorno

La norma **UNI 10349** riporta dati di irradiazione solare giornaliera media mensile al suolo, sul piano orizzontale, per tutti i capoluoghi di provincia italiani, distinguendo tra irradiazione diretta e diffusa. Riporta inoltre l'irradiazione totale (diretta + diffusa) su piani verticali variamente orientati (S, SE, E, NE, N, NO, O, SO). Per orientazioni non contemplate si interpola, oppure si utilizza la norma **UNI/TR 11328** (che ha sostituito la **UNI 8477-1**).

<b>CTI</b>	<b>Riscaldamento e raffrescamento degli edifici Dati climatici</b>	<b>UNI 10349</b>
<b>Sostituisce appendice B della UNI 8477/1 ed i prospetti III e IV della UNI 7144</b>		

Heating and cooling of buildings — Climatic data

## 1. Scopo e campo di applicazione

La presente norma fornisce i dati climatici convenzionali necessari per la progettazione e la verifica sia degli edifici sia degli impianti tecnici per il riscaldamento ed il raffrescamento. I dati presentati si raggruppano in due categorie:

- dati climatici giornalieri medi mensili;
- dati di progetto.

I primi riguardano il calcolo dei fabbisogni energetici e le verifiche igrometriche, i secondi la verifica del superamento di valori massimi o minimi di specifiche grandezze ed il dimensionamento, in termini di potenza termica, dei sistemi di riscaldamento e raffrescamento.

I dati forniti si utilizzano per:

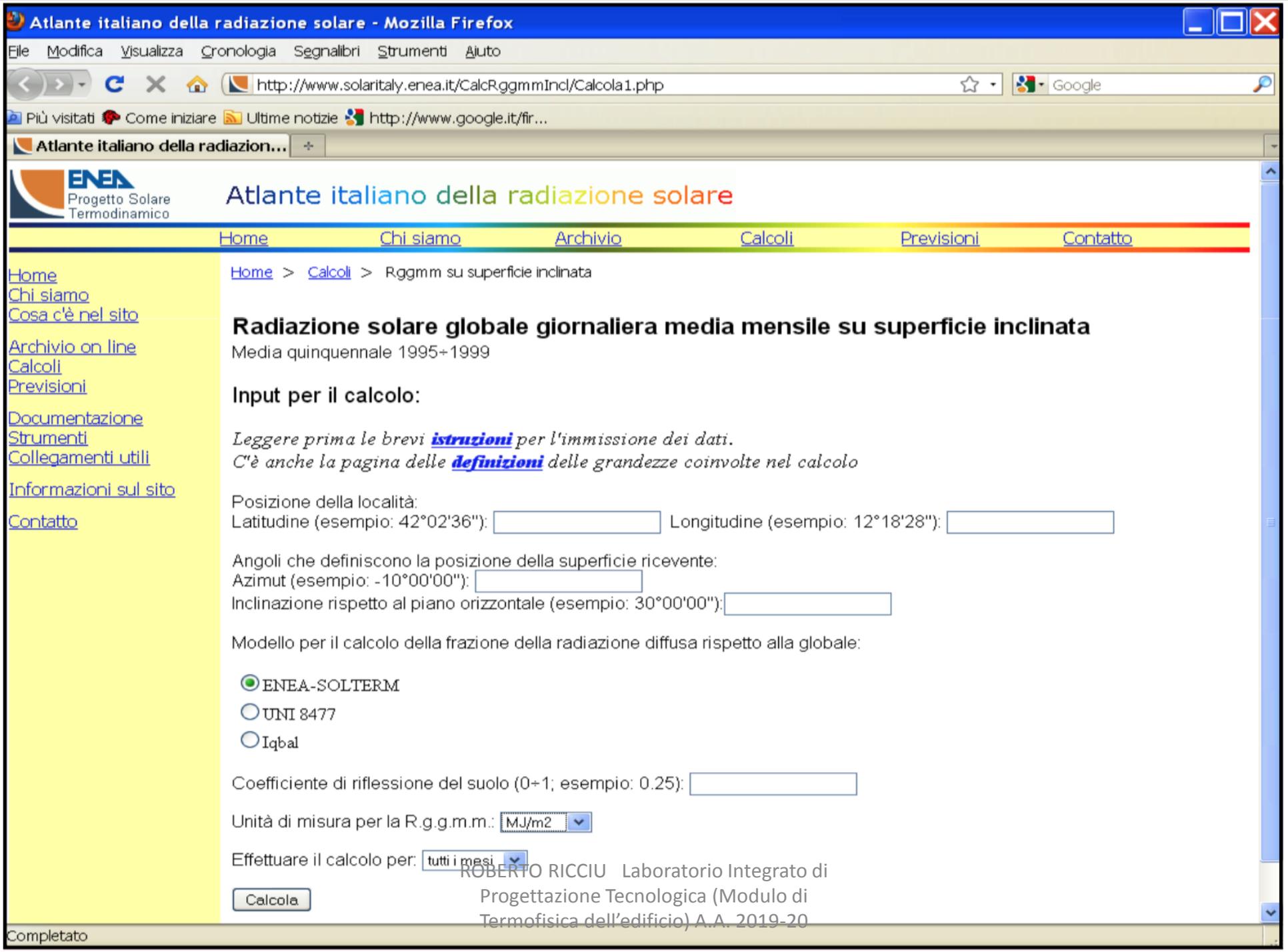
- il calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento degli edifici, UNI 10344;
- la verifica igrometrica ai fenomeni di condensazione del vapore, UNI 10350;
- il calcolo della temperatura interna estiva degli ambienti, UNI 10375.

## 2. Riferimenti

- UNI 8477/1 Energia solare — Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia — Valutazione dell'energia raggiante ricevuta
- UNI 10344 Riscaldamento degli edifici — Calcolo del fabbisogno di energia
- UNI 10350 Edifici residenziali — Verifica igrometrica ai fenomeni di condensazione del vapore
- UNI 10375 Metodo di calcolo della temperatura interna estiva degli ambienti

## 3. Definizioni e simboli

### 3.1. Definizioni



# Atlante italiano della radiazione solare

<a href="#">Home</a>	<a href="#">Chi siamo</a>	<a href="#">Archivio</a>	<a href="#">Calcoli</a>	<a href="#">Previsioni</a>	<a href="#">Contatto</a>
----------------------	---------------------------	--------------------------	-------------------------	----------------------------	--------------------------

- [Home](#)
- [Chi siamo](#)
- [Cosa c'è nel sito](#)
- [Archivio on line](#)
- [Calcoli](#)
- [Previsioni](#)
- [Documentazione](#)
- [Strumenti](#)
- [Collegamenti utili](#)
- [Informazioni sul sito](#)
- [Contatto](#)

[Home](#) > [Calcoli](#) > Rggmm su superficie inclinata

## Radiazione solare globale giornaliera media mensile su superficie inclinata

Media quinquennale 1995+1999

### Input per il calcolo:

Leggere prima le brevi **istruzioni** per l'immissione dei dati.  
C'è anche la pagina delle **definizioni** delle grandezze coinvolte nel calcolo

Posizione della località:  
Latitudine (esempio: 42°02'36''):  Longitudine (esempio: 12°18'28''):

Angoli che definiscono la posizione della superficie ricevente:  
Azimut (esempio: -10°00'00''):   
Inclinazione rispetto al piano orizzontale (esempio: 30°00'00''):

Modello per il calcolo della frazione della radiazione diffusa rispetto alla globale:

- ENEA-SOLTERM
- UNI 8477
- Iqbal

Coefficiente di riflessione del suolo (0+1; esempio: 0.25):

Unità di misura per la R.g.g.m.m.:

Effettuare il calcolo per:

ROBERTO RICCIU Laboratorio Integrato di Progettazione Tecnologica (Modulo di Termofisica dell'edificio) A.A. 2019-20

- [Archivio on line](#)
- [Calcoli](#)
- [Previsioni](#)
- [Documentazione](#)
- [Strumenti](#)
- [Collegamenti utili](#)
- [Informazioni sul sito](#)
- [Contatto](#)

## Radiazione solare globale giornaliera media mensile su superficie inclinata

Media quinquennale 1995-1999

### Dati di input:

- Latitudine: 44°29'00"; longitudine: 11°20'00"
- Azimut: 0°00'00"
- Inclinazione rispetto al piano orizzontale: 30°00'00"
- Modello per il calcolo della frazione della radiazione diffusa rispetto alla globale: ENEA-SOLTERM
- Coefficiente di riflessione del suolo: 0.25
- Unità di misura: MJ/m2
- Calcolo per tutti i mesi

### Risultato:

Mese	Ostacolo	Rggmm su sup.incl.		Errore
Gennaio	presente tutto il giorno	2.69	MJ/m2	
Febbraio	dalle 6h 00'00.0" alle 12h 00'00.0"	8.82	MJ/m2	
Marzo	dalle 8h 00'00.0" alle 10h 00'00.0"	14.82	MJ/m2	
Aprile	assente	18.72	MJ/m2	
Maggio	assente	20.77	MJ/m2	
Giugno	assente	21.75	MJ/m2	
Luglio	assente	22.21	MJ/m2	
Agosto	assente	19.89	MJ/m2	
Settembre	assente	17.42	MJ/m2	
Ottobre	assente	13.20	MJ/m2	
Novembre	dalle 8h 00'00.0" alle 10h 00'00.0"	8.34	MJ/m2	
Dicembre	dalle 6h 00'00.0" alle 12h 00'00.0"	4.92	MJ/m2	

Radiazione globale annua sulla superficie inclinata: 5290 MJ/m2  
(anno convenzionale di 365.25 giorni)

### Scarica il file dei risultati in una delle due versioni:

[formato csv con la virgola come separatore decimale](#)  
[formato csv con il punto come separatore decimale](#)

ROBERTO RICCIU Laboratorio Integrato di Progettazione Tecnologica (Modulo di Termotecnica dell'edificio) A.A. 2019-20

# Apporti gratuiti solare.

# Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)

## Apporti termici solari:

$$Q_{\text{sol}} = \left\{ \sum_k \Phi_{\text{sol,mn,k}} \right\} \times t + \left\{ \sum_l (1 - b_{\text{tr,l}}) \Phi_{\text{sol,mn,u,l}} \right\} \times t$$

$b_{\text{tr,l}}$  è il fattore di riduzione per l'ambiente non climatizzato avente la sorgente di calore interna  $l$ -esima oppure il flusso termico  $l$ -esimo di origine solare;

$\Phi_{\text{sol,mn,k}}$  è il flusso termico  $k$ -esimo di origine solare, mediato sul tempo;

$\Phi_{\text{sol,mn,u,l}}$  è il flusso termico  $l$ -esimo di origine solare nell'ambiente non climatizzato adiacente  $u$ , mediato sul tempo.

$t$  è la durata del mese considerato.

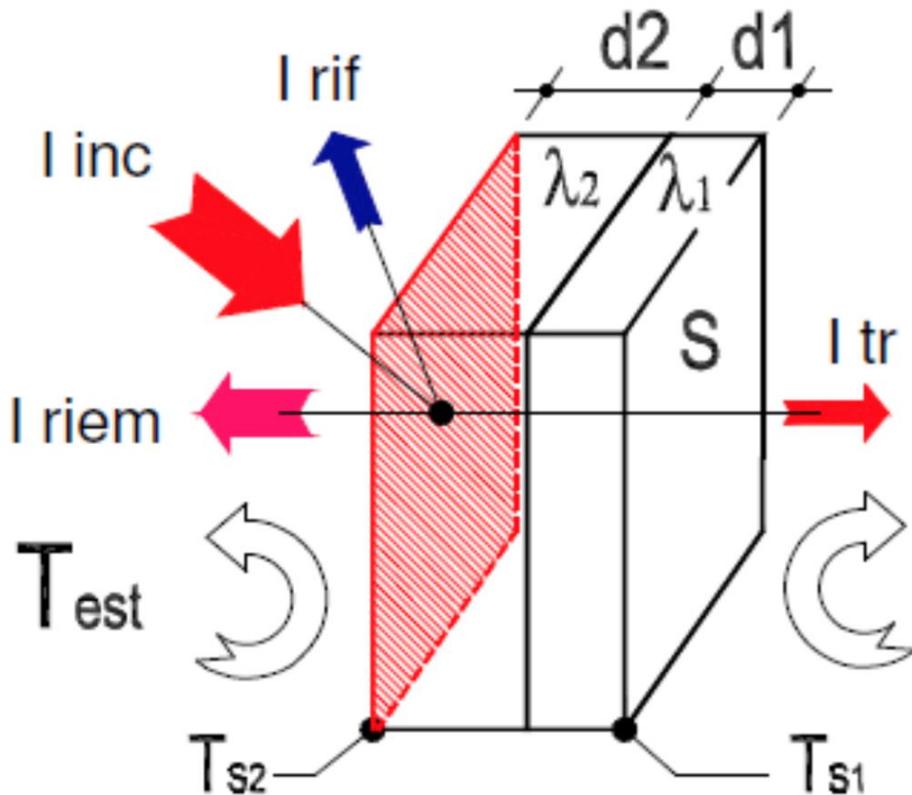
# Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)

Apporti termici solari:

$$Q_{\text{sol}} = \left\{ \sum_k \Phi_{\text{sol,mn,k}} \right\} \times t + \left\{ \sum_l (1 - b_{\text{tr,l}}) \Phi_{\text{sol,mn,u,l}} \right\} \times t$$

# Apporti gratuiti solare. Effetti Irraggiamento su parete

$$R = R_{se} + R_2 + R_1 + R_{si}$$



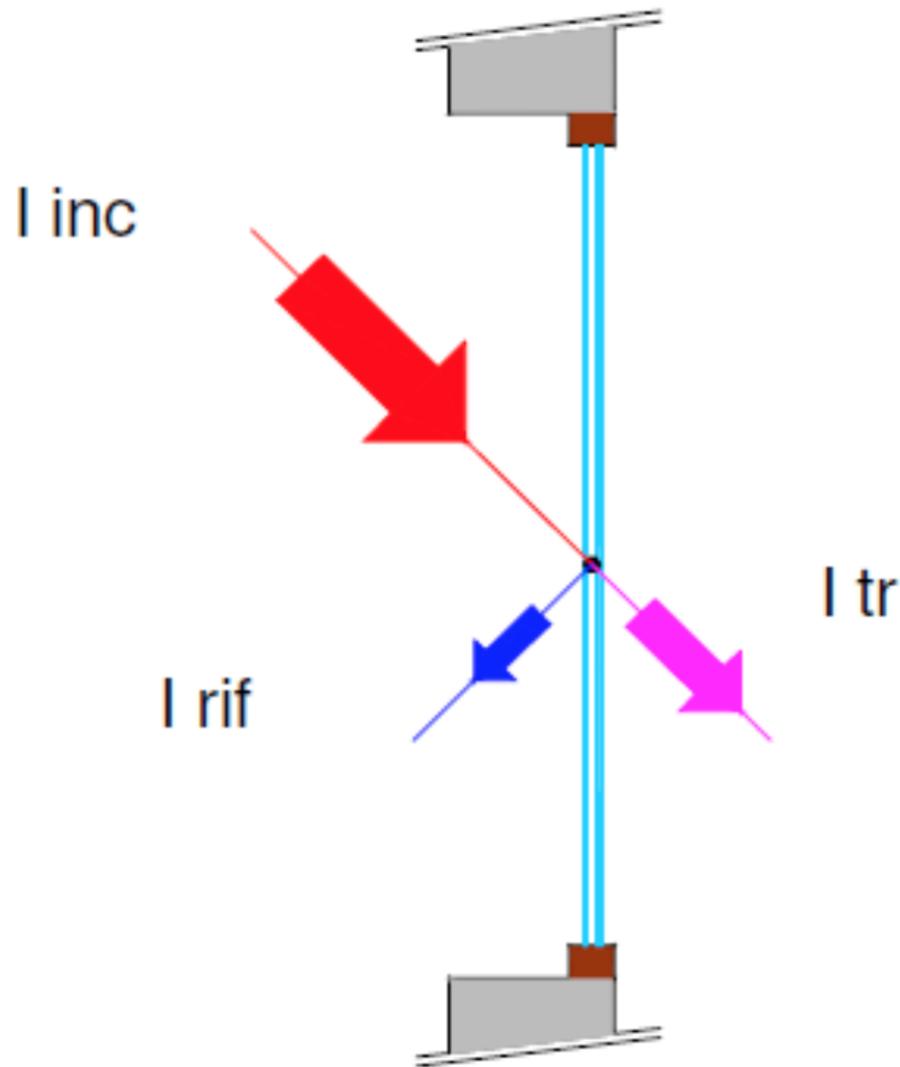
L'irraggiamento incidente  $I_{inc}$  si ripartisce in

- $I_{rif}$  riflesso
- $I_{tr}$  trasmesso
- $I_{riem}$  riemesso

$$I_{tr} = I_{inc} \cdot \alpha \cdot \frac{R_{se}}{R}$$

$$I_{riem} = I_{inc} \cdot \alpha \cdot \frac{R_{si} + R_1 + R_2}{R}$$

# Apporti gratuiti solare. Effetti Irraggiamento su superficie trasparente



L'irraggiamento  
incidente

$I_{inc}$  si ripartisce in

- $I_{rif}$  riflesso
- $I_{tr}$  trasmesso

Fattore di trasmissione:

$$I_{tr} / I_{inc}$$

## IPOTESI:

$$\Phi_{sol} = K_{sol} \times \bar{I} \times A_p$$

$K_{sol}$  => coefficienti decimali ( $K_{sol,dark} = 0,9$ )

$I$  => valore di irraggiamento medio sulla componente di involucro che stiamo considerando.

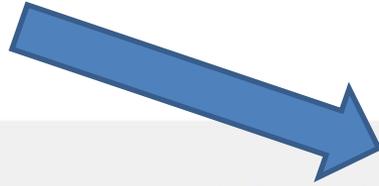
$A_p$  => superficie dell'involucro considerata

# Apporti gratuiti solare. Effetti Irraggiamento

Esempio:

parete bianca verticale con esposizione SUD località **Cagliari** nel mese di **gennaio** (valori medi giornalieri).

( $k_{sol} = 0,3$ )



$$\Phi_{sol} = K_{sol} \times \bar{I} \times A_p$$



Norma italiana

Aprile 1994

**CTI**

Riscaldamento e raffrescamento degli edifici  
Dati climatici

**UNI**  
**10349**

Sostituisce appendice B della UNI 8477/1 ed i prospetti III e IV della UNI 7144

# Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)

Prospetto VII — Coordinate geografiche dei capoluoghi di provincia

N°	Sigla Provincia	Località	Altitudine m	Latitudine		Longitudine	
				°	'	°	'
1	AG	Agrigento	230	37	18	13	35
2	AL	Alessandria	95	44	54	8	36
3	AN	Ancona	16	43	36	16	30
4	AO	Aosta	583	45	44	7	18
5	AP	Ascoli Piceno	154	42	51	13	34
6	AQ	L'Aquila	714	42	21	13	23
7	AR	Arezzo	246	43	27	11	52
8	AT	Asti	123	44	53	8	12
9	AV	Avellino	348	40	54	14	47
10	BA	Bari	5	41	08	16	50
11	BG	Bergamo	249	45	41	9	40
12	BL	Belluno	383	46	08	12	13
13	BN	Benevento	135	41	07	14	46
14	BO	Bologna	54	44	29	11	20
15	BR	Brindisi	15	40	38	17	56
16	BS	Brescia	149	45	32	10	12
17	BZ	Bolzano	262	46	29	11	21
18	CA	Cagliari	4	39	13	9	07
19	CB	Campobasso	701	41	33	14	40
20	CE	Caserta	68	41	04	14	19

pag. 10 UNI 10349

# Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)

Prospetto VIII — Irradiazione solare giornaliera media mensile diretta  $\bar{H}_{bh}$  e diffusa  $\bar{H}_{dh}$  sul piano orizzontale

N°	GENNAIO		FEBBRAIO		MARZO		APRILE		MAGGIO		GIUGNO		LUGLIO		AGOSTO		SETTEMBRE		OTTOBRE		NOVEMBRE		DICEMBRE	
	$\bar{H}_{dh}$ MJ/m <sup>2</sup>	$\bar{H}_{bh}$ MJ/m <sup>2</sup>																						
1	3,4	5,4	4,2	8,3	5,3	11,6	6,2	16,0	6,3	20,6	6,0	23,5	5,4	24,2	4,8	22,2	4,9	16,0	4,3	10,3	3,5	6,6	3,0	5,2
2	2,4	2,3	3,5	4,0	5,1	6,5	6,7	9,1	7,9	10,6	8,4	12,1	7,7	14,9	7,0	11,0	5,6	7,8	4,0	4,5	2,7	2,6	2,1	2,1
3	2,5	1,8	3,7	3,9	5,2	6,9	6,6	11,7	7,4	15,7	7,9	16,2	6,9	19,1	6,4	15,6	5,4	10,6	4,1	6,4	2,8	2,7	2,3	1,8
4	2,4	2,9	3,4	4,6	4,9	7,2	6,7	9,0	7,9	10,3	8,4	11,5	8,0	13,0	7,1	10,4	5,6	7,6	3,9	4,8	2,6	3,5	2,1	2,7
5	2,8	2,6	3,8	4,4	5,3	7,3	6,8	10,4	7,8	13,0	8,0	15,7	7,1	18,5	6,3	16,0	5,5	10,8	4,2	6,2	3,0	3,4	2,5	2,3
6	2,8	3,2	3,8	4,6	5,3	6,7	6,9	7,9	8,0	11,3	8,4	12,7	7,7	15,9	7,0	13,1	5,7	10,0	4,2	6,4	3,0	3,4	2,5	2,6
7	2,6	2,5	3,7	3,9	5,2	6,0	6,9	8,2	8,0	11,2	8,2	14,0	7,7	15,4	7,0	12,2	5,6	9,3	4,2	5,2	2,9	2,9	2,3	1,8
8	2,5	2,7	3,5	4,4	5,1	6,9	6,7	9,6	7,9	10,7	8,4	12,2	7,8	14,7	7,1	10,7	5,6	7,5	4,0	5,1	2,7	2,9	2,1	2,7
9	2,9	2,5	4,0	4,4	5,5	7,2	6,8	11,3	7,6	14,7	7,8	16,9	6,6	20,3	6,0	17,9	5,4	12,3	4,3	7,7	3,2	3,8	2,6	2,3
10	3,0	3,6	3,9	6,2	5,3	9,2	6,3	14,3	6,8	18,5	6,7	21,3	5,9	22,7	5,4	19,8	5,0	14,0	4,0	9,2	3,1	4,9	2,7	3,0
11	2,3	1,9	3,4	3,5	5,0	6,3	6,7	8,9	7,9	11,2	8,4	12,2	7,8	14,6	6,9	11,9	5,5	8,5	3,9	5,2	2,6	2,1	2,1	1,8
12	2,3	2,0	3,4	4,1	4,9	7,0	6,7	8,6	7,9	11,4	8,4	12,1	7,9	14,0	7,0	10,8	5,5	8,4	3,8	5,3	2,5	2,3	2,0	1,9
13	2,9	2,8	4,0	4,7	5,5	7,4	6,9	10,3	7,8	13,1	7,8	16,8	6,8	19,6	6,3	16,6	5,7	10,7	4,3	6,8	3,2	3,4	2,6	2,3
14	2,5	2,0	3,6	4,3	5,1	7,0	6,6	10,7	7,7	13,3	8,0	15,6	7,1	18,5	6,6	14,4	5,4	10,0	4,0	5,9	2,7	2,6	2,2	1,9
15	3,0	4,0	4,0	5,3	5,4	8,7	6,6	13,0	7,4	16,1	7,1	19,9	6,4	21,0	6,0	17,9	5,3	13,1	4,1	8,9	3,2	4,7	2,7	3,2
16	2,4	2,2	3,5	4,3	5,0	7,4	6,7	9,4	7,8	12,6	8,2	14,3	7,4	17,0	6,7	13,5	5,4	9,3	3,9	5,3	2,6	2,7	2,1	2,2
17	2,3	2,2	3,3	4,0	4,0	7,8	6,6	9,0	7,8	12,5	8,1	12,0	7,8	14,7	6,8	11,6	5,1	8,8	3,8	5,5	2,5	2,6	2,0	1,9
18	3,2	4,1	4,2	5,6	5,5	8,9	6,9	11,6	7,6	14,9	7,7	17,3	6,5	20,8	6,2	17,7	5,7	11,9	4,5	7,7	3,4	4,7	2,9	3,5
19	2,9	3,3	3,9	5,6	5,4	8,1	6,7	12,0	7,4	16,1	7,6	17,7	6,9	19,6	6,2	16,9	5,4	12,0	4,2	7,8	3,1	4,2	2,6	3,0
20	2,9	3,9	3,9	5,8	5,3	9,2	6,6	12,8	7,3	16,5	7,0	20,1	6,2	21,6	5,9	18,3	5,2	13,1	4,0	8,9	3,1	4,7	2,6	3,3

# Il fabbisogno energetico Irradiazione solare giornaliera media mensile

Prospetto IX — Irradiazione solare globale su superficie verticale esposta a S

N°	GEN.	FEB.	MAR.	APR.	MAG.	GIU.	LUG.	AGO.	SET.	OTT.	NOV.	DIC.
	$\bar{H}$ MJ/m <sup>2</sup>											
1	13,8	15,4	14,4	12,2	10,2	9,2	9,7	12,3	15,3	16,4	15,3	13,7
2	8,4	10,2	11,1	10,3	9,3	9,1	10,2	10,4	11,0	10,2	8,6	7,8
3	6,6	9,7	11,3	11,7	10,8	9,9	11,0	12,2	13,2	13,0	8,6	6,7
4	10,3	11,6	12,1	10,4	9,3	9,1	9,8	10,3	11,0	10,8	11,2	10,2
5	8,8	10,4	11,6	10,8	9,8	9,7	10,7	12,2	13,2	12,5	10,0	8,1
6	10,3	10,7	10,9	9,1	9,2	8,9	10,0	10,9	12,5	12,6	10,1	8,8
7	8,6	9,7	10,2	9,5	9,3	9,4	10,1	10,7	12,1	11,1	9,1	6,7
8	9,4	10,9	11,6	10,6	9,3	9,2	10,2	10,2	10,8	11,2	9,4	9,7
9	8,0	10,1	11,1	10,9	9,9	9,5	10,4	12,3	13,9	14,2	10,6	7,6
10	10,9	13,3	13,2	12,5	10,9	10,1	10,8	13,0	15,2	16,4	13,1	9,6
11	7,3	9,3	11,0	10,3	9,7	9,3	10,3	11,0	11,9	11,6	7,4	7,2
12	7,3	10,7	11,9	10,2	9,8	9,3	10,3	10,6	11,9	11,8	7,9	7,5
13	8,8	10,7	11,4	10,4	9,5	9,5	10,4	12,0	12,7	12,9	9,7	7,7
14	7,4	10,7	11,6	11,2	10,2	10,0	11,1	12,0	12,9	12,4	8,5	7,2
15	11,7	11,6	12,6	11,7	10,3	9,8	10,4	12,3	14,4	15,7	12,5	10,0
16	8,2	11,0	12,3	10,6	10,2	9,9	11,0	11,8	12,6	11,7	9,0	8,4
17	8,5	12,5	13,1	11,1	10,3	9,7	10,6	11,0	12,3	12,3	9,0	7,7
18	11,5	11,8	12,5	10,7	9,6	9,2	10,0	11,8	13,2	13,7	12,1	10,4
19	10,1	12,4	12,2	11,4	10,4	9,8	10,5	12,2	13,9	14,5	11,7	9,6
20	11,6	12,5	13,2	11,7	10,4	10,0	10,7	12,5	14,5	16,0	12,7	10,4

# Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)

ROBERTO RICCIU Laboratorio Integrato di  
Progettazione Tecnologica (Modulo di



# Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)

...con flusso termico di origine solare valutato come:

è l'irradianza solare media mensile, sulla superficie  $k$ -esima, con dato orientamento e angolo d'inclinazione sul piano orizzontale.

è il fattore di riduzione per ombreggiatura relativo ad elementi esterni per l'area di captazione solare effettiva della superficie  $k$ -esima;

$$\Phi_{\text{sol},k} = F_{\text{sh,ob},k} A_{\text{sol},k} I_{\text{sol},k}$$

è l'area di captazione solare effettiva della superficie  $k$ -esima con dato orientamento e angolo d'inclinazione sul piano orizzontale, nella zona o ambiente considerato;

# Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)

## Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)

- **L'area di captazione solare effettiva di un componente vetrato dell'involucro:**

$$A_{sol} = F_{sh,gl} g_{gl} (1 - F_F) A_{w,p}$$

$F_{sh,gl}$  è il fattore di riduzione degli apporti solari relativo all'utilizzo di schermature mobili;

$g_{gl}$  è la trasmittanza di energia solare della parte trasparente del componente;

$F_F$  è la frazione di area relativa al telaio, rapporto tra l'area proiettata del telaio e l'area proiettata totale del componente finestrato;

$A_{w,p}$  è l'area proiettata totale del componente vetrato (l'area del vano finestra).

- **L'area di captazione solare effettiva di una parte opaca dell'involucro edilizio:**

$$A_{sol} = \alpha_{sol,c} R_{se} U_c A_c$$

dove:

$\alpha_{sol,c}$  è il fattore di assorbimento solare del componente opaco;

$R_{se}$  è la resistenza termica superficiale esterna del componente opaco, determinato secondo la UNI EN ISO 6946;

$U_c$  è la trasmittanza termica del componente opaco;

$A_c$  è l'area proiettata del componente opaco.

# Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)

Il **flusso termico di origine solare** sulla superficie k-esima si calcola con la formula:

$$\Phi_{\text{sol,mn,k}} = F_{\text{sh,ob,k}} \times A_{\text{sol,k}} \times I_{\text{sol,mn,k}}$$

ove

$F_{\text{sh,ob,k}}$  **fattore di riduzione per ombreggiatura relativo ad elementi esterni** per l'area di captazione solare effettiva della superficie k-esima, ottenibile da UNI/TS 11300-1 o altre norme

$A_{\text{sol,k}}$  **area di captazione solare effettiva** della superficie k-esima con dato orientamento e angolo d'inclinazione sul piano orizzontale [m<sup>2</sup>], la cui metodologia di valutazione per componenti trasparenti dell'involucro è completamente diversa da quella per componenti opachi

$I_{\text{sol,mn,k}}$  **irradianza solare media giornaliera** (media effettuata su base mensile) incidente sulla superficie k-esima, con orientamento e angolo d'inclinazione sul piano orizzontale assegnati [W/m<sup>2</sup>]

# Fattori di riduzione per ombreggiamento

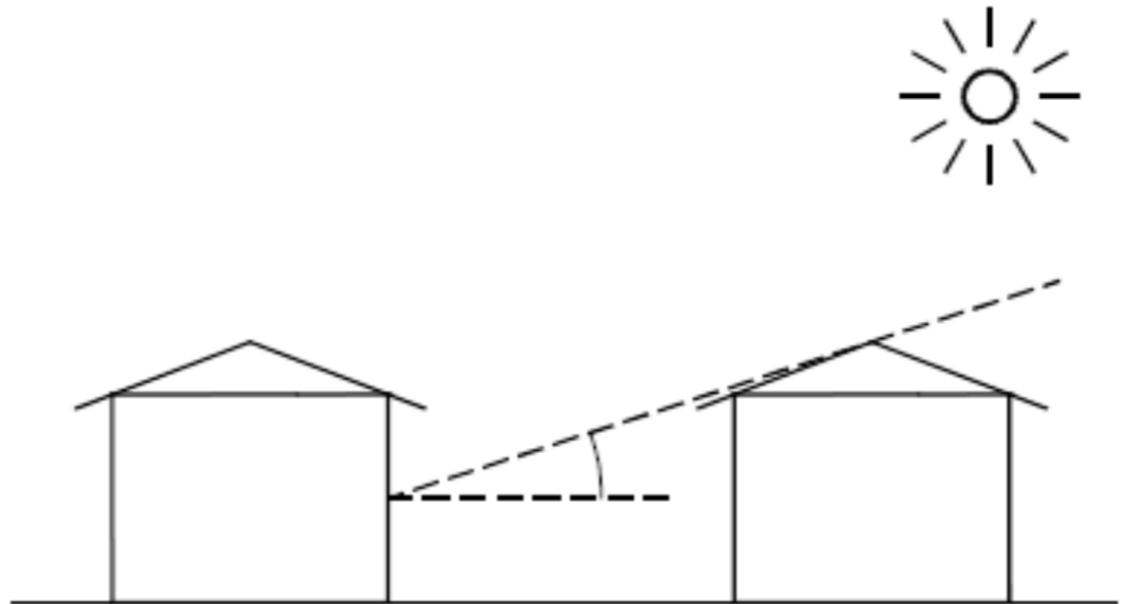
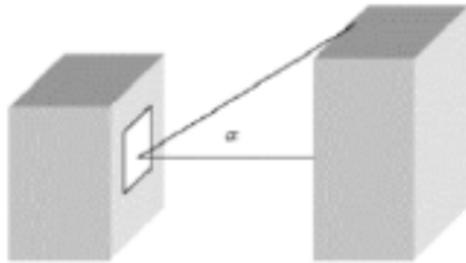
Occorre determinare con buona precisione i fattori di ombreggiamento.

Occorre fare almeno:

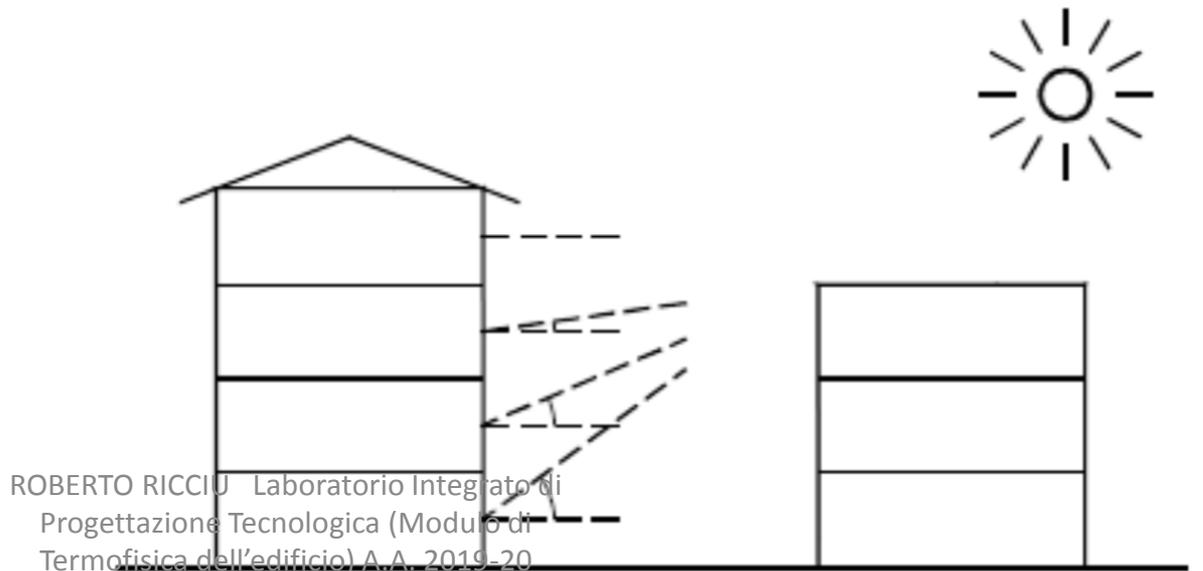
- Stima dell'ombreggiamento sul centro delle facciate (effetto dell'angolo di vista dell'orizzonte)
- Stima dell'ombreggiamento nel caso di finestre libere da ostacoli (effetto della rientranza della finestre rispetto alla superficie esterna)
- Stima dell'ombreggiamento nel caso di finestra con balconi sovrastanti o muri sporgenti

# Fattori di riduzione per ombreggiamento

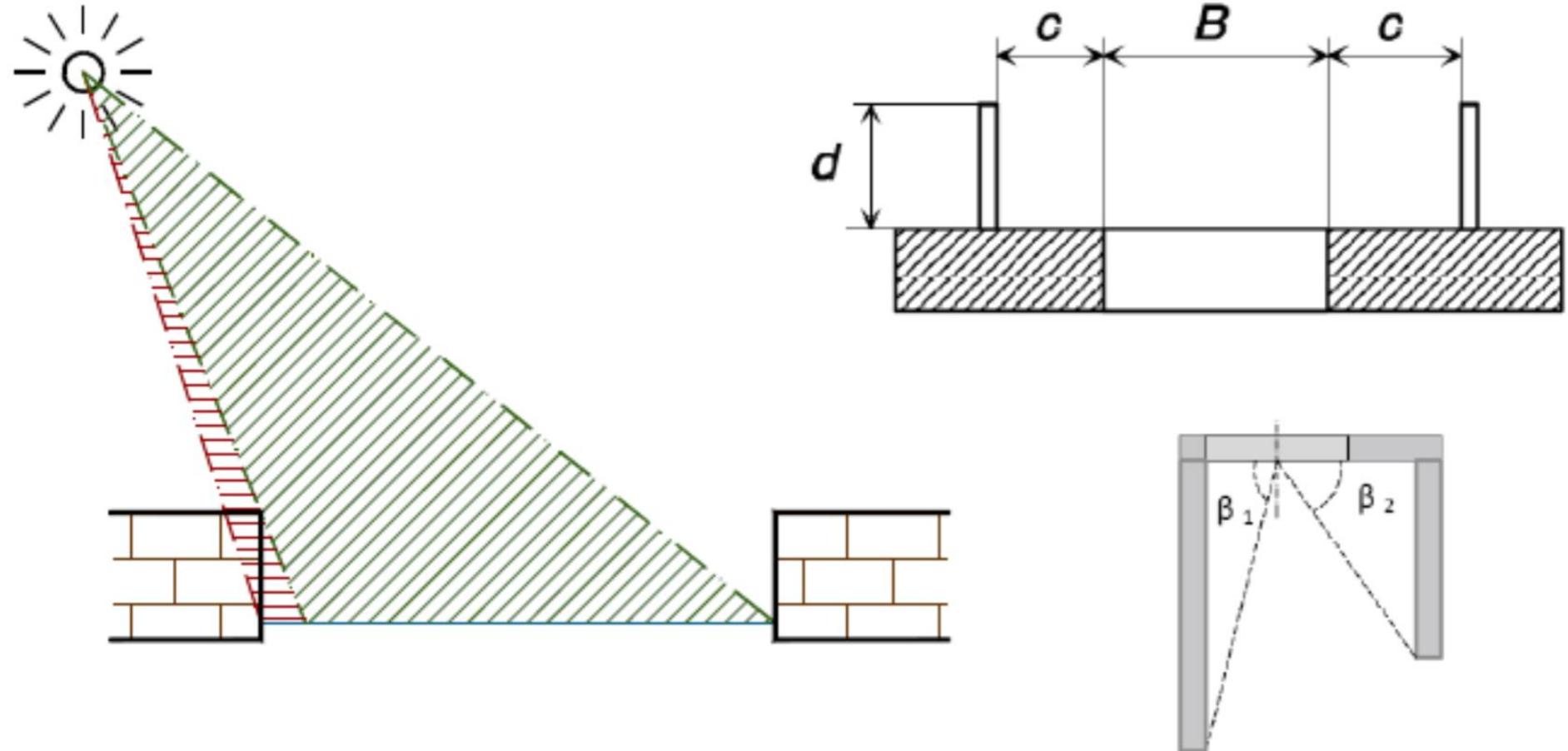
ALTEZZA  
DELL'ORIZZONTE



IN QUESTO CASO NON  
ESISTE UN  
"APPARTAMENTO  
RAPPRESENTATIVO"



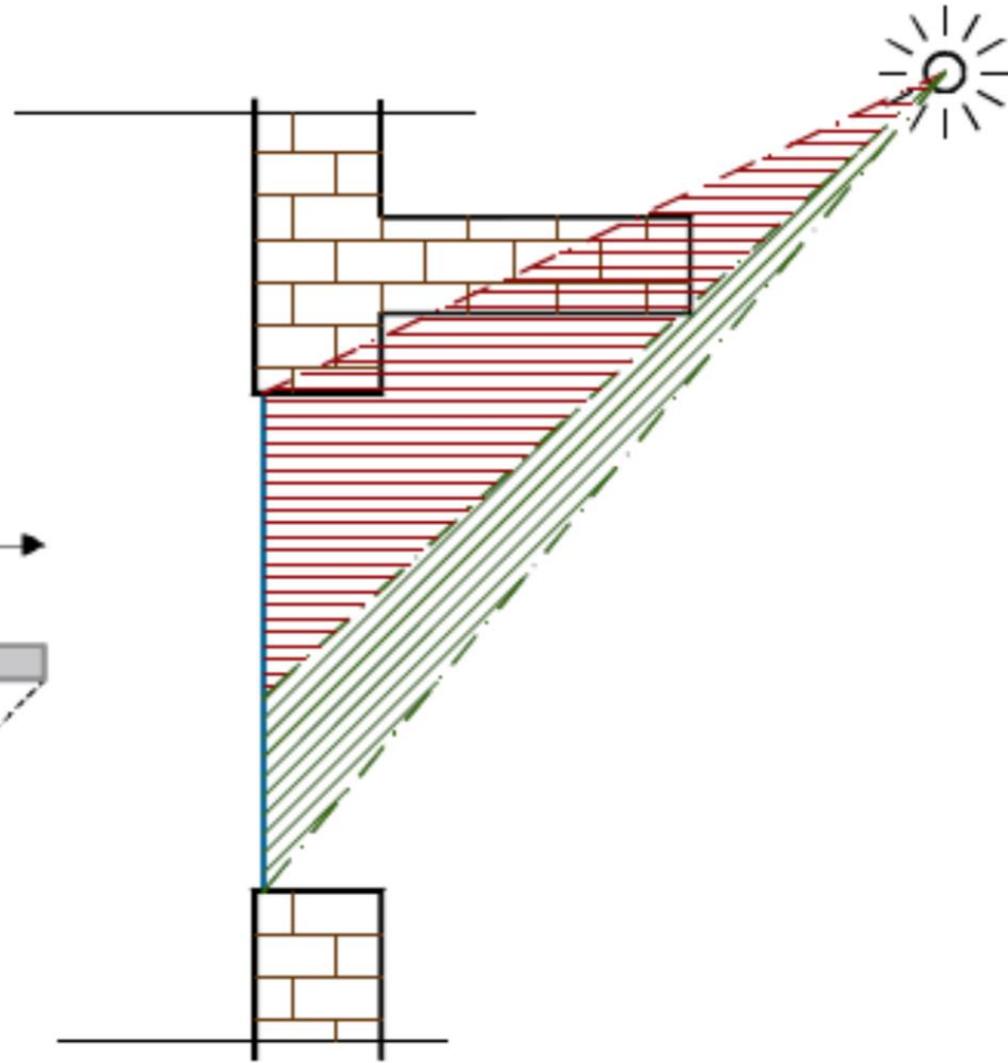
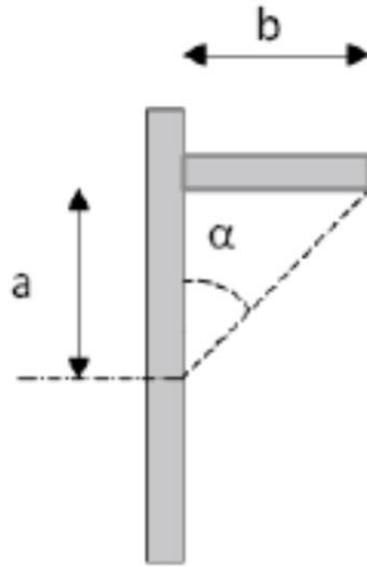
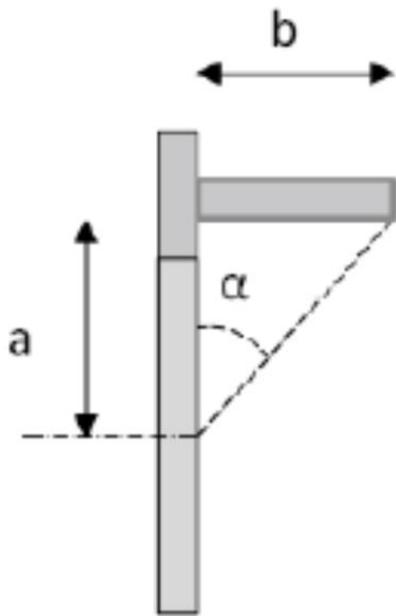
## EFFETTO DELLA RIENTRANZA DELLE FINESTRE DELLE FINESTRE



ROBERTO RICCIU Laboratorio Integrato di  
Progettazione Tecnologica (Modulo di

# Fattori di riduzione per ombreggiamento

## EFFETTO DELLE SPORGENZE Sovrastanti



ROBERTO RICCIU Laboratorio Integrato di Progettazione Tecnologica (Modulo di

# Fattori di riduzione per ombreggiamento

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob} A_{sol,k} I_{sol,k}$$

$F_{sh, ob}$  => fattore di riduzione per ombreggiatura

$I$  => valore di irraggiamento medio sulla componente di involucro che stiamo considerando.

$A_p$  => superficie dell'involucro considerata

# Fattori di riduzione per ombreggiamento

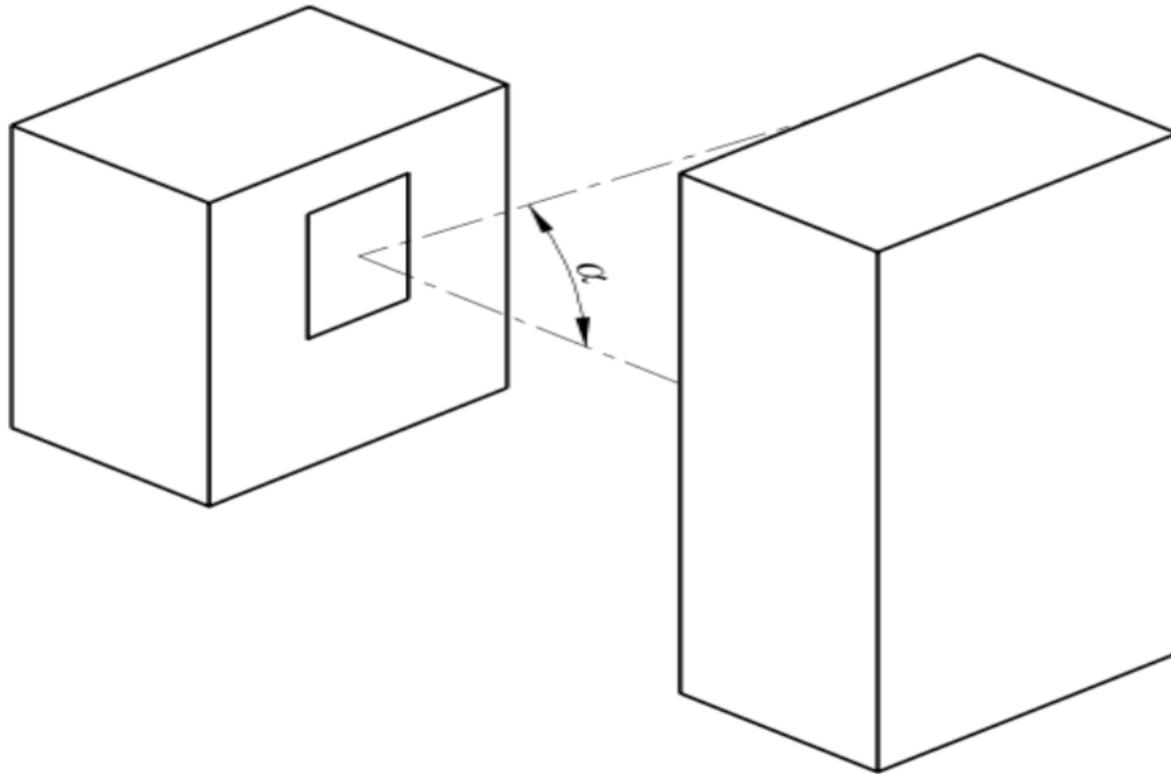
$$F_{sh,ob} = F_{hor} \times F_{ov} \times F_{fin}$$

Ostruzioni esterne	$F_{hor}$
--------------------	-----------

Aggetti orizzontali	$F_{ov}$
---------------------	----------

Aggetti verticali	$F_{fin}$
-------------------	-----------

# Fattori di riduzione per ombreggiamento

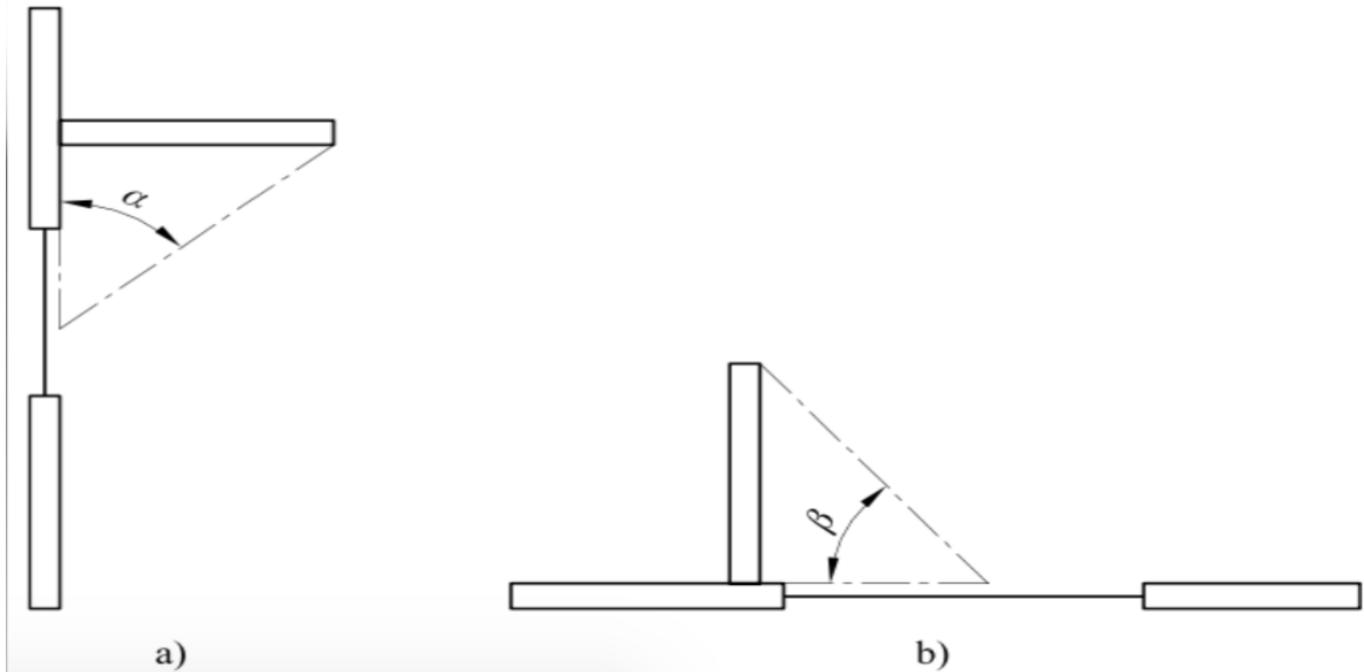


ROBERTO RICCIU Laboratorio Integrato di  
Progettazione Tecnologica (Modulo di

# Fattori di riduzione per ombreggiamento

## Legenda

- a) Sezione verticale
- b) Sezione orizzontale



# Fattori di riduzione per ombreggiamento

prospetto D.1 **Fattore di ombreggiatura  $F_{hor}$  relativo ad ostruzioni esterne. Mese di GENNAIO**

Angolo su orizzonte	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,97	0,86	0,83	0,95	0,85	0,83	0,94	0,83	0,83	0,93	0,81	0,83	0,91	0,80	0,83	0,88	0,76	0,83
20°	0,85	0,67	0,67	0,82	0,65	0,67	0,77	0,63	0,67	0,70	0,60	0,67	0,59	0,58	0,67	0,47	0,54	0,67
30°	0,46	0,47	0,52	0,34	0,45	0,52	0,25	0,44	0,52	0,15	0,44	0,52	0,09	0,44	0,52	0,05	0,39	0,52
40°	0,05	0,37	0,38	0,05	0,33	0,38	0,05	0,30	0,38	0,05	0,27	0,38	0,05	0,23	0,38	0,04	0,21	0,38

# Fattori di riduzione per ombreggiamento

Prospetto VII — Coordinate geografiche dei capoluoghi di provincia

N°	Sigla Provincia	Località	Altitudine m	Latitudine		Longitudine	
				°	'	°	'
1	AG	Agrigento	230	37	18	13	35
2	AL	Alessandria	95	44	54	8	36
3	AN	Ancona	16	43	36	16	30
4	AO	Aosta	583	45	44	7	18
5	AP	Ascoli Piceno	154	42	51	13	34
6	AQ	L'Aquila	714	42	21	13	23
7	AR	Arezzo	246	43	27	11	52
8	AT	Asti	123	44	53	8	12
9	AV	Avellino	348	40	54	14	47
10	BA	Bari	5	41	08	16	50
11	BG	Bergamo	249	45	41	9	40
12	BL	Belluno	383	46	08	12	13
13	BN	Benevento	135	41	07	14	46
14	BO	Bologna	54	44	29	11	20
15	BR	Brindisi	15	40	38	17	56
16	BS	Brescia	149	45	32	10	12
17	BZ	Bolzano	262	46	29	11	21
18	CA	Cagliari	4	39	13	9	07
19	CB	Campobasso	701	41	33	14	40
20	CE	Caserta	68	41	04	14	19

ROBERTO RICCIU Laboratorio Integrato di

Progettazione Tecnologica (Modulo di

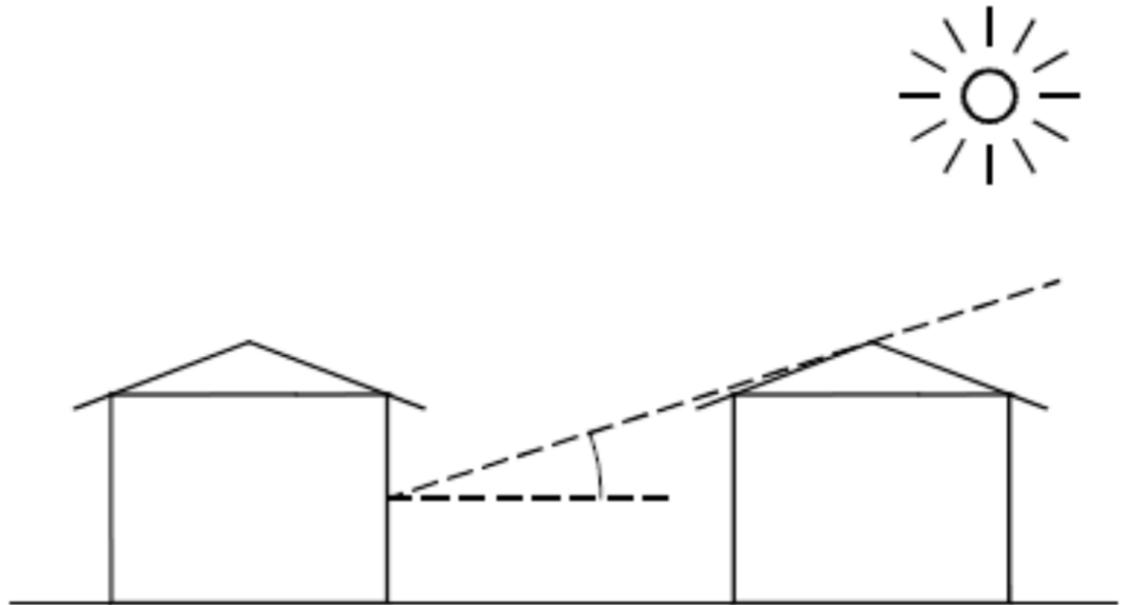
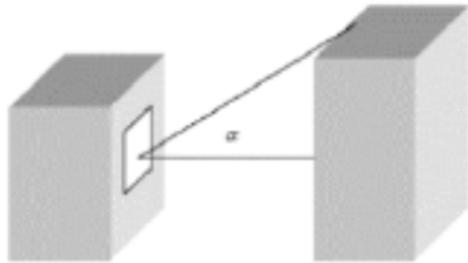
# Fattori di riduzione per ombreggiamento

prospetto D.1 **Fattore di ombreggiatura  $F_{hor}$  relativo ad ostruzioni esterne. Mese di GENNAIO**

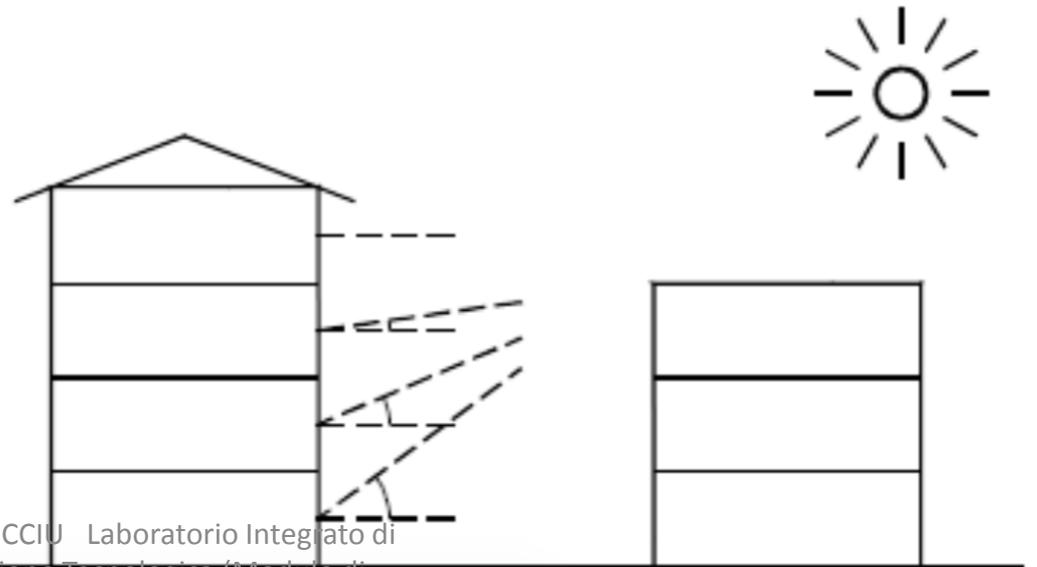
Angolo su orizzonte	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,97	0,86	0,83	0,95	0,85	0,83	0,94	0,83	0,83	0,93	0,81	0,83	0,91	0,80	0,83	0,88	0,76	0,83
20°	0,85	0,67	0,67	0,82	0,65	0,67	0,77	0,63	0,67	0,70	0,60	0,67	0,59	0,58	0,67	0,47	0,54	0,67
30°	0,46	0,47	0,52	0,34	0,45	0,52	0,25	0,44	0,52	0,15	0,44	0,52	0,09	0,44	0,52	0,05	0,39	0,52
40°	0,05	0,37	0,38	0,05	0,33	0,38	0,05	0,30	0,38	0,05	0,27	0,38	0,05	0,23	0,38	0,04	0,21	0,38

# Fattori di riduzione per ombreggiamento

## ALTEZZA DELL'ORIZZONTE



## IN QUESTO CASO NON ESISTE UN "APPARTAMENTO RAPPRESENTATIVO"



ROBERTO RICCIU Laboratorio Integrato di  
Progettazione Tecnologica (Modulo di

# Fattori di riduzione per ombreggiamento

$$F_{sh,ob} = F_{hor} \times F_{ov} \times F_{fin}$$

Ostruzioni esterne	$F_{hor}$
Aggetti orizzontali	$F_{ov}$
Aggetti verticali	$F_{fin}$

# Fattori di riduzione per ombreggiamento

$$F_{sh,ob} = F_{hor} \times F_{ov} \times F_{fin}$$

prospetto D.13 **Fattore di ombreggiatura  $F_{ov}$  relativo ad aggetti orizzontali. Mese di GENNAIO**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,85	0,85	0,80	0,86	0,85	0,80	0,87	0,86	0,80	0,88	0,87	0,80	0,89	0,87	0,80	0,90	0,88	0,80
45°	0,77	0,80	0,72	0,78	0,81	0,72	0,80	0,81	0,72	0,81	0,83	0,72	0,82	0,83	0,72	0,84	0,85	0,72
60°	0,66	0,77	0,65	0,68	0,77	0,65	0,70	0,78	0,65	0,72	0,80	0,65	0,74	0,81	0,65	0,77	0,83	0,65

# Fattori di riduzione per ombreggiamento

$$F_{sh,ob} = F_{hor} \times F_{ov} \times F_{fin}$$

prospetto D.25 **Fattore di ombreggiatura  $F_{fin}$  relativo ad aggetti verticali. Mese di GENNAIO**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,91	0,73	0,89	0,92	0,72	0,89	0,92	0,72	0,89	0,92	0,71	0,89	0,92	0,70	0,89	0,92	0,68	0,89
45°	0,86	0,60	0,85	0,86	0,59	0,85	0,86	0,59	0,85	0,87	0,57	0,85	0,87	0,56	0,85	0,87	0,54	0,85
60°	0,79	0,46	0,80	0,79	0,46	0,80	0,80	0,45	0,80	0,80	0,43	0,80	0,80	0,42	0,80	0,80	0,38	0,80

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob} A_{sol,k} I_{sol,k}$$

# Apporti solari su componenti trasparenti

$$A_{sol} = F_{sh,gl} g_{gl} (1 - F_f) A_{w,p}$$

# Apporti solari su componenti trasparenti

$$A_{sol} = F_{sh,gl} g_{gl} (1 - F_f) A_{w,p}$$

# Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)

## ○ L'area di captazione solare effettiva di un componente vetrato dell'involucro:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} g_{gl} (1 - F_F) A_{w,p}$$

$F_{sh,gl}$  è il fattore di riduzione degli apporti solari relativo all'utilizzo di schermature mobili;

$g_{gl}$  è la trasmittanza di energia solare della parte trasparente del componente;

$F_F$  è la frazione di area relativa al telaio, rapporto tra l'area proiettata del telaio e l'area proiettata totale del componente finestrato;

$A_{w,p}$  è l'area proiettata totale del componente vetrato (l'area del vano finestra).

## ○ L'area di captazione solare effettiva di una parte opaca dell'involucro edilizio:

$$A_{sol} = \alpha_{sol,c} R_{se} U_c A_c$$

dove:

$\alpha_{sol,c}$  è il fattore di assorbimento solare del componente opaco;

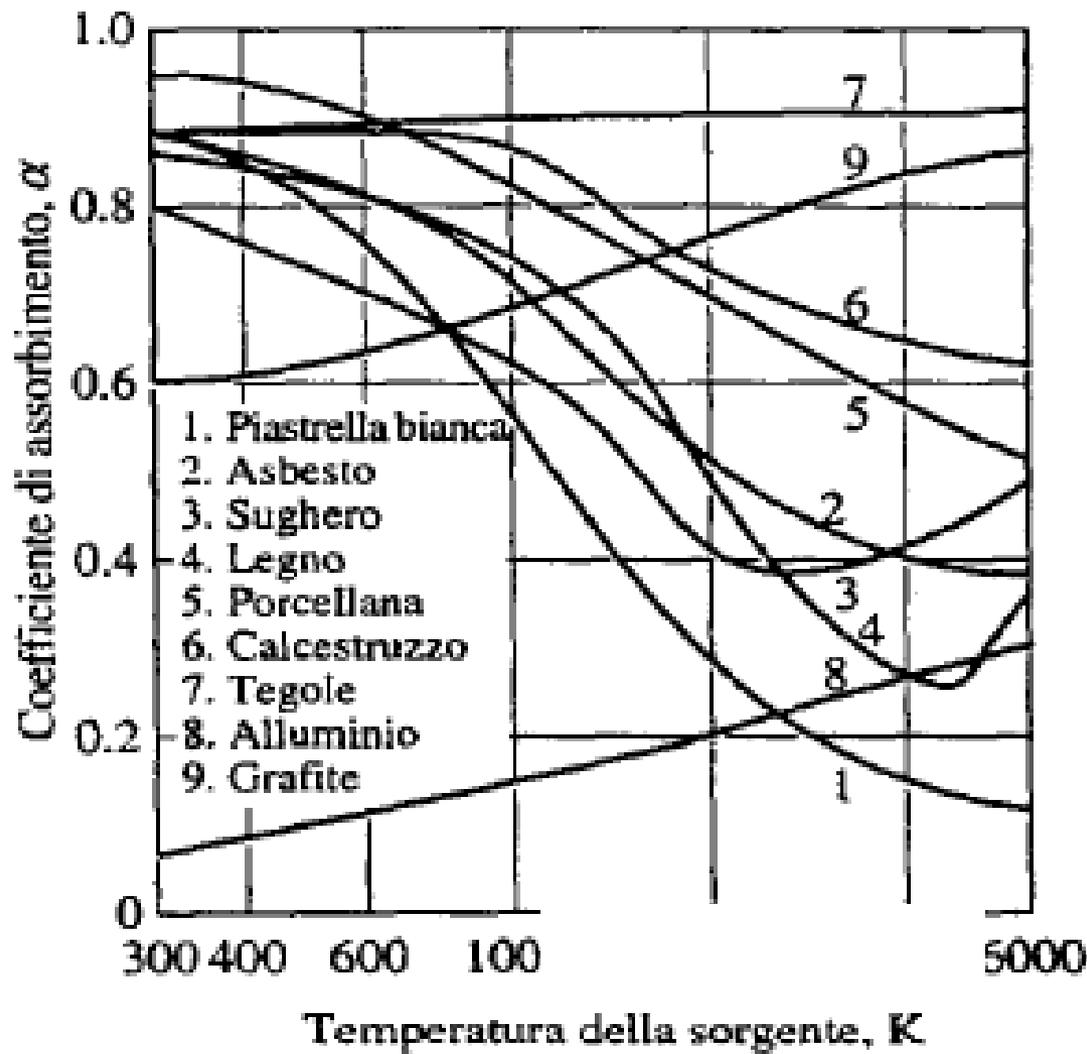
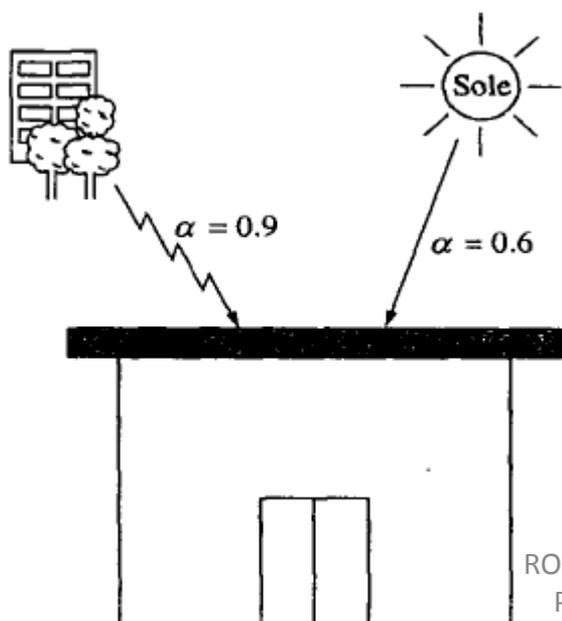
$R_{se}$  è la resistenza termica superficiale esterna del componente opaco, determinato secondo la UNI EN ISO 6946;

$U_c$  è la trasmittanza termica del componente opaco;

$A_c$  è l'area proiettata del componente opaco.

# Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)

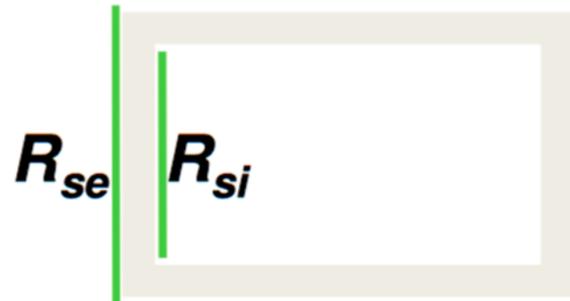
Il fattore  $\alpha_{sol}$  -  
*coefficiente di assorbimento*



ROBERTO RICCIU Laboratorio Integrato di  
 Progettazione Tecnologica (Modulo di

# Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)

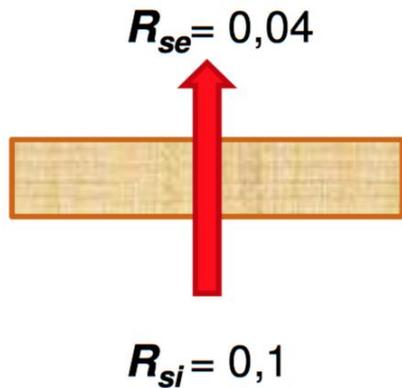
		Direzione del flusso termico		
		Ascendente	Orizzontale	Discendente
Resistenze superficiali	$R_{si}$	0,10	0,13	0,17
	$R_{se}$	0,04	0,04	0,04



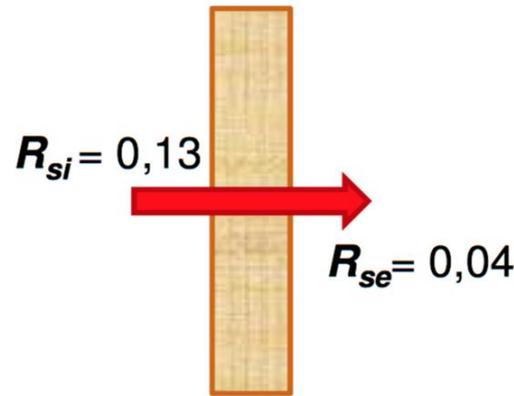
$R_{si}$  = resistenza termica superficiale interna

$R_{se}$  = resistenza termica superficiale esterna

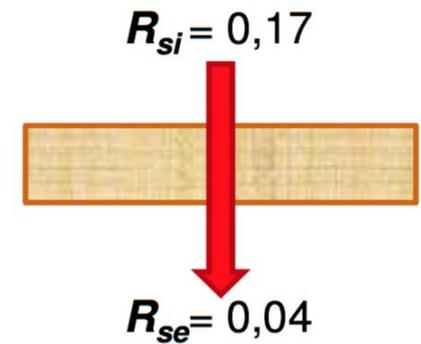
# Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)



Flusso  
ASCENDENTE



Flusso  
ORIZZONTALE



Flusso  
DISCENDENTE

# Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)

## Gestione delle schermature mobili

Il fattore di riduzione degli apporti solari relativo all'utilizzo di schermature mobili ( $F_{sh,gl}$ ) è ricavato come:

$$F_{sh,gl} = [(1 - f_{sh,with})g_{gl} + f_{sh,with}g_{gl+sh}] / g_{gl}$$

è la trasmittanza di energia solare totale della finestra, quando la schermatura solare non è utilizzata

è la frazione di tempo in cui la schermatura solare è utilizzata, pesata sull'irraggiamento solare incidente; essa dipende dal profilo dell'irradianza solare incidente sulla finestra e quindi dal clima, dalla stagione e dall'esposizione.

è la trasmittanza di energia solare totale della finestra, quando la schermatura solare è utilizzata;

# Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)

Tipo di vetro	$g_{g,n}$
Vetro singolo	0,85
Doppio vetro normale	0,75
Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo	0,67
Triplo vetro normale	0,70
Triplo vetro con doppio rivestimento basso-emissivo	0,50
Doppia finestra	0,75

$$F_f = \frac{A_{telaio}}{A_w} \rightarrow (1 - F_f) = 1 - \frac{A_{telaio}}{A_w} = \frac{A_w - A_{telaio}}{A_w} = \frac{A_{gl}}{A_w}$$

# Apporti solari su componenti trasparenti –Fattore Telaio



# Apporti termici solari (UNI/TS 11300-1)

Fattore di riduzione per le schermature mobili,  $f_{sh,with}$

Mese	Nord	Est	Sud	Ovest
1	0,00	0,52	0,81	0,39
2	0,00	0,48	0,82	0,55
3	0,00	0,66	0,81	0,63
4	0,00	0,71	0,74	0,62
5	0,00	0,71	0,62	0,64
6	0,00	0,75	0,56	0,68
7	0,00	0,74	0,62	0,73
8	0,00	0,75	0,76	0,72
9	0,00	0,73	0,82	0,67
10	0,00	0,72	0,86	0,60
11	0,00	0,62	0,84	0,30
12	0,00	0,50	0,86	0,42

ROBERTO RICCIU Laboratorio Integrato di  
Progettazione Tecnologica (Modulo di

$$g_{gl+sh}/g_{gl}$$

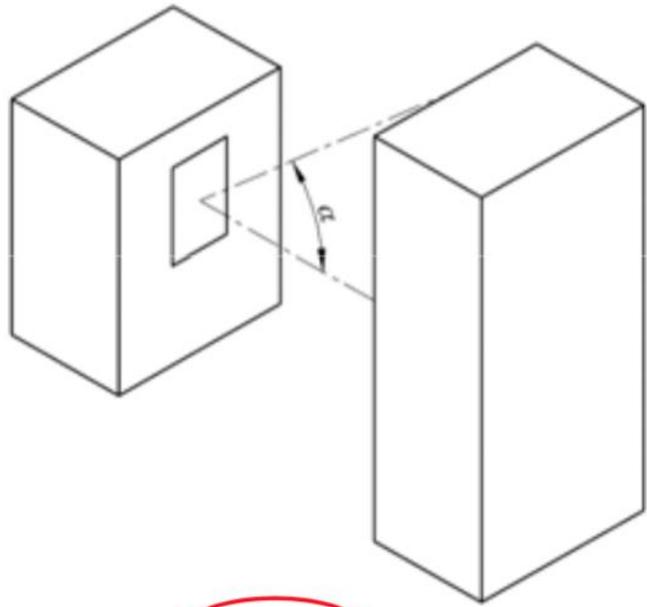
Tipo di tenda	Proprietà ottiche della tenda		Fattori di riduzione con	
	assorbimento	trasmissione	tenda interna	tenda esterna
Veneziane bianche	0,1	0,05	0,25	0,10
		0,1	0,30	0,15
		0,3	0,45	0,35
Tende bianche	0,1	0,5	0,65	0,55
		0,7	0,80	0,75
		0,9	0,95	0,95
Tessuti colorati	0,3	0,1	0,42	0,17
		0,3	0,57	0,37
		0,5	0,77	0,57
Tessuti rivestiti di alluminio	0,2	0,05	0,20	0,08



# Fattore di ombreggiatura: ostruzione esterna

(UNI/TS 11300-1, Appendice D)

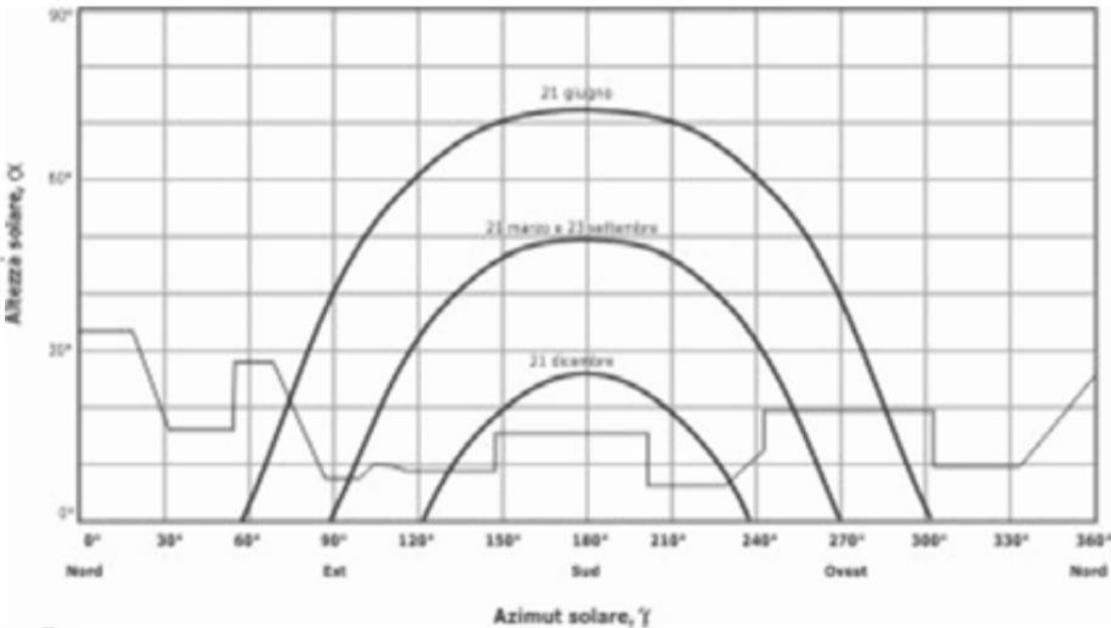
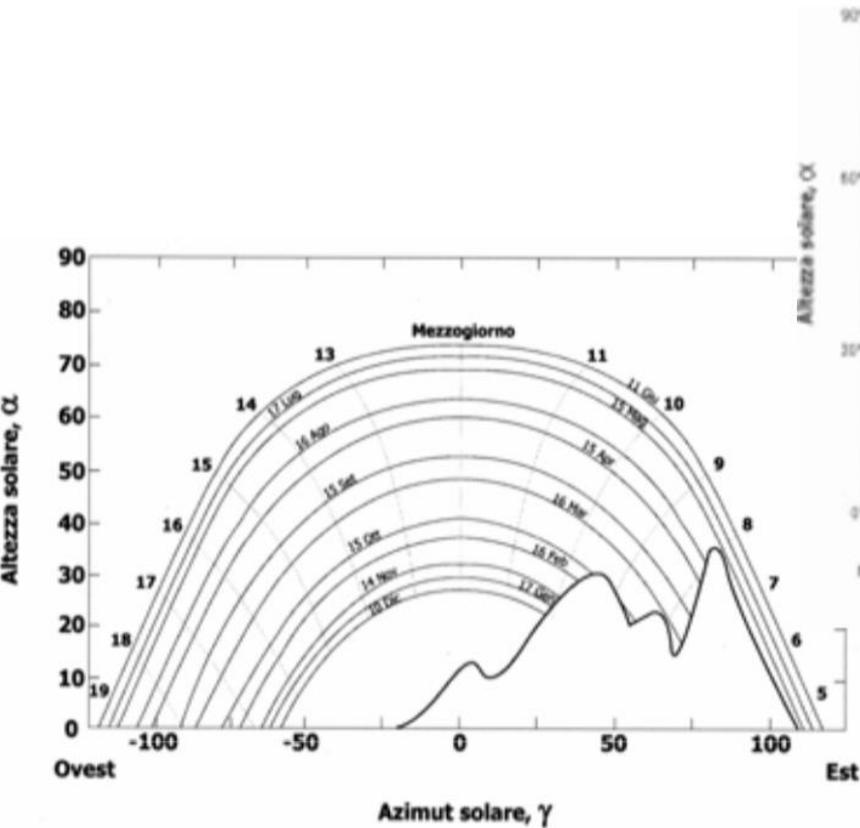
Esempi: edifici prospicienti, rilievi, vegetazione, ecc.



prospetto D.1 **Fattore di ombreggiatura  $F_{hor}$  relativo ad ostruzioni esterne. Mese di GENNAIO**

Angolo su orizzonte	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,97	0,86	0,83	0,95	0,85	0,83	0,94	0,83	0,83	0,93	0,81	0,83	0,91	0,80	0,83	0,88	0,76	0,83
20°	0,85	0,67	0,67	0,82	0,65	0,67	0,77	0,63	0,67	0,70	0,60	0,67	0,59	0,58	0,67	0,47	0,54	0,67
30°	0,46	0,47	0,52	0,34	0,45	0,52	0,25	0,44	0,52	0,15	0,44	0,52	0,09	0,44	0,52	0,05	0,39	0,52
40°	0,05	0,37	0,38	0,05	0,33	0,38	0,05	0,30	0,38	0,05	0,27	0,38	0,05	0,23	0,38	0,04	0,21	0,38

# Fattore di ombreggiatura: ostruzione esterna



## Bussola + Clinometro



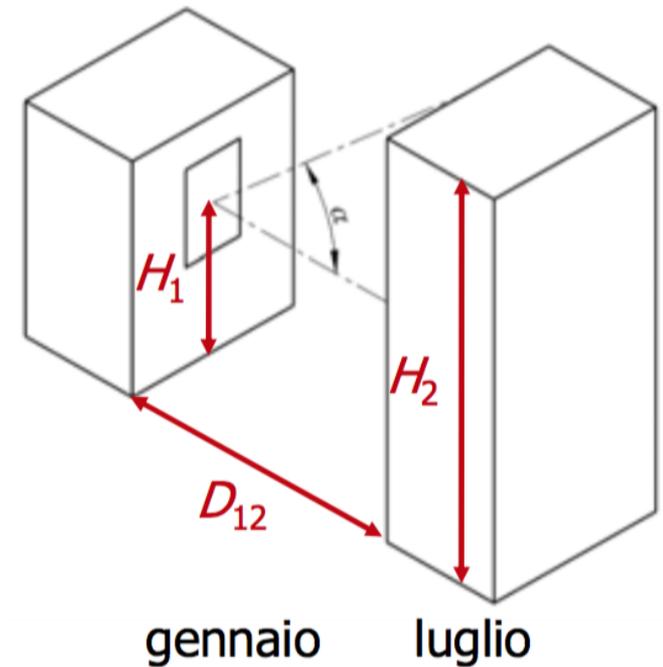
ROBERTO RICCIU Laboratorio Integrato di Progettazione Tecnologica (Modulo di Termofisica dell'edificio) A.A. 2019-20



# Fattore di ombreggiatura: ostruzione esterna

## Esempio:

- località: Bologna (44° 29')
- finestra su prospetto **sud**, al **piano terra** ( $H_1=2.10\text{m}$  su piano di campagna)
- edificio prospiciente a distanza minima di legge ( $D_{12}=10\text{m}$ )
- edificio prospiciente con tre piani fuori terra, incluso pianterreno ( $H_2=10.30\text{m}$ )



$$\alpha = \arctan\left(\frac{H_2 - H_1}{D_{12}}\right) \cong 39^\circ$$

$$F_{\text{sh,ob,gennaio}} = 0.05$$

$$F_{\text{sh,ob,luglio}} = 0.66$$

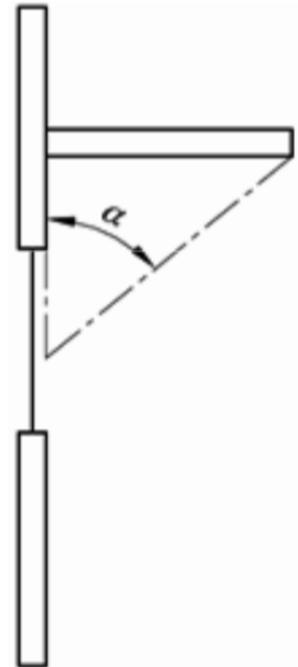
Angolo su orizzonte	44° N latitudine			44° N latitudine		
	S	E/O	N	S	E/O	N
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,91	0,80	0,83	0,91	0,86	0,82
20°	0,59	0,58	0,67	0,82	0,71	0,63
30°	0,09	0,44	0,52	0,74	0,55	0,52
40°	0,05	0,23	0,38	0,66	0,38	0,41

ROBERTO RICCIU Laboratorio Integrato di Progettazione Tecnologica (Modulo di

# Fattore di ombreggiatura: aggetti orizzontali

(UNI/TS 11300-1, Appendice D)

Esempi: solai di balconi, pensiline, cornicioni, cornici finestre, tendaggi esterni, brise-soleil, ecc.



prospetto D.19

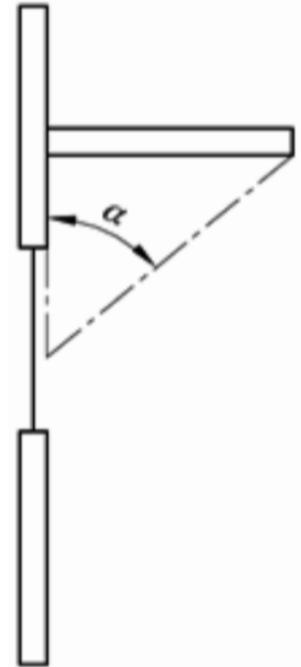
Fattore di ombreggiatura  $F_{ov}$  relativo ad aggetti orizzontali. Mese di **LUGLIO**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,60	0,76	0,83	0,58	0,77	0,83	0,59	0,77	0,83	0,61	0,78	0,83	0,63	0,78	0,83	0,65	0,78	0,82
45°	0,55	0,65	0,77	0,53	0,66	0,78	0,52	0,66	0,77	0,53	0,67	0,77	0,52	0,68	0,77	0,53	0,68	0,76
60°	0,50	0,53	0,72	0,49	0,54	0,73	0,48	0,55	0,72	0,49	0,55	0,71	0,48	0,56	0,71	0,49	0,57	0,70

# Fattore di ombreggiatura: aggetti orizzontali

(UNI/TS 11300-1, Appendice D)

Esempi: solai di balconi, pensiline, cornicioni, cornici finestre, tendaggi esterni, brise-soleil, ecc.



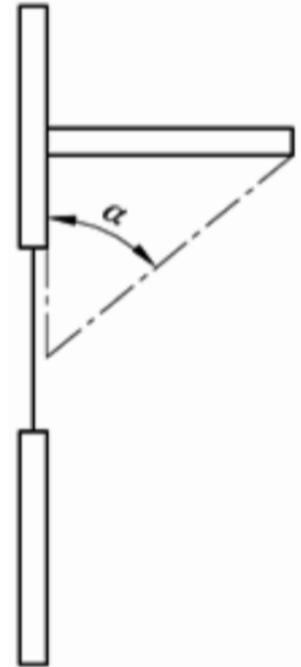
prospetto D.13 **Fattore di ombreggiatura  $F_{ov}$  relativo ad aggetti orizzontali. Mese di GENNAIO**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,85	0,85	0,80	0,86	0,85	0,80	0,87	0,86	0,80	0,88	0,87	0,80	0,89	0,87	0,80	0,90	0,88	0,80
45°	0,77	0,80	0,72	0,78	0,81	0,72	0,80	0,81	0,72	0,81	0,83	0,72	0,82	0,83	0,72	0,84	0,85	0,72
60°	0,66	0,77	0,65	0,68	0,77	0,65	0,70	0,78	0,65	0,72	0,80	0,65	0,74	0,81	0,65	0,77	0,83	0,65

# Fattore di ombreggiatura: aggetti orizzontali

(UNI/TS 11300-1, Appendice D)

Esempi: solai di balconi, pensiline, cornicioni, cornici finestre, tendaggi esterni, brise-soleil, ecc.



prospetto D.13 **Fattore di ombreggiatura  $F_{ov}$  relativo ad aggetti orizzontali. Mese di GENNAIO**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,85	0,85	0,80	0,86	0,85	0,80	0,87	0,86	0,80	0,88	0,87	0,80	0,89	0,87	0,80	0,90	0,88	0,80
45°	0,77	0,80	0,72	0,78	0,81	0,72	0,80	0,81	0,72	0,81	0,83	0,72	0,82	0,83	0,72	0,84	0,85	0,72
60°	0,66	0,77	0,65	0,68	0,77	0,65	0,70	0,78	0,65	0,72	0,80	0,65	0,74	0,81	0,65	0,77	0,83	0,65

# Fattore di ombreggiatura: oggetti orizzontali

## Esempio:

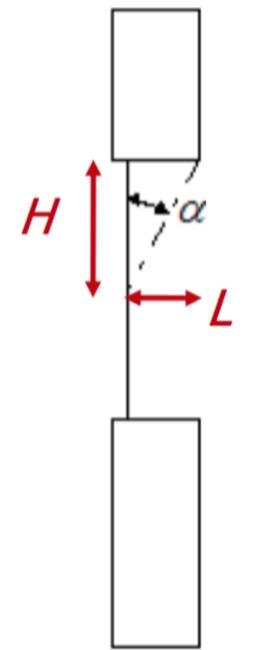
- località: Bologna (44° 29')
- finestra su prospetto sud ( $H=0.80$  m)
- **architrave** di finestra a filo interno su **muro due teste** ( $L=0.15$ m, distanza tra piano del vetro e superficie esterna della parete)

$$\alpha = \arctan\left(\frac{L}{H}\right) \cong 11^\circ$$

$$F_{sh,ob} = F_{sh,ob,0^\circ} + (F_{sh,ob,30^\circ} - F_{sh,ob,0^\circ}) \times \frac{\alpha - 0^\circ}{30^\circ - 0^\circ}$$

$$F_{sh,ob,gennaio} = 0.96$$

$$F_{sh,ob,luglio} = 0.87$$



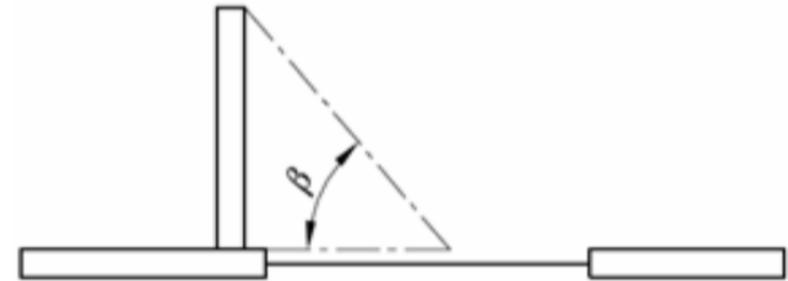
gennaio      luglio

Angolo	44° N latitudine			44° N latitudine		
	S	E/O	N	S	E/O	N
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,89	0,87	0,80	0,63	0,78	0,83
45°	0,82	0,83	0,72	0,52	0,68	0,77
60°	0,74	0,81	0,65	0,48	0,56	0,71

# Fattore di ombreggiatura: aggetti verticali

(UNI/TS 11300-1, Appendice D)

Esempi: elementi architettonici, cornici finestre, brise-soleil, ecc.



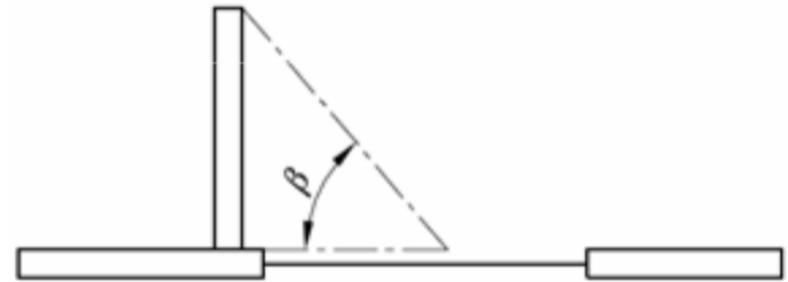
prospetto D.31 **Fattore di ombreggiatura  $F_{fin}$  relativo ad aggetti verticali. Mese di LUGLIO**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,89	0,94	0,82	0,89	0,94	0,82	0,89	0,93	0,82	0,88	0,93	0,83	0,88	0,92	0,83	0,88	0,92	0,84
45°	0,86	0,92	0,76	0,86	0,91	0,76	0,86	0,91	0,76	0,85	0,90	0,77	0,85	0,89	0,77	0,85	0,88	0,78
60°	0,83	0,89	0,73	0,83	0,89	0,72	0,83	0,88	0,73	0,82	0,87	0,73	0,82	0,87	0,73	0,82	0,85	0,74

# Fattore di ombreggiatura: aggetti verticali

(UNI/TS 11300-1, Appendice D)

Esempi: elementi architettonici, brise soleil, cornici finestre, ecc.



prospetto D.25

Fattore di ombreggiatura  $F_{fin}$  relativo ad aggetti verticali. Mese di **GENNAIO**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,91	0,73	0,89	0,92	0,72	0,89	0,92	0,72	0,89	0,92	0,71	0,89	0,92	0,70	0,89	0,92	0,68	0,89
45°	0,86	0,60	0,85	0,86	0,59	0,85	0,86	0,59	0,85	0,87	0,57	0,85	0,87	0,56	0,85	0,87	0,54	0,85
60°	0,79	0,46	0,80	0,79	0,46	0,80	0,80	0,45	0,80	0,80	0,43	0,80	0,80	0,42	0,80	0,80	0,38	0,80

# Fattore di ombreggiatura: aggetti verticali

## Esempio:

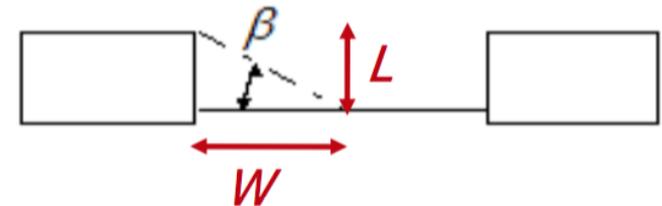
- località: Bologna (44° 29')
- finestra su prospetto sud ( $W=0.55$  m)
- **spalla** di finestra a filo interno su **muro due teste** (0.25m, distanza tra piano del vetro e superficie esterna della parete  $L=0.15$ m)

$$\alpha = \arctan\left(\frac{L}{W}\right) \cong 15^\circ$$

$$F_{sh,ob} = F_{sh,ob,0^\circ} + \left(F_{sh,ob,30^\circ} - F_{sh,ob,0^\circ}\right) \times \frac{\alpha - 0^\circ}{30^\circ - 0^\circ}$$

$$F_{sh,ob,gennaio} = 0.96$$

$$F_{sh,ob,luglio} = 0.94$$

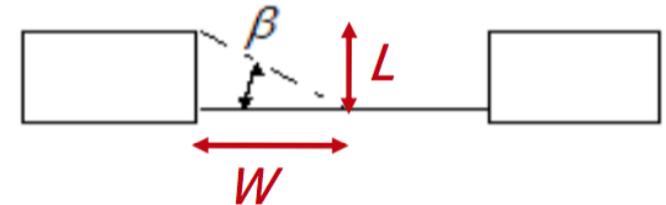


Angolo	gennaio			luglio		
	44° N latitudine			44° N latitudine		
	S	E/O	N	S	E/O	N
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,92	0,70	0,89	0,88	0,92	0,83
45°	0,87	0,56	0,85	0,85	0,89	0,77
60°	0,80	0,42	0,80	0,82	0,87	0,73

# Fattore di ombreggiatura: aggetti verticali

## Esempio:

- località: Bologna (44° 29')
- finestra su prospetto sud (W=0.55 m)
- **spalla** di finestra a filo interno su **muro con spessore elevato** (0.55m, distanza tra piano del vetro e sup. esterna della parete L=0.40m)



$$\alpha = \arctan\left(\frac{L}{W}\right) \cong 36^\circ$$

$$F_{sh,ob} = F_{sh,ob,30^\circ} + (F_{sh,ob,45^\circ} - F_{sh,ob,30^\circ}) \times \frac{\alpha - 30^\circ}{45^\circ - 30^\circ}$$

$$F_{sh,ob,gennaio} = 0.90$$

$$F_{sh,ob,luglio} = 0.87$$

gennaio      luglio

Angolo	44° N latitudine			44° N latitudine		
	S	E/O	N	S	E/O	N
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,92	0,70	0,89	0,88	0,92	0,83
45°	0,87	0,56	0,85	0,85	0,89	0,77
60°	0,80	0,42	0,80	0,82	0,87	0,73

# Fattore di ombreggiatura: complessivo

## Esempio:

- località: Bologna (44° 29')
- finestra su prospetto sud, al **secondo piano** fuori terra
- **edificio prospiciente** a distanza minima di legge (10m) e con tre piani fuori terra
- **architrave e spalle** di finestra a filo interno su **muro con spessore elevato** ( $L=0.40\text{m}$ , distanza tra piano del vetro e superficie esterna della parete)
- Ombreggiamenti da edificio prospiciente, architrave e (due) spalle finestra:

$$F_{\text{sh,ob,k}} = F_{\text{hor}} \times F_{\text{ov}} \times F_{\text{fin}}$$

$$F_{\text{sh,ob,gennaio}} = 0.75 \times 0.90 \times 0.90 (\times 2) = 0.55$$

$$F_{\text{sh,ob,luglio}} = 0.87 \times 0.67 \times 0.87 (\times 2) = 0.44$$

# Telaio serramento (UNI TS 11300-1)

$$Q_{\text{sol}} = \left\{ \left[ \sum_k \Phi_{\text{sol,mn,k}} \right] + \left[ \sum_j (1 - b_{\text{tr,x}}) \times \Phi_{\text{sol,mn,x,j}} \right] \right\} \times t$$

$$\Phi_{\text{sol,mn,k}} = F_{\text{sh,ob,k}} \times A_{\text{sol,k}} \times I_{\text{sol,mn,k}}$$

$$A_{\text{sol,k}} = g_{\text{gl,k}} \times F_{\text{sh,gl,k}} \times (1 - F_{\text{F,k}}) \times A_{\text{w,p,k}}$$

In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, si può assumere un valore convenzionale della **frazione di area relativa al telaio**  $F_{\text{F,k}}$  pari al 20%, tale che:

$$(1 - F_{\text{F,k}}) = 0.8 \quad \Leftrightarrow \quad F_{\text{F,k}} = 0.2$$

I nuovi serramenti vedono generalmente un incremento, rispetto al passato, della **frazione di area relativa al telaio**.

ROBERTO RICCIU Laboratorio Integrato di

Progettazione Tecnologica (Modulo di

# Trasmittanza solare (UNI TS 11300-1)

$$Q_{\text{sol}} = \left\{ \left[ \sum_k \Phi_{\text{sol,mn,k}} \right] + \left[ \sum_j (1 - b_{\text{tr,x}}) \times \Phi_{\text{sol,mn,x,j}} \right] \right\} \times t$$

$$\Phi_{\text{sol,mn,k}} = F_{\text{sh,ob,k}} \times A_{\text{sol,k}} \times I_{\text{sol,mn,k}}$$

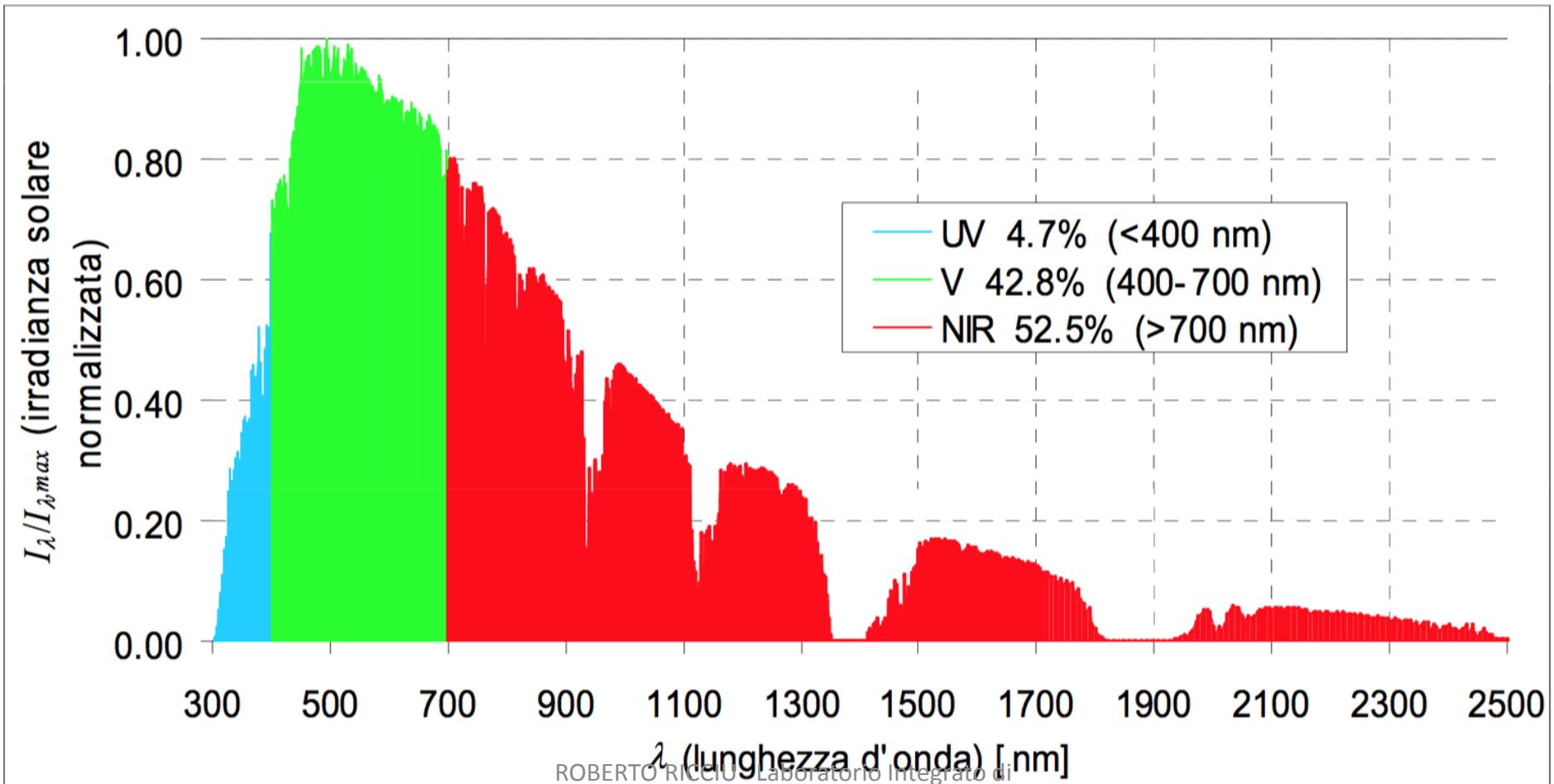
$$A_{\text{sol,k}} = g_{\text{gl,k}} \times F_{\text{sh,gl,k}} \times (1 - F_{\text{F,k}}) \times A_{\text{w,p,k}}$$

La **trasmittanza solare**  $g_{\text{gl,k}}$  della parte trasparente del componente vetrato k-esimo può essere ricavata moltiplicando i valori **di trasmittanza solare per incidenza normale** ( $g_{\text{gl,n}}$ ) per un fattore di esposizione ( $F_w$ ) assunto pari a 0.9.

$$g_{\text{gl,k}} = g_{\text{gl,n}} \times F_w$$

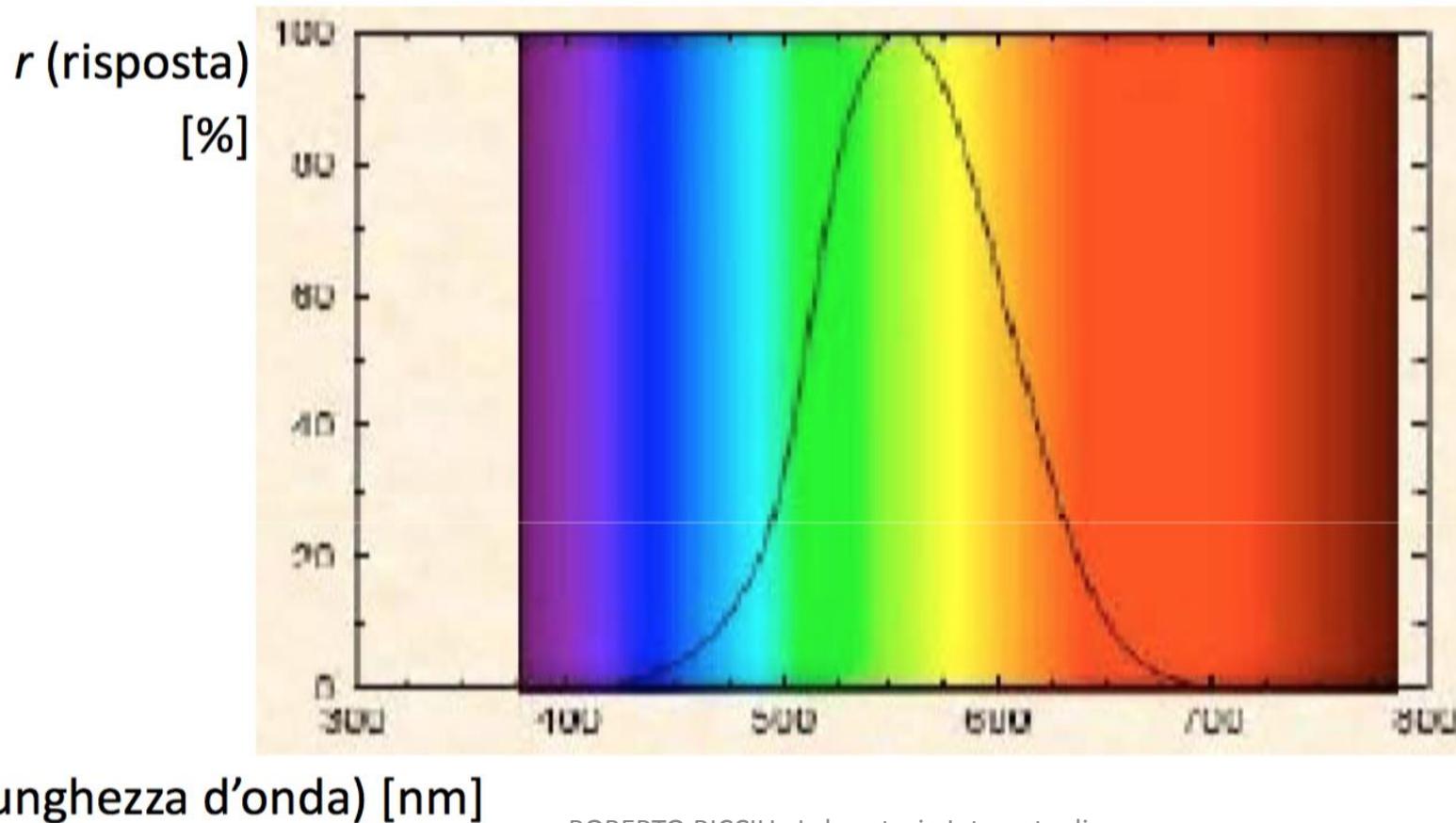
# Irradianza solare

## Spettro (normalizzato) standard dell'irradianza solare alla superficie terrestre



ROBERTO RICCIU - Laboratorio Integrato di  
Progettazione Tecnologica (Modulo di

## Curva di risposta dell'occhio umano in funzione della lunghezza d'onda



$\lambda$  (lunghezza d'onda) [nm]

ROBERTO RICCIU Laboratorio Integrato di  
Progettazione Tecnologica (Modulo di

# Trasmittanza ottica

ove

$$\lambda_0 = 555 \text{ nm}, \Delta\lambda_0 = 83 \text{ nm}$$

$$r(\lambda) = \exp\left[-2 \times \frac{(\lambda - \lambda_0)^2}{\Delta\lambda_0^2}\right]$$

come:

$$T_{\text{opt}} = \frac{\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \tau(\lambda) \times r(\lambda) \times I_{\lambda, \text{sol}} \times d\lambda}{\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} r(\lambda) \times I_{\lambda, \text{sol}} \times d\lambda}$$

ove

$$\lambda_{\min} = 380 \text{ nm}, \lambda_{\max} = 780 \text{ nm}$$

# Trasmittanza solare diretta

$$T_{\text{sol}} = \frac{\int_{\lambda_{\text{min}}}^{\lambda_{\text{max}}} \tau(\lambda) \times I_{\lambda, \text{sol}} \times d\lambda}{\int_{\lambda_{\text{min}}}^{\lambda_{\text{max}}} I_{\lambda, \text{sol}} \times d\lambda}$$

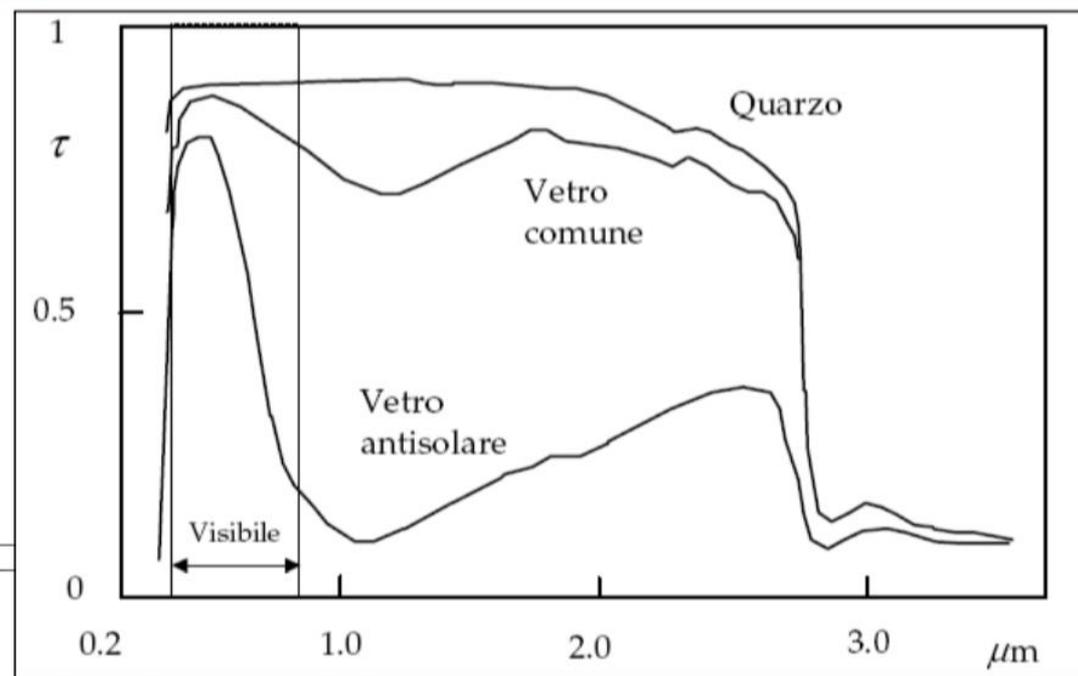
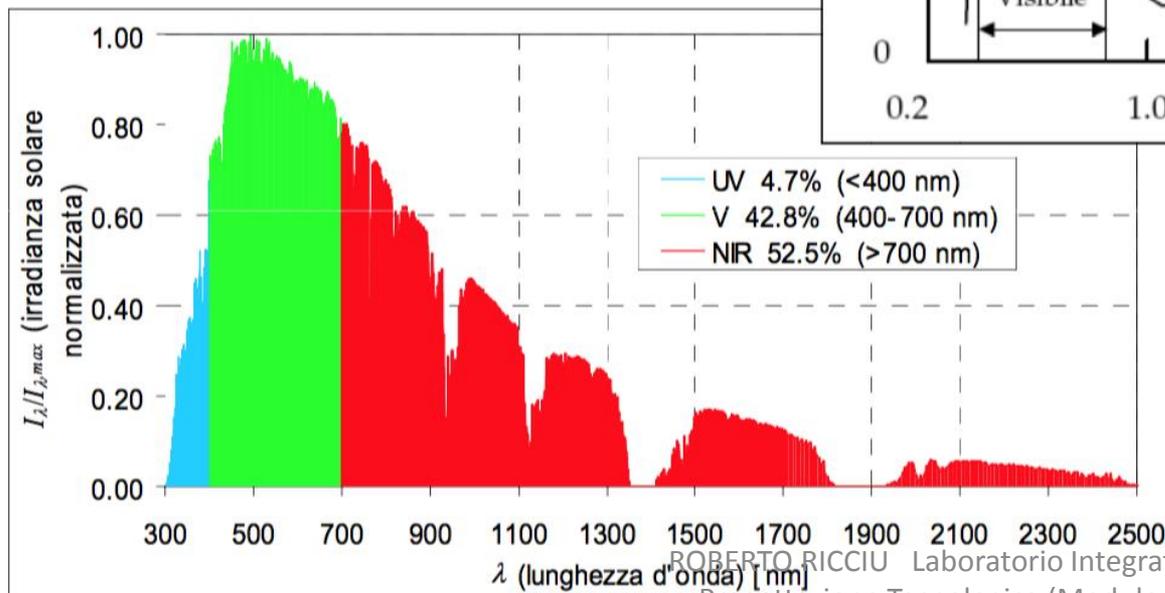
ove

$$\lambda_{\text{min}} = 300 \text{ nm}, \lambda_{\text{max}} = 2500 \text{ nm}$$

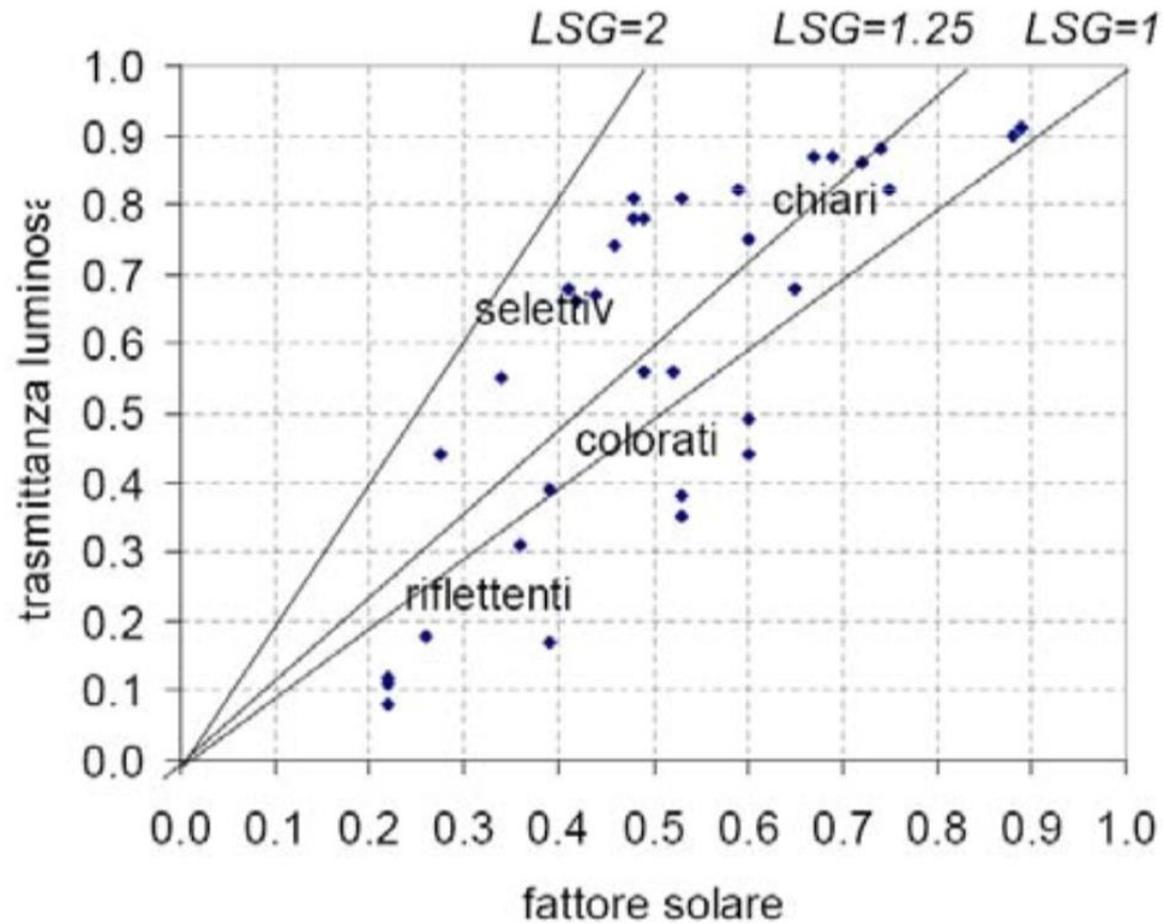
# Trasmittanza solare (totale o fattore solare)

Tipo di vetro	$g_{gl,n}$
Vetro singolo	0,85
Doppio vetro normale	0,75
Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo	0,67
Triplo vetro normale	0,70
Triplo vetro con doppio rivestimento basso-emissivo	0,50
Doppia finestra	0,75

# Vetri antisolari selettivi



# Indice di selettività spettrale ( $LSG = T_{opt}/g_{sol,n}$ )

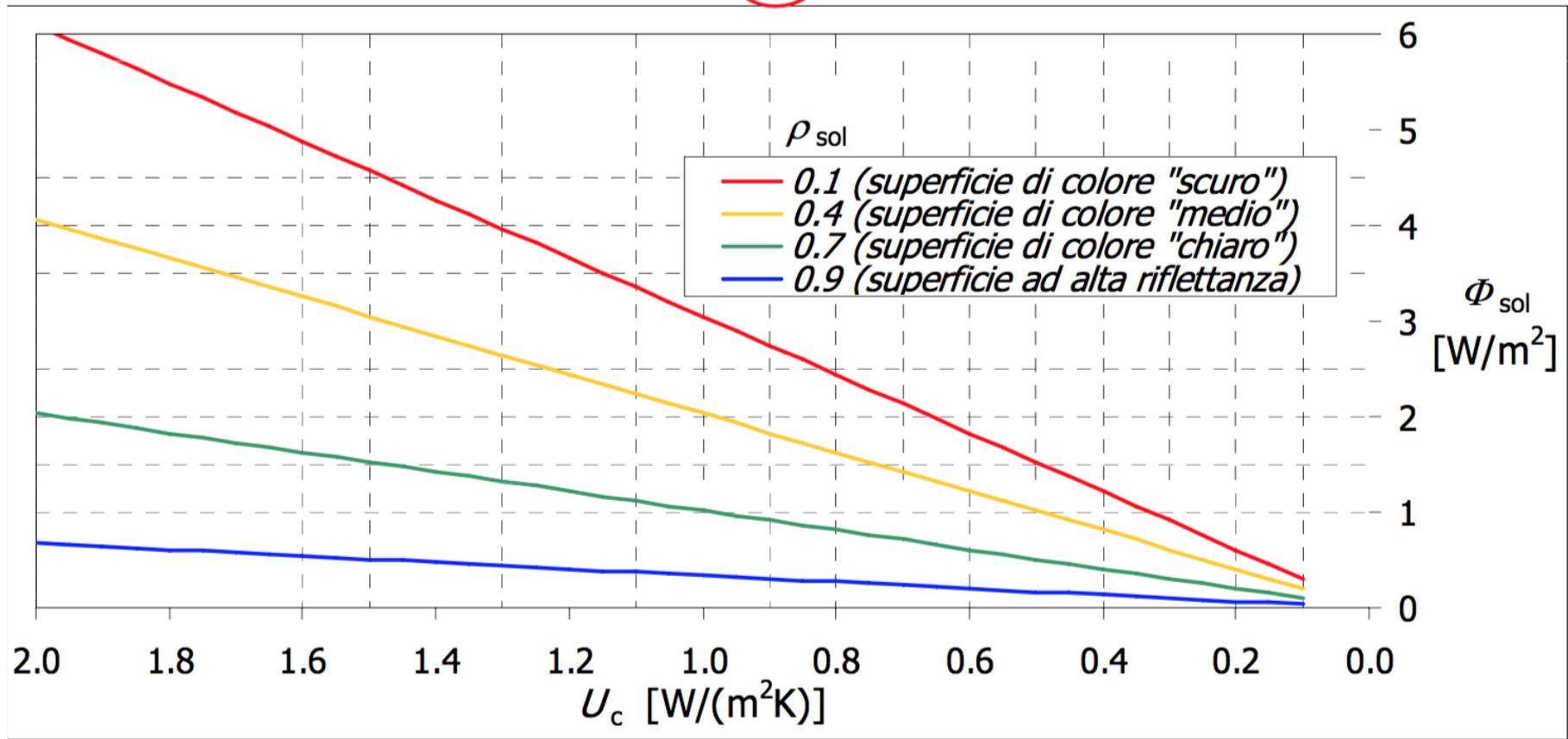


(vetri signoli)

ROBERTO RICCIU Laboratorio Integrato di Progettazione Tecnologica (Modulo di

# Apporti solari invernali (medi giornalieri)

$$Q_{sol,k} = A_{c,k} \times U_{c,k} \times \left[ \frac{F_{sh,ob,k} \times (1 - \rho_{sol,k}) \times I_{sol,mn,k}}{(4 + 4 \times v) + \varepsilon_{ter,k} \times 4 \times \sigma_0 \times T_{me,k}^3} \right] \times t \equiv A_{c,k} \times \Phi_{sol,k} \times t$$

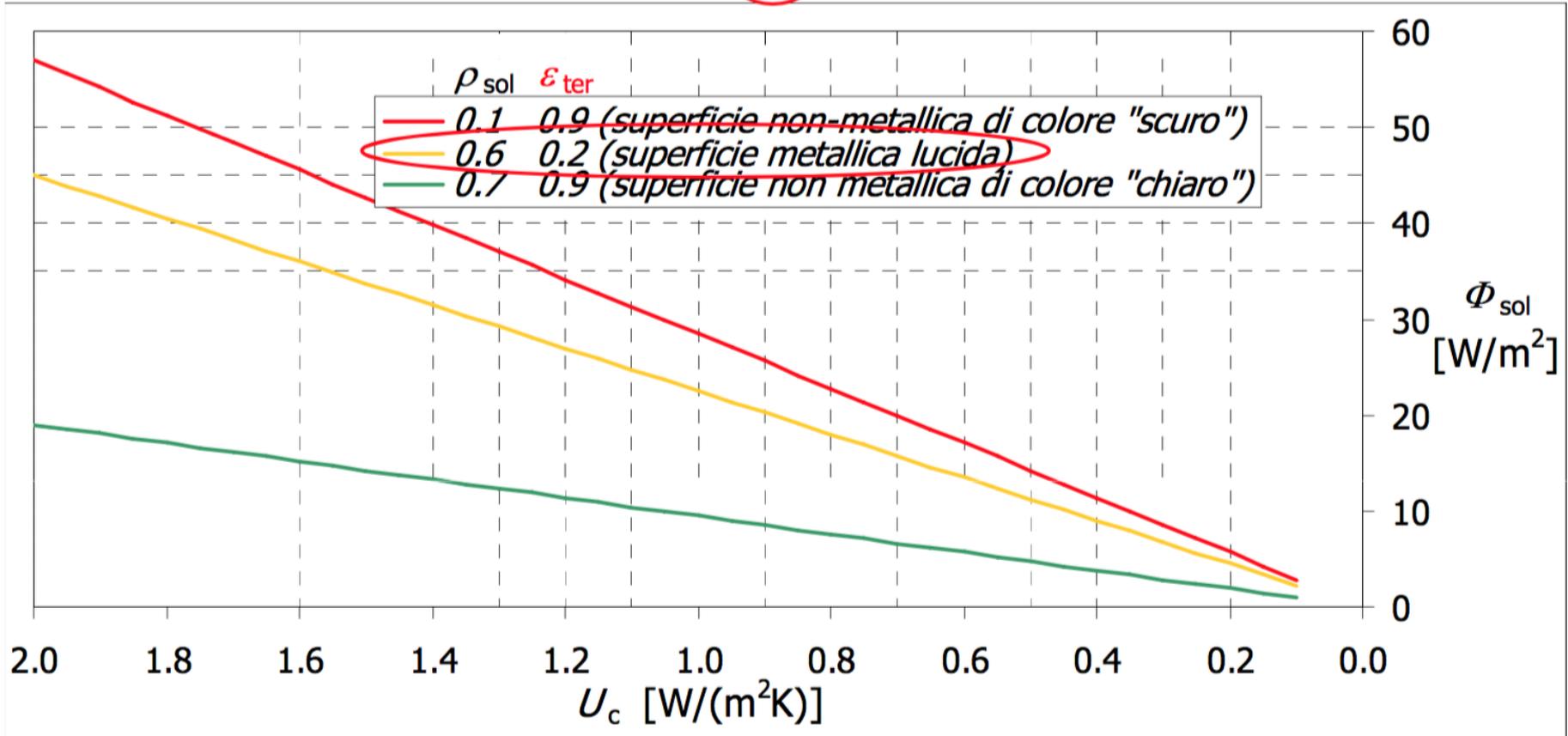


Modena, superficie orizzontale, mese di gennaio,  $v=1.6$  m/s,  $e_{ter}=0.9$

ROBERTO RICCIU Laboratorio Integrato di Progettazione Tecnologica (Modulo di

# Superfici non metalliche e metalliche

$$Q_{sol,k} = A_{c,k} \times U_{c,k} \times \left[ \frac{F_{sh,ob,k} \times (1 - \rho_{sol,k}) \times I_{sol,mn,k}}{(4 + 4 \times v) + \epsilon_{ter,k} \times 4 \times \sigma_0 \times T_{me,k}^3} \right] \times t \equiv A_{c,k} \times \Phi_{sol,k} \times t$$



Modena, superficie orizzontale, mese di luglio, v=0 m/s

**FINE**