

Controllo ambientale del progetto

L'ambiente e i fattori di influenza del bilancio energetico

Lezione 22/09/2022



Prof. Arch. Silvia Brunoro

silvia.brunoro@unife.it

Il bilancio energetico rappresenta la quantificazione di energia complessiva (termica, elettrica) utilizzata in un sistema (edificio, impianto, città) in cui si analizzano i contributi energetici delle diverse fonti di alimentazione utilizzate per soddisfare i diversi usi dell'utenza (riscaldamento, raffrescamento, illuminazione, forza motrice).

IL bilancio energetico è il calcolo dei flussi inerenti un edificio.

Il bilancio energetico viene eseguito allo scopo di determinare il **FABBISOGNO ENERGETICO** dell'edificio (calore, elettricità ecc.) che rappresenta la differenza tra perdite e guadagni.

Il fabbisogno energetico risulta essere la sommatoria del **fabbisogno termico** (riscaldamento, raffrescamento, produzione di acqua calda) con l'aggiunta del **fabbisogno** energetico necessario per **l'illuminazione e per altri usi elettrici**.



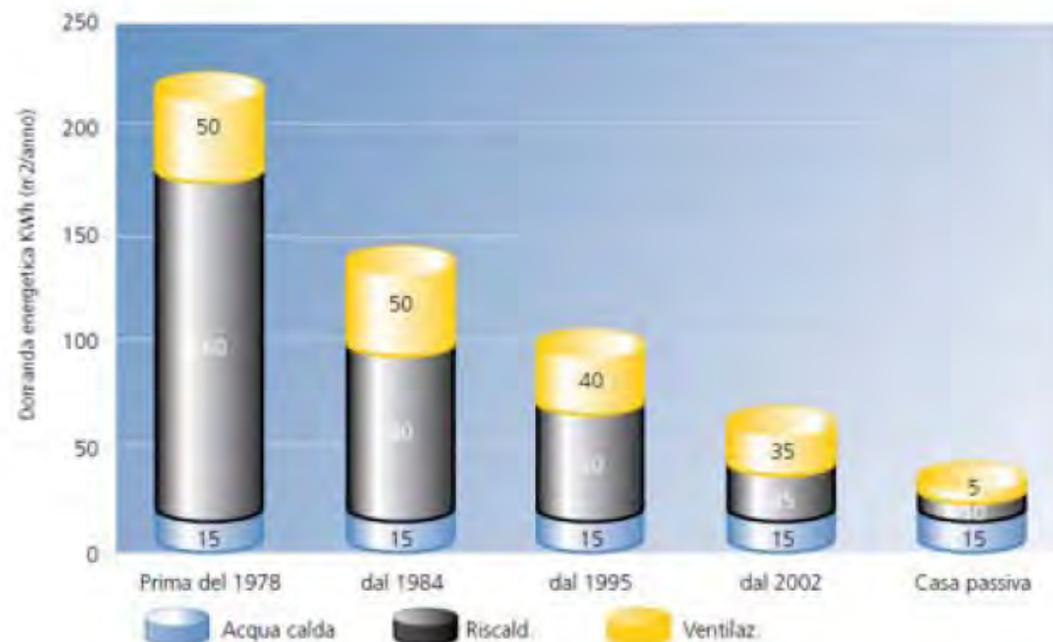


Attuazione della direttiva 2002/91/CE (Poi 2010/31/EU, oggi 2018/844/EU) relativa al rendimento energetico nell'edilizia

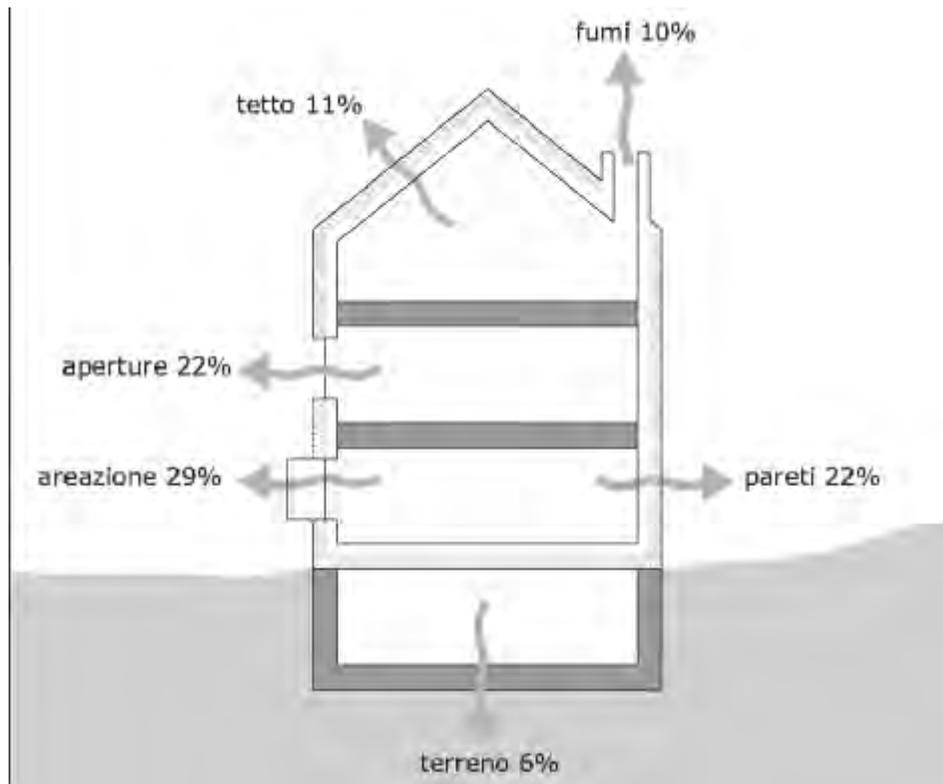
DECRETO REQUISITI MINIMI 26 06 2015

PRESTAZIONE ENERGETICA DI UN EDIFICIO

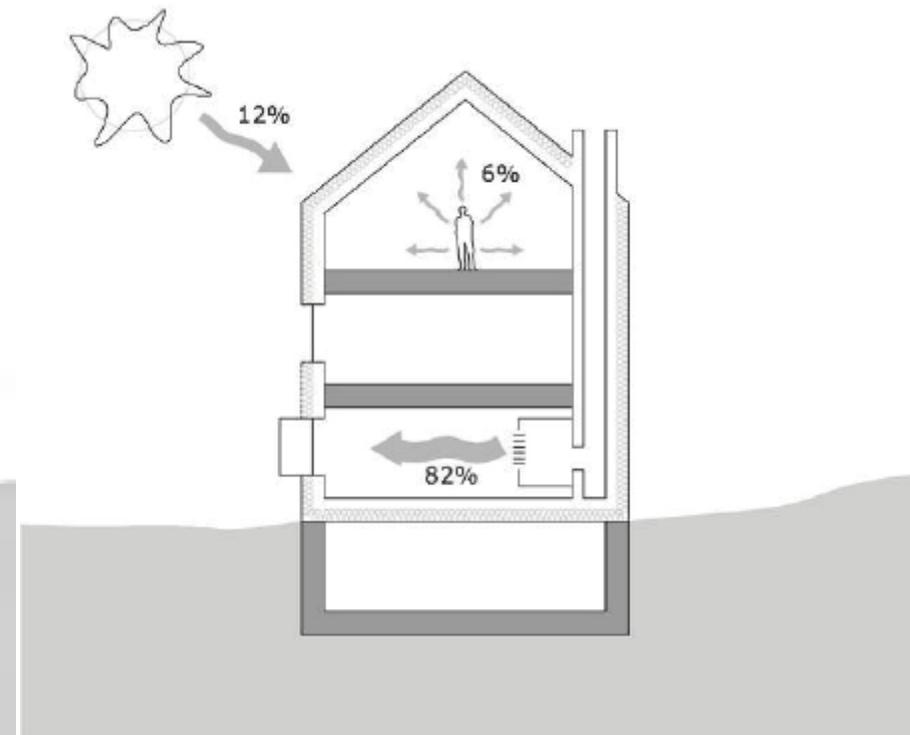
quantità annua di **ENERGIA PRIMARIA** effettivamente (o previsionale, cioè derivante da ipotesi progettuali) consumata per soddisfare le esigenze energetiche di un edificio in ordine di: 1. climatizzazione invernale 2. climatizzazione estiva, 3. ACS, 4. ventilazione, e, attualmente solo per il settore terziario, 5. illuminazione, 6. impianti di movimentazione (ascensori e scale mobili). Si misura in **kWh/m²/anno** → valutazione del comfort interno



DISPERSIONI di calore negli edifici



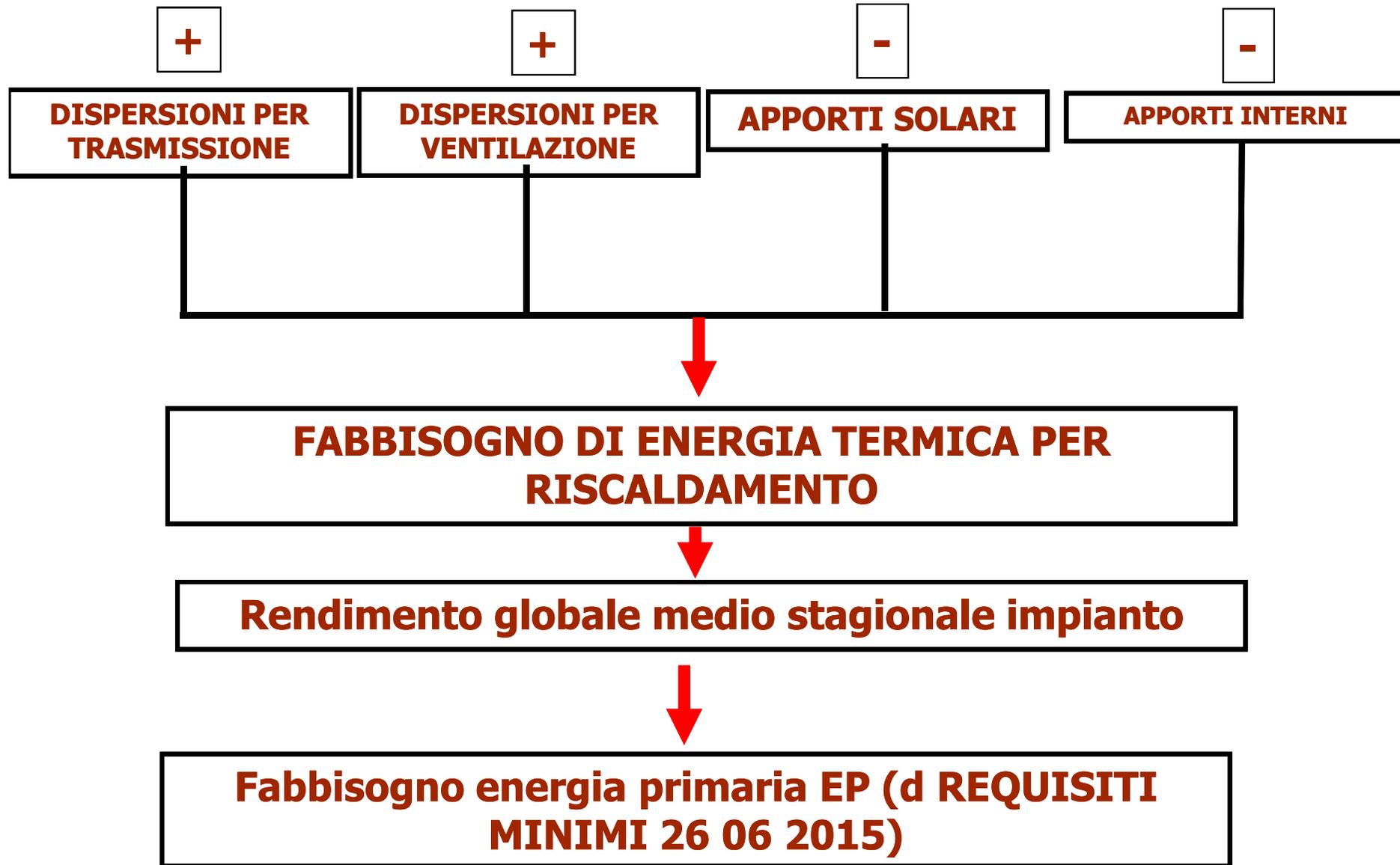
APPORTI di calore negli edifici



ENERGIA UTILE INVOLUCRO (DISPERSIONI PER TRASMISSIONE, DISPERSIONI PER VENTILAZIONE, APPORTI SOLARI E INTERNI)

$$Q_{id} = (Q_T + Q_V) - \dot{q}(Q_{AT} + Q_S)$$

BILANCIO ENERGETICO DI UN EDIFICIO

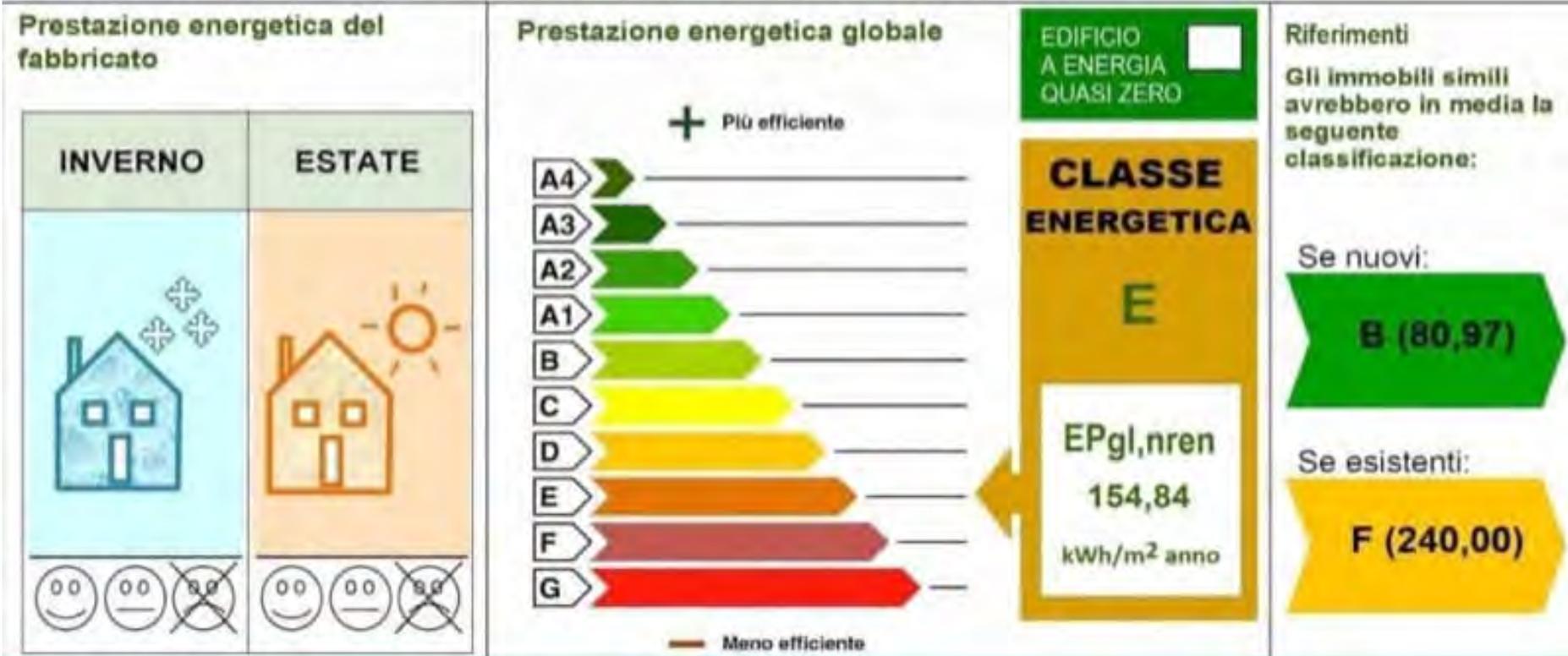


Servizi energetici presenti

- | | | |
|---|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/>  Climatizzazione invernale | <input type="checkbox"/>  Ventilazione meccanica | <input type="checkbox"/>  Illuminazione |
| <input type="checkbox"/>  Climatizzazione estiva | <input checked="" type="checkbox"/>  Prod. acqua calda sanitaria | <input type="checkbox"/>  Trasporto di persone o cose |

PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO

Questa sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.



EFFICIENZA ENERGETICA

MINOR DIPENDENZA ENERGETICA DA ALTRI PAESI

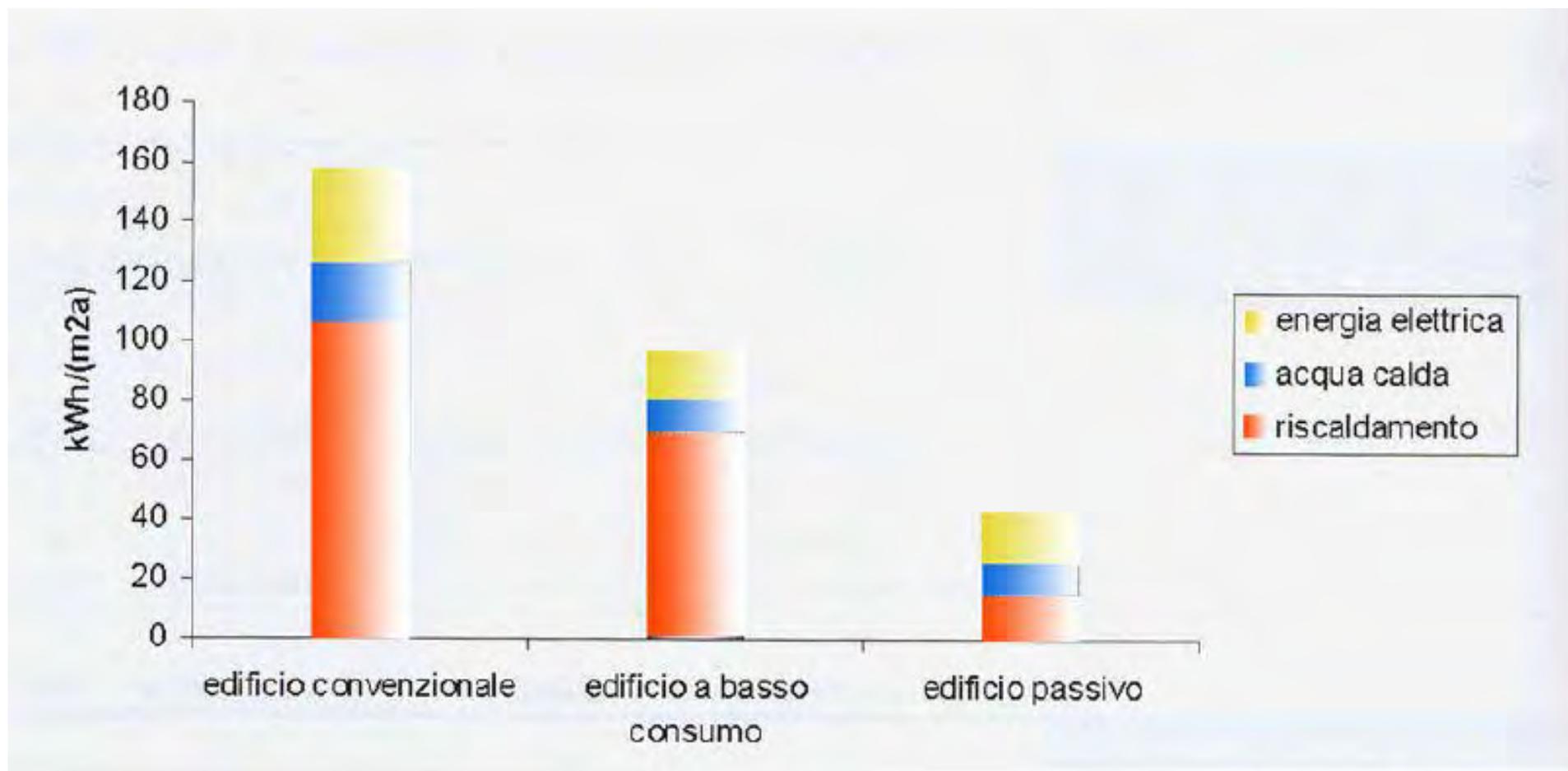
La dipendenza UE da fonti energetiche, senza correzioni, passerà dal 50% al 70% nel 2030

MINORI CONSUMI ENERGETICI DELLE FAMIGLIE

TUTELA DEL CLIMA E DELL'AMBIENTE

L'ultimo rapporto del WWF (Living Planet Report 2006), comunica che stiamo consumando risorse a ritmi forsennati, e che, di questo passo, nel **2050** rimarremo senza risorse

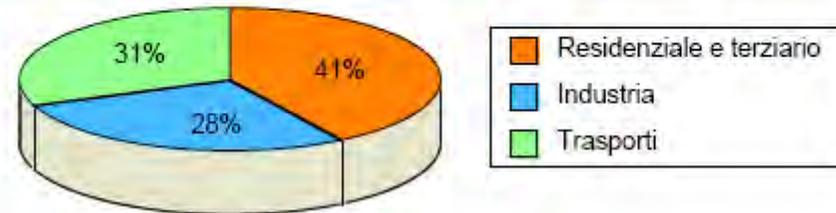
Il settore dell'edilizia possiede un grande potenziale di risparmio energetico economicamente vantaggioso



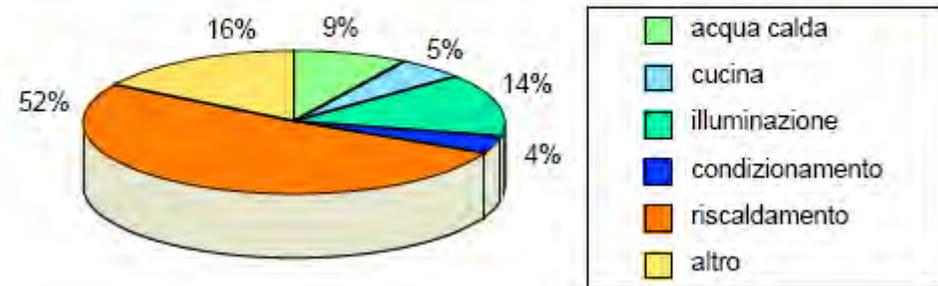
Patrimonio edilizio in Europa

- Gli edifici consumano **oltre il 40%** dell'energia utilizzata in Europa e sono i maggiori produttori di Co_2
- Il maggior spreco energetico oggi è originato dal **patrimonio esistente**. Oltre il **60%** del parco edilizio europeo ha più di 30 anni ed è stato costruito secondo criteri energetici carenti
- Il potenziale per un **proficuo risparmio energetico** negli edifici attualmente esistenti intervenendo durante le operazioni di normale **ristrutturazione** con interventi mirati all'eco – efficienza è pari al **60%**

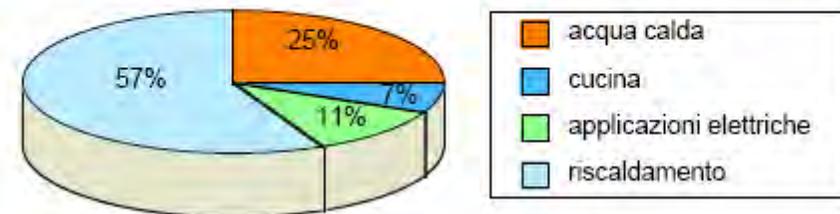
La domanda energetica nel 2000 in Europa.



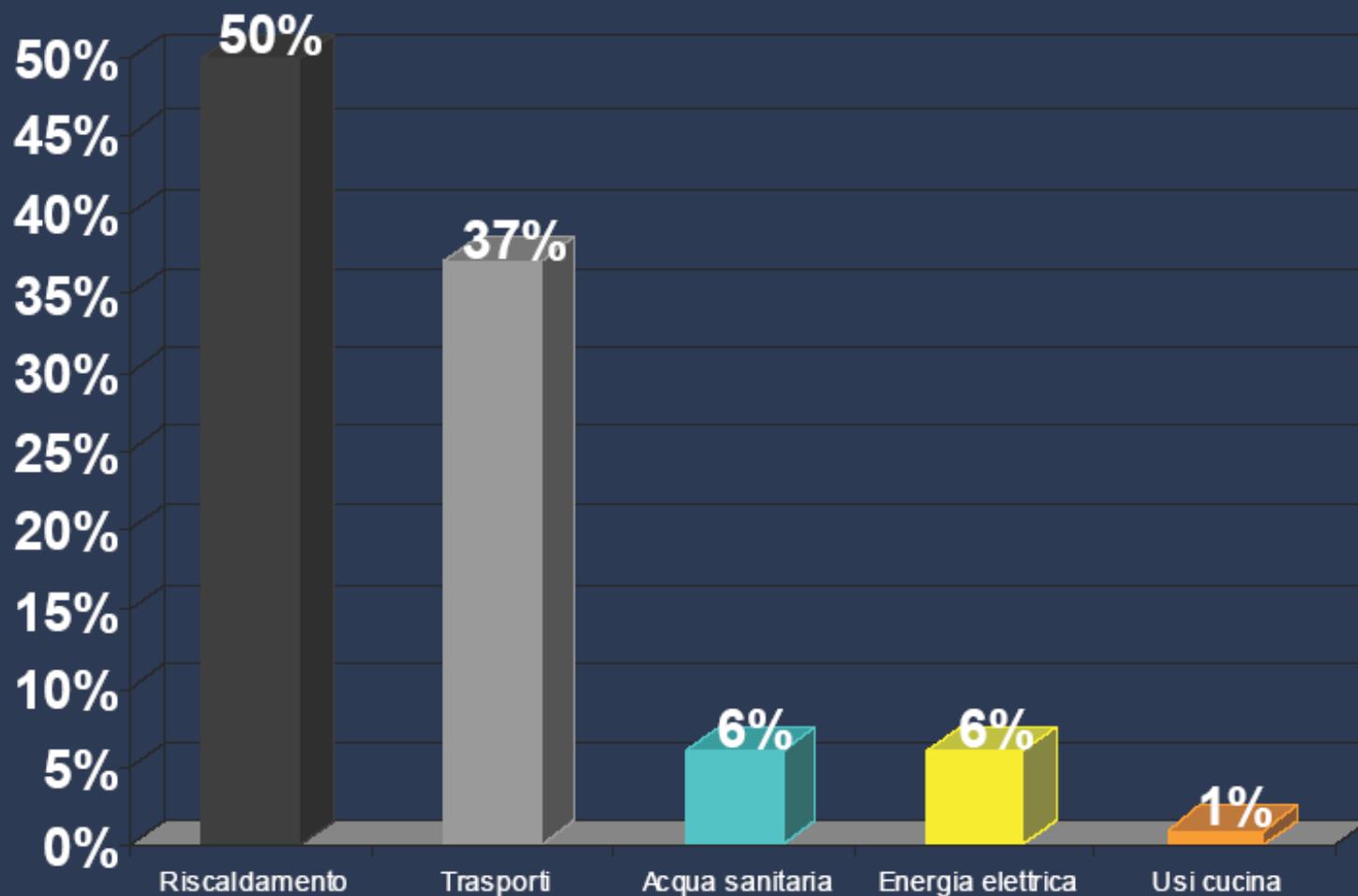
Consumi di energia per usi finali negli edifici del terziario in Europa.



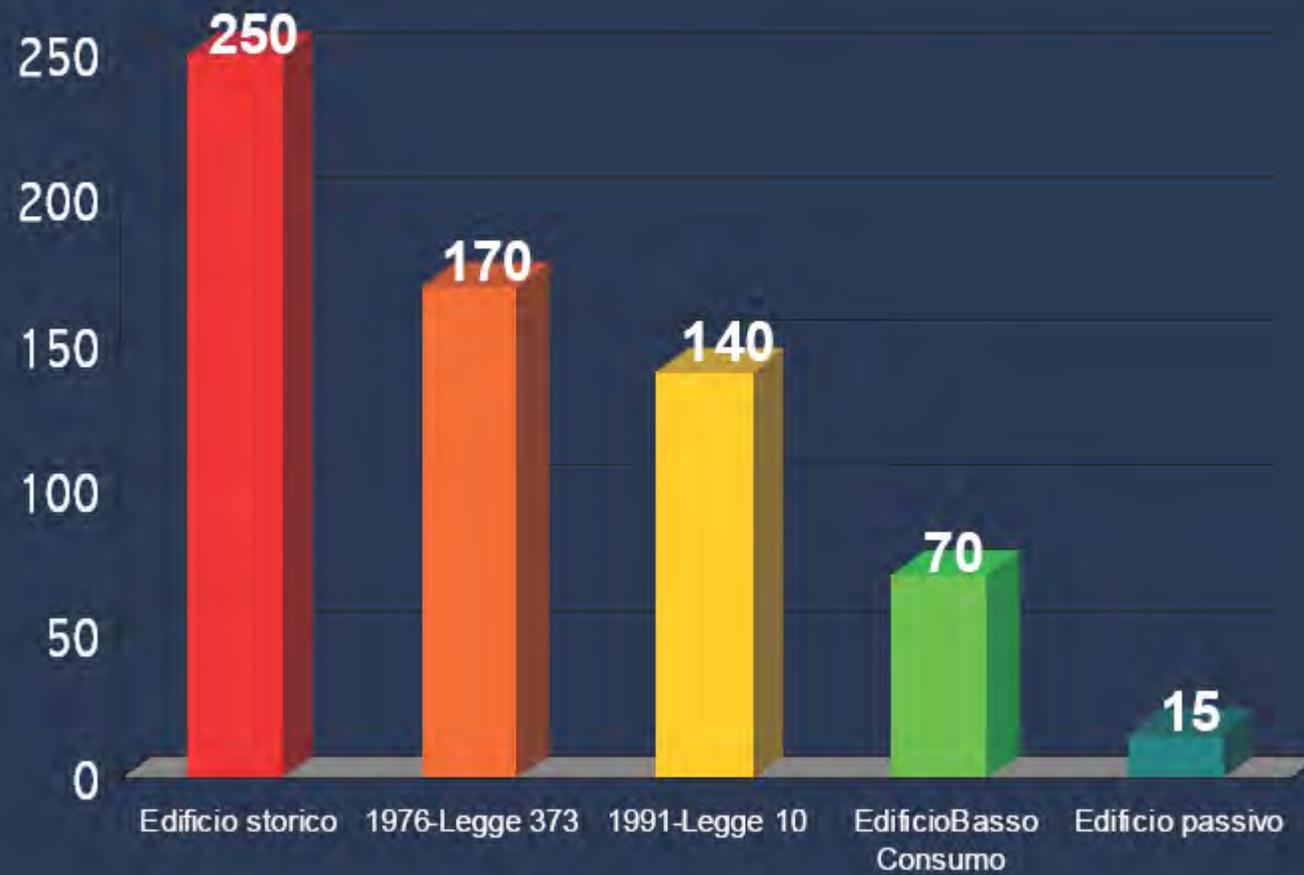
Consumi di energia per usi finali negli edifici residenziali in Europa.



Consumo medio di energia di una famiglia



Consumo energetico degli edifici in Italia

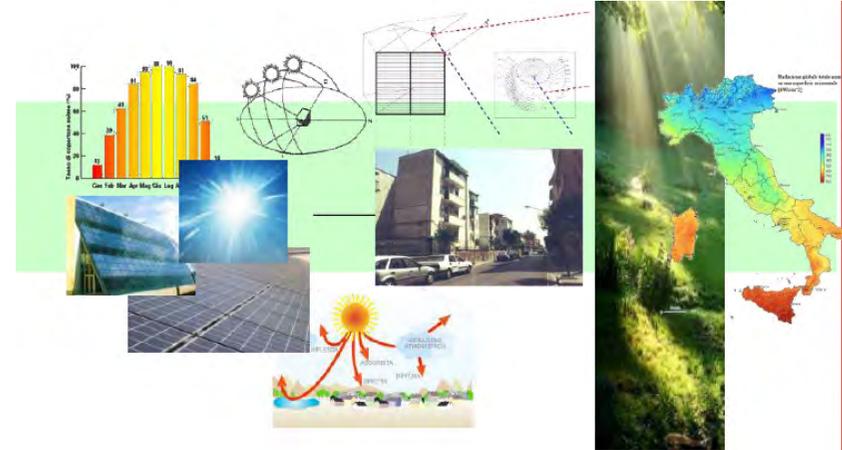


FATTORI CHE INFLUENZANO LA PROGETTAZIONE DI UN EDIFICIO EFFICIENTE

**CARATTERI
CLIMATICI**

**IRRAGGIAMENTO,
VENTILAZIONE,
TEMPERATURA**

.....



**ASPETTI
ARCHITETTONICI**

**TIPOLOGIA
ORIENTAMENTO
COMPATTEZZA**

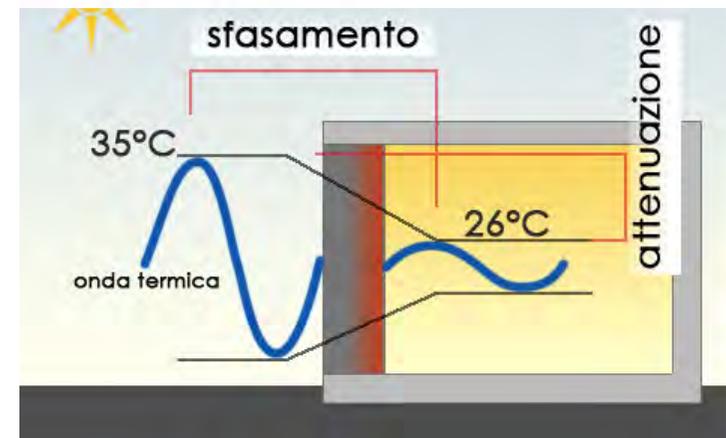
.....



**ASPETTI
COSTRUTTIVI**

**ISOLAMENTO
INERZIA
PERMEABILITA'
SCHERMATURE**

.....



ARCHITETTURA BIOCLIMATICA

DARE UN NOME A UN'ATTITUDINE INNATA

Trulli
Sassi di
Matera
Villaggi
pozzi
Palafitte
Torri del
vento
Gando
primary
school
Bovali
Visitors
center
Camouflage
house
BedZed
Solar city

passaggio da
nomadismo a
stanzialità
primi rifugi

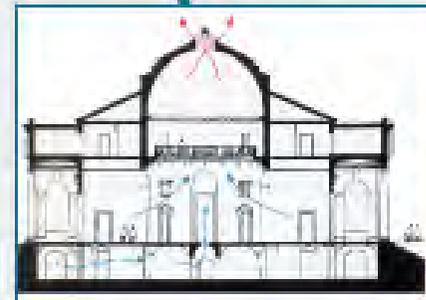
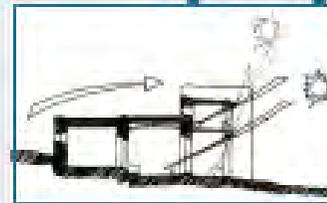
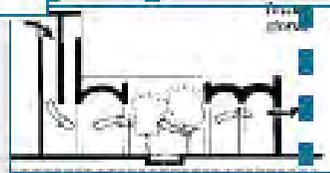
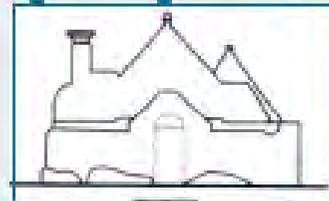
preistoria

Fig. 4



architetture vernacolari e
progettate in relazione
contesto climatico

preistoria-1800



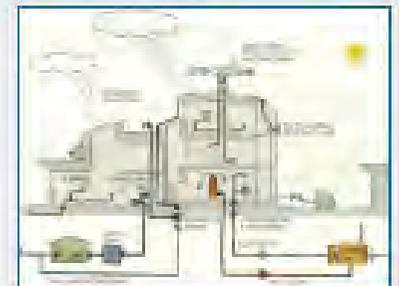
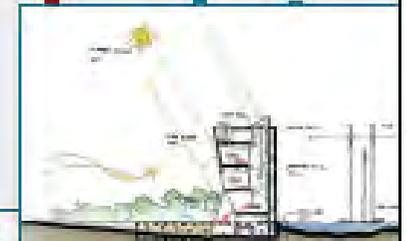
rivoluzione
industriale,
sviluppo
tecnologico

1800-1970



crisi
energetica e
paradigma
bioclimatico

1970-Oggi



1.ANALISI DELLE CARATTERISTICHE AMBIENTALI

CARATTERISTICHE AMBIENTALI

**FATTORI
GEOGRAFICI**

**Latitudine, altezza sul livello del mare,
idrografia**

**PARAMETRI
CLIMATICI**

**Gradi giorno, anno tipo, giorno medio
mensile**

**FATTORI
METEOROLOGICI**

**Precipitazioni atmosferiche, venti,
irraggiamento solare, temperatura ed
umidità dell'aria**

**FATTORI
TOPOGRAFICI**

**Morfologia del territorio, altitudine rilievi,
clivometria, esposizione...**

**FATTORI
BIOLOGICI**

Suolo, acqua, vegetazione

Fattori geografici

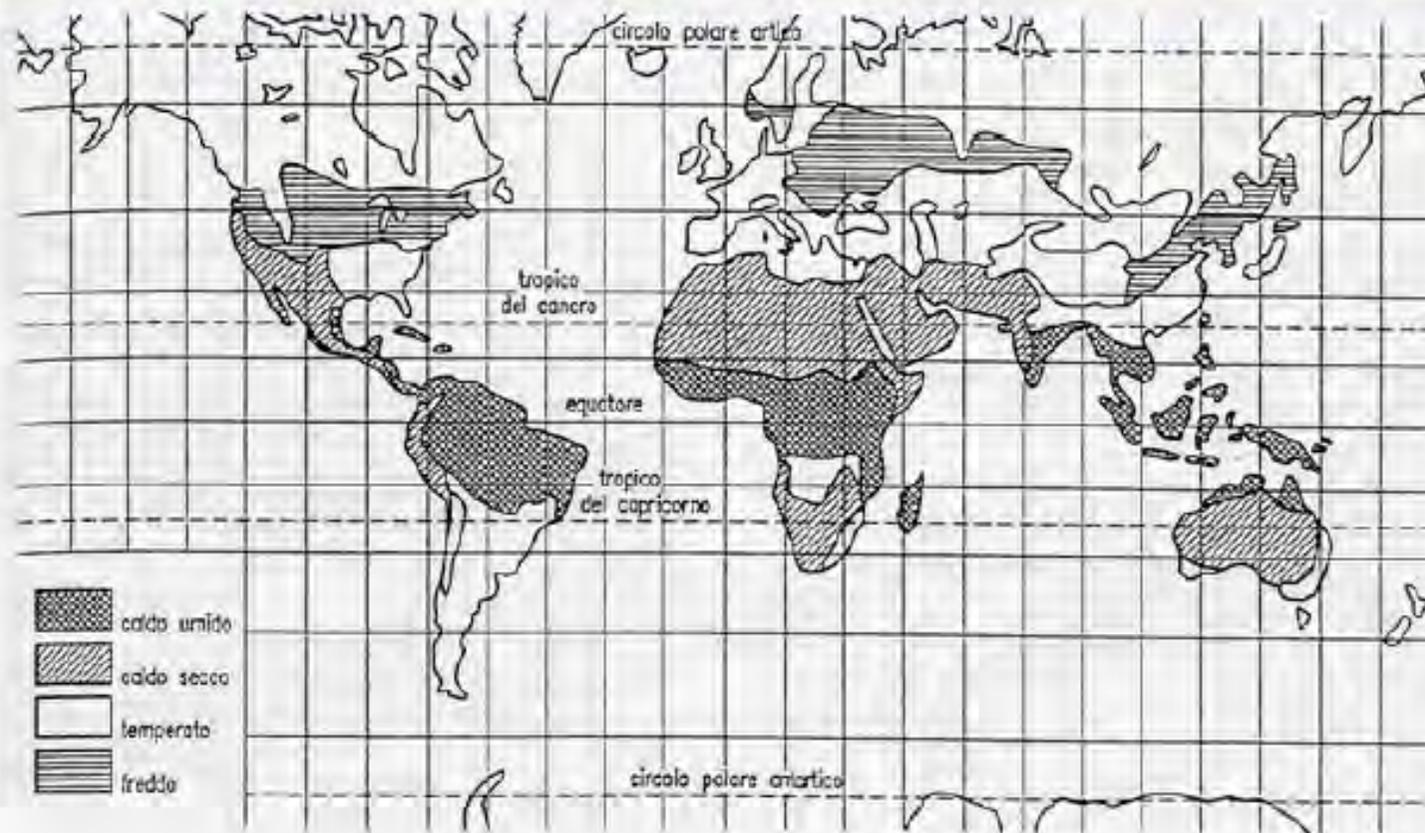
La superficie terrestre può essere considerata suddivisa in quattro diverse aree climatiche dipendenti sostanzialmente dalla latitudine e dall'altezza sul livello del mare.

AREE A
CLIMA FREDDO

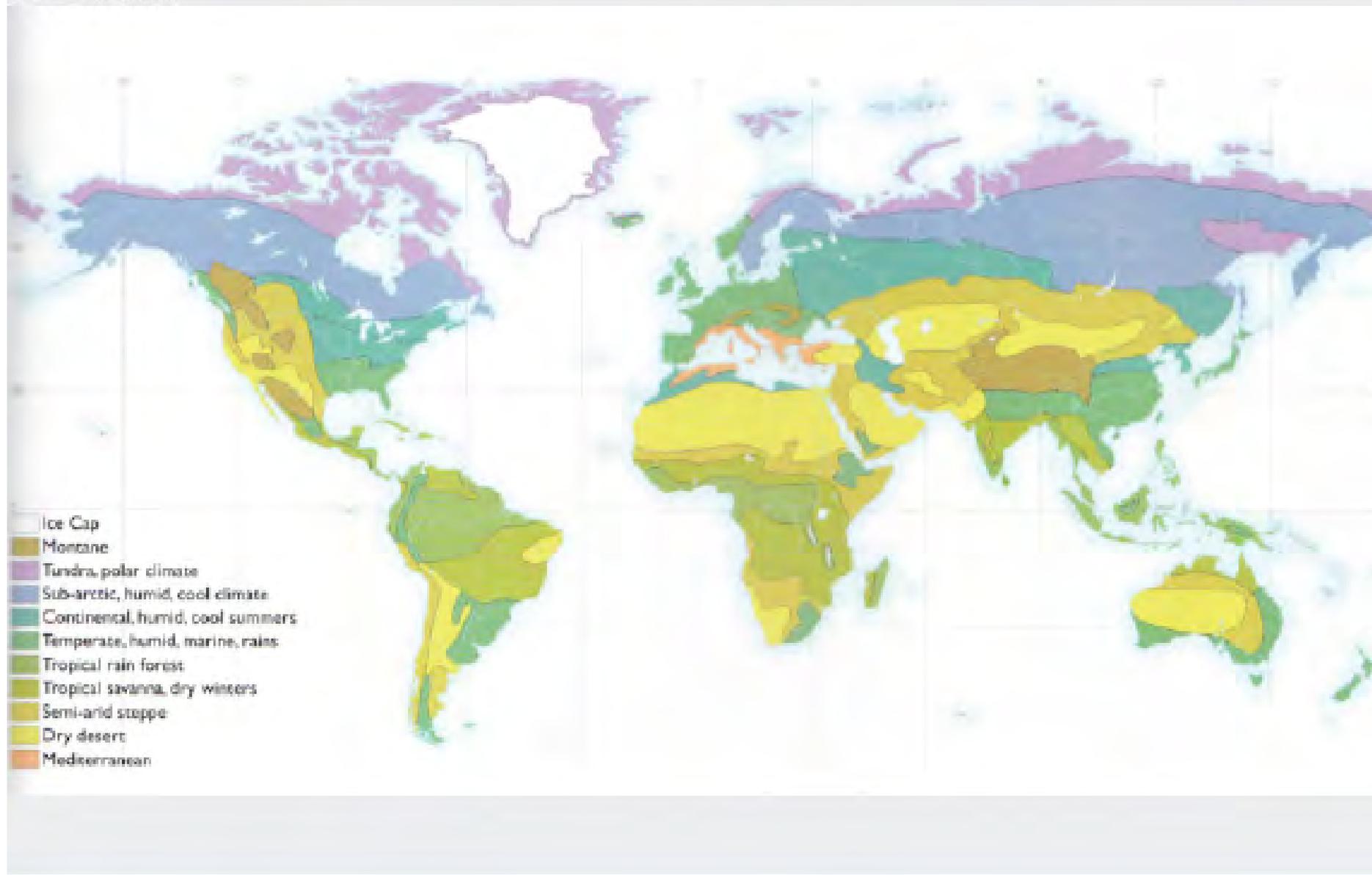
AREE A
CLIMA TEMPERATO

AREE A CLIMA
CALDO SECCO

AREE A CLIMA
CALDO UMIDO



IL CLIMA



Are bioclimatiche: POLARE | BOREALE | TEMPERATA | MEDITERRANEA

PARAMETRI CLIMATICI

I **gradi giorno (GG)** costituiscono un indicatore delle condizioni climatiche della zona.

D.P.R. n. 412 del 1993

LA SOMMA, ESTESA A TUTTI I GIORNI DI UN PERIODO ANNUALE CONVENZIONALE DI RISCALDAMENTO, DELLE SOLE DIFFERENZE POSITIVE GIORNALIERE TRA LA TEMPERATURA DELL'AMBIENTE, CONVENZIONALMENTE FISSATA A 20 °C, E LA TEMPERATURA MEDIA ESTERNA GIORNALIERA

La quantità di GG è quindi proporzionale alla necessità di riscaldamento degli edifici nella specifica località

In Germania il valore medio dei gradi giorno è di 3.500; in Italia le sei zone climatiche, individuate dalla norma UNI 10379 allegata al D.P.R. n. 412 del 1993, partono dalla zona A, più calda, con meno di **600** gradi giorno

A titolo esemplificativo al comune di Palermo corrispondono 751 gradi giorno, che diventano 1.415 a Roma, 2.259 a Bologna, 2.326 a Ferrara e 2.791 a Bolzano

$$GG = \sum_{e=1}^n (T_0 - T_e)$$

dove

- n : numero di giorni del periodo convenzionale di riscaldamento;
- T_0 : temperatura ambiente convenzionale;
- T_e : temperatura media esterna giornaliera tale per cui $T_e < T_0$.

NORMATIVA ITALIANA UNI 9019 - 1987

$T_0 = 20 \text{ G}$



ZONA "A": < 600 Gradi-Giorno (GG)

ZONA "B": < 900 Gradi-Giorno (GG)

ZONA "C": < 1400 Gradi-Giorno (GG)

ZONA "D": < 2100 Gradi-Giorno (GG)

ZONA "E": < 3000 Gradi-Giorno (GG)

ZONA "F": > 3000 Gradi-Giorno (GG)

ZONE CLIMATICHE D'ITALIA E PERIODI DI RISCALDAMENTO

ZONA	GRADI GIORNO	PERIODO DI RISCALDAMENTO	NUMERO GIORNI
A	<600	1/12-15/3	105
B	600-900	1/12-31/3	121
C	900-1400	15/11-31/3	137
D	1400-2100	1/11-15/4	166
E	2100-3000	15/10-15/4	183
F	>3000	5/10-22/4	200

FONDAMENTALE PER LA VALUTAZIONE DEL FABBISOGNO ENERGETICO

**IN PARTICOLARE APPORTI SOLARI GRATUITI INVERNALI/ESTIVI
(CONDIZIONE FAVOREVOLE/SFAVOREVOLE)**

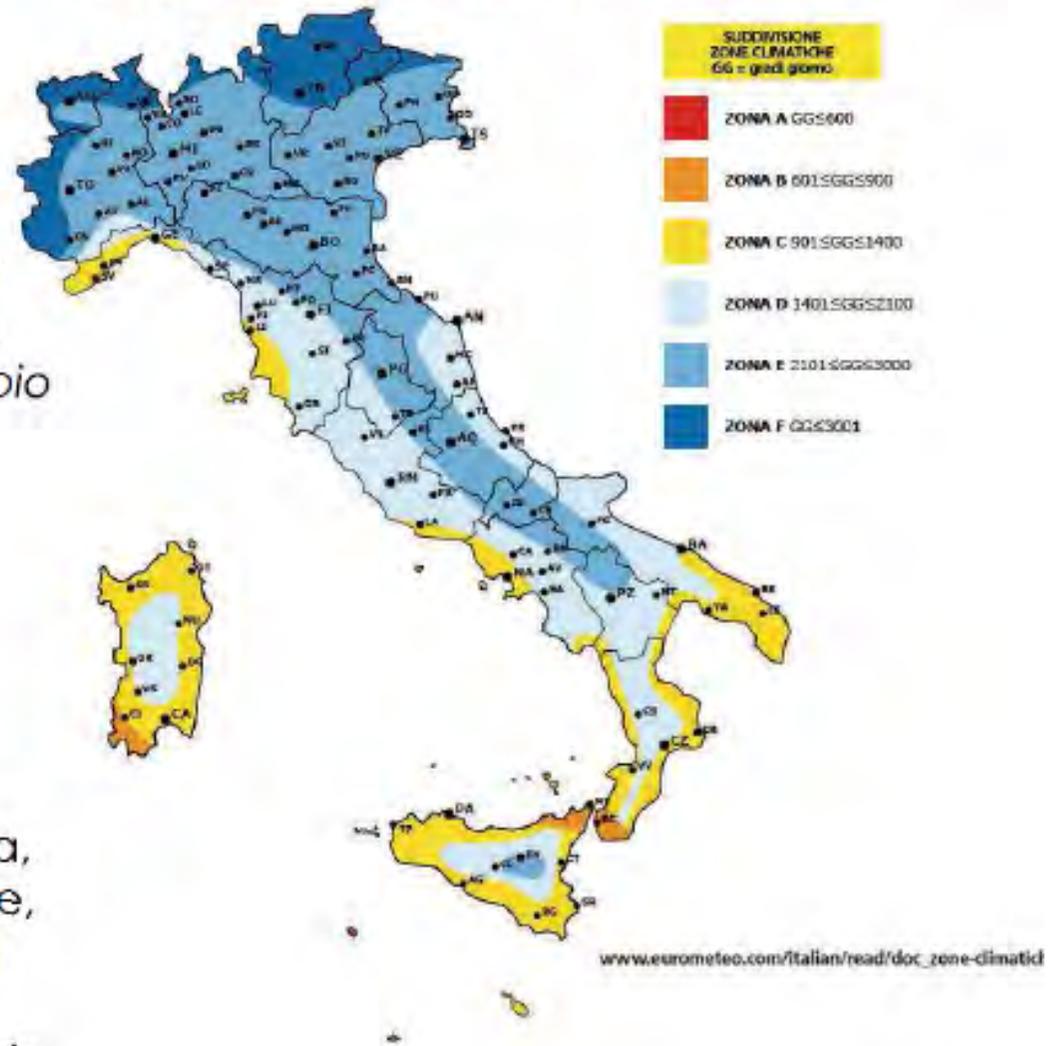
MAPPA DELLE ZONE CLIMATICHE SECONDO DPR 412/93

ANNO TIPO

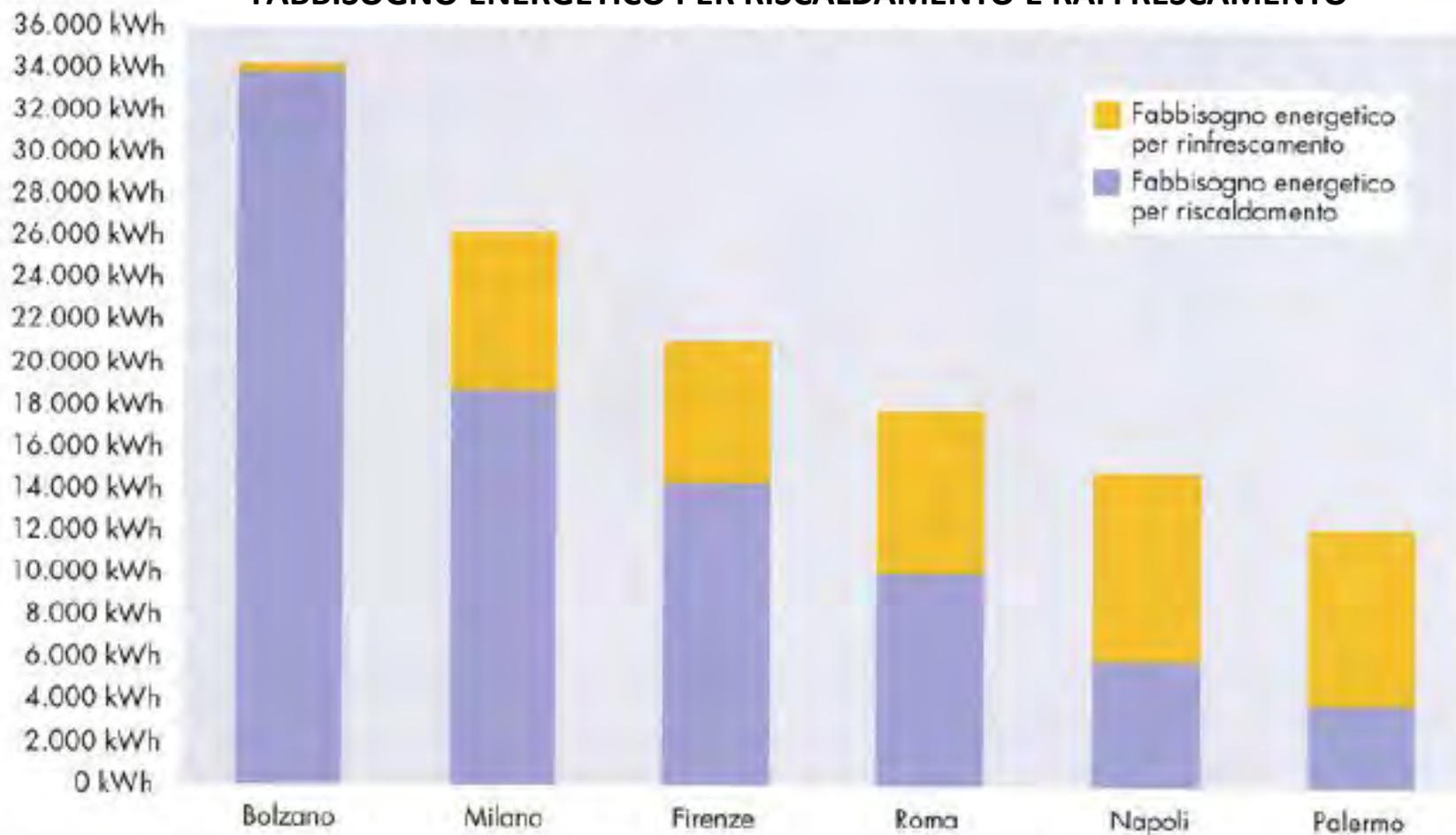
L'anno tipo consiste in 12 mesi caratteristici scelti da un database di dati meteorologici di un periodo che dovrebbe essere preferibilmente ampio almeno 10 anni.

GIORNO MEDIO MENSILE

È un **giorno fittizio** i cui valori orari di temperatura dell'aria, umidità relativa, intensità del vento, radiazione globale, soleggiamento vengono **determinati come media**, per ciascuna ora di ciascun mese, dei valori orari misurati in un lungo periodo.



FABBISOGNO ENERGETICO PER RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO



Indice energetico per riscaldamento	159 kWh/m ²	88 kWh/m ²	68 kWh/m ²	48 kWh/m ²	28 kWh/m ²	19 kWh/m ²
Indice energetico per raffreddamento	2 kWh/m ²	35 kWh/m ²	32 kWh/m ²	36 kWh/m ²	42 kWh/m ²	39 kWh/m ²
Indice energetico totale	161 kWh/m ²	123 kWh/m ²	100 kWh/m ²	84 kWh/m ²	70 kWh/m ²	58 kWh/m ²

FATTORI METEOROLOGICI

La meteorologia è il ramo delle scienze dell'atmosfera che studia i fenomeni fisici che avvengono nell'atmosfera terrestre (troposfera) e responsabili del tempo atmosferico.

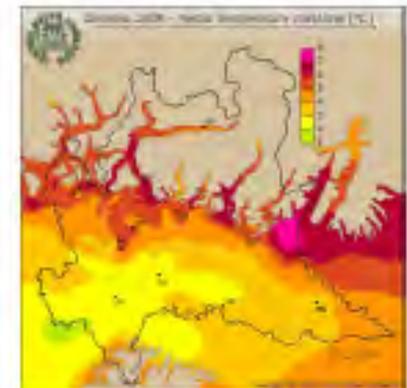
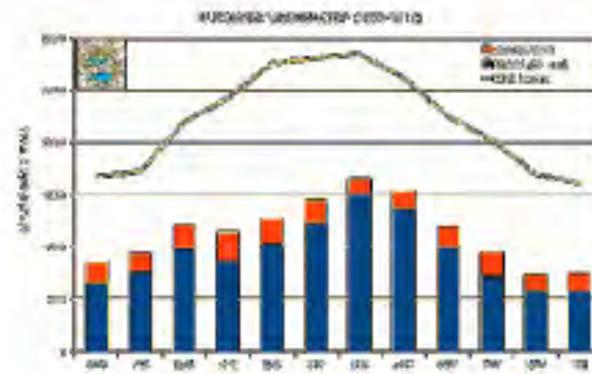
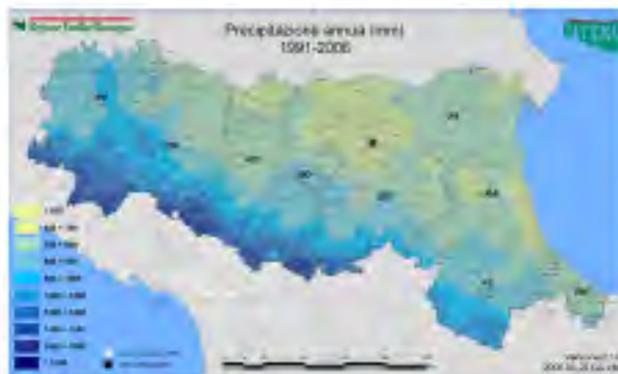
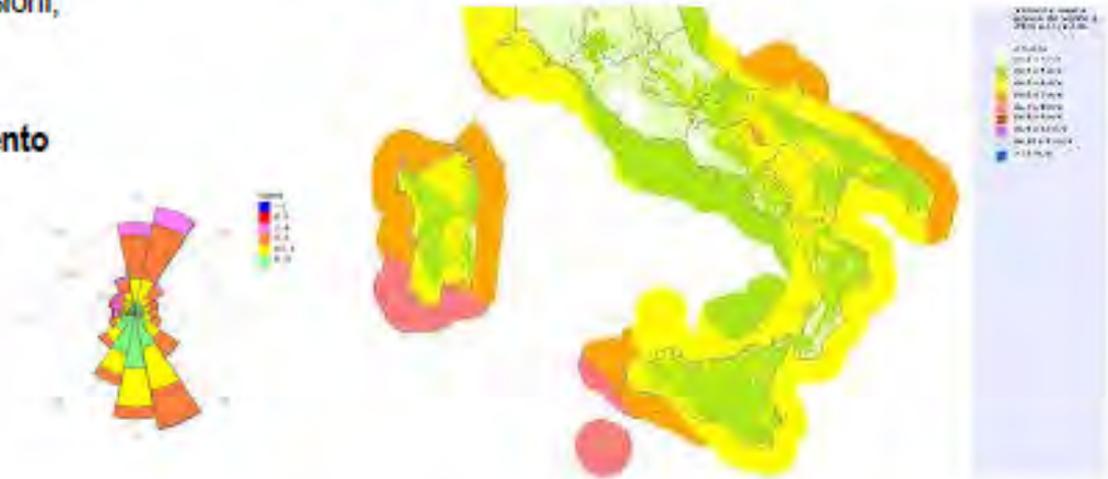
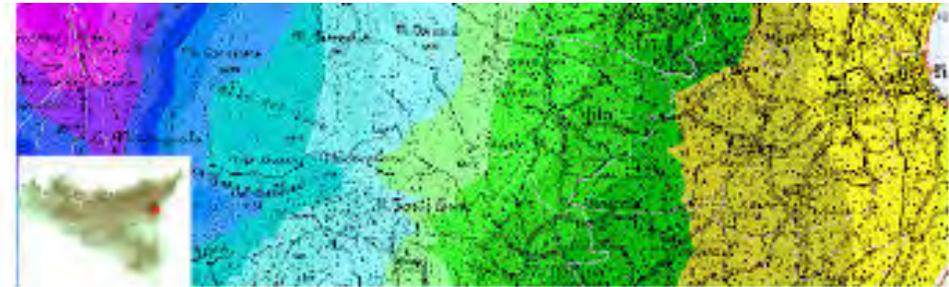
Lo studio dell'atmosfera è lo studio dei suoi parametri fondamentali e delle leggi fisiche o processi che intercorrono tra essi: temperatura dell'aria, umidità atmosferica, pressione atmosferica, radiazione solare, vento.

Temperatura	Vento	Precipitazioni	
 Temperatura: 18.6 °C Umidità: 44 % Dew Point: 6.1 °C	 Velocità attuale: 0.0 Km/h E Media: 14.5 Km/h	 Pioggia giorno: 0.0 mm Intensità Pioggia: 0.0 mm/h	
Temp Min: ▼ 12.3 °C Temp Max: ▲ 19.4 °C	Indice di Calore: 17.2 °C Pressione: 1028.5 hPa	Scala Beaufort: Calma di vento Raffica giornaliera: 40.2 Km/h Ora Raffica: 11.14	Intensità Massima Giornaliera: 0.0 mm/h Pioggia Mese: 43.4 mm Pioggia Anno: 599.9 mm
Evapotraspirazione	Irraggiamento	Report NOAA	
 Evapotraspirazione giornaliera: 2.2 mm Evap. Mese: 75.2 mm Evap. Anno: 838.5 mm	 Radiazione Solare: 656 W/m² Rad. Max Mese: 1023 W/m² Rad. Max Anno: 1271 W/m²	 Mese Corrente Anno Corrente	

Determinazione dei dati climatici di riferimento

VARIABILI

- Irraggiamento solare
- Andamento delle temperature dell'aria e dell'umidità relativa (valori massimi e minimi, valori medi, escursioni, frequenze)
- Andamento della velocità e della direzione del vento
- Eliofania (numero di ore di soleggiamento diretto)
- Condizioni del cielo
- Andamento delle precipitazioni meteoriche



STAZIONE CLIMATICA FERRARA - CONA

<http://www.meteoproject.it/ftp/stazioni/cocomaro/>



TEMPERATURA DELL'ARIA

La temperatura dell'aria dipende primariamente dalla temperatura della superficie terrestre dell'area geografica a cui ci si riferisce. Tale superficie, riscaldata dai raggi solari incidenti, cede calore dall'aria per convezione e conduzione

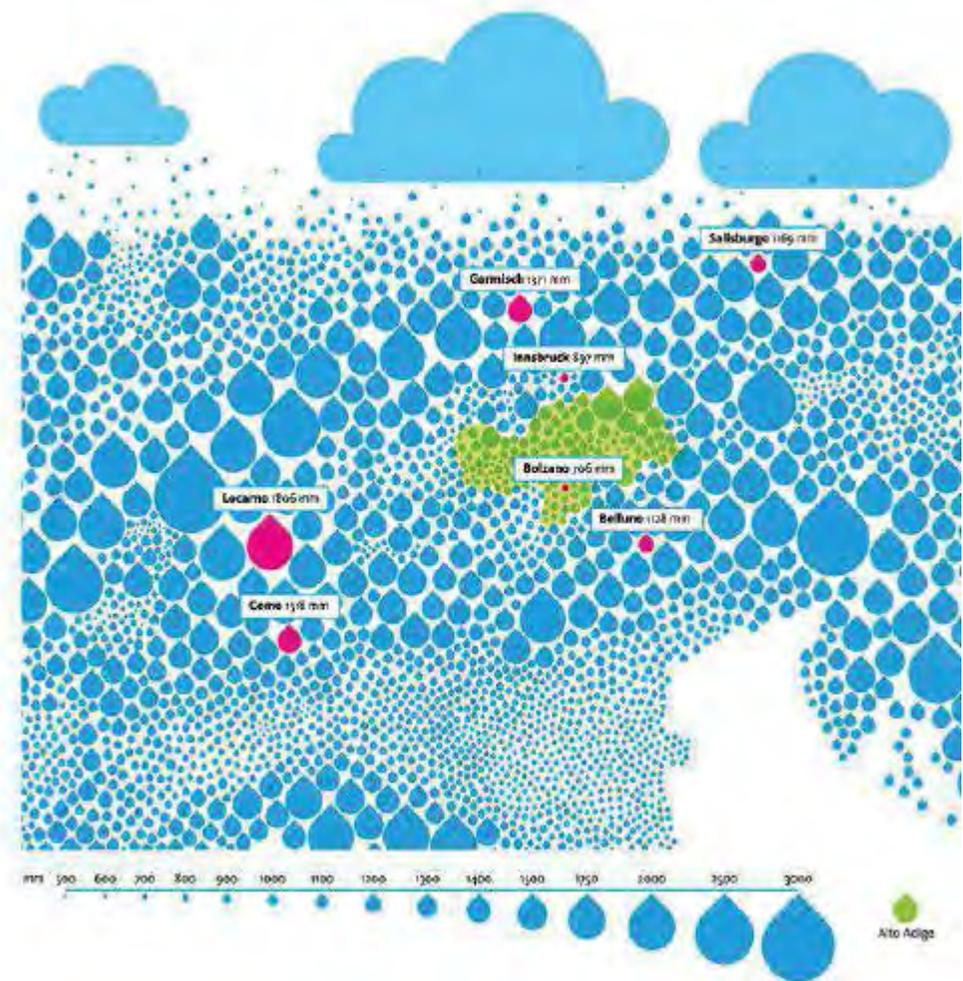
L'aria non viene riscaldata direttamente dai raggi solari, ma per convezione e conduzione dalla superficie terrestre, la cui temperatura dipende dal bilancio tra energia solare incidente e reimmissione all'infrarosso.



PRECIPITAZIONI

Si intendono tutti i fenomeni di trasferimento di acqua allo stato liquido o solido dall'atmosfera al suolo ovvero **pioggia, neve, grandine, rugiada, brina** ecc. rappresentando una fase del ciclo idrologico.

Si misurano i parametri di quantità e di frequenza.



VENTI

Il vento è un movimento orizzontale dell'aria originato dalle differenze di pressione atmosferica esistenti tra due diverse zone della superficie terrestre, dovute a loro volta a differenze di temperatura e umidità.

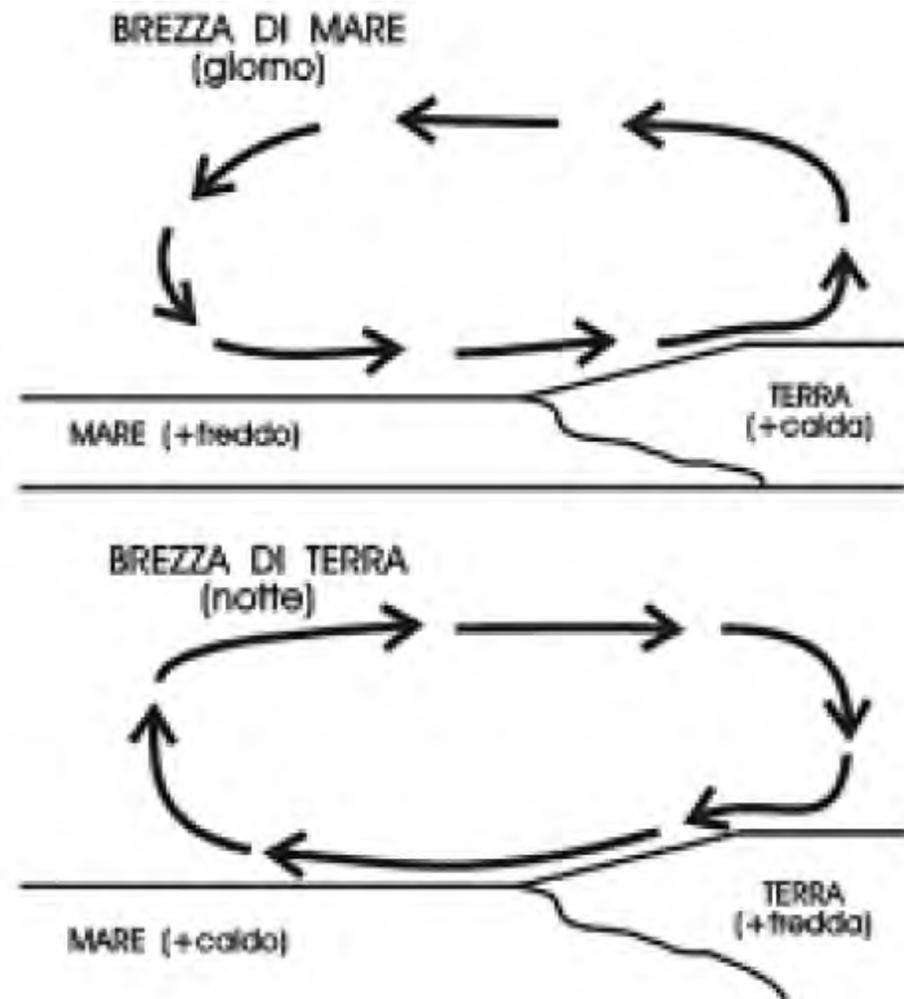
Il regime dei venti è primariamente generato dall'esistenza di masse d'aria a differente temperatura e pressione riscaldate per effetto della radiazione solare. Le masse di aria calda si muovono verso l'alto; questo movimento provoca una depressione che viene equilibrata dallo spostamento di masse di aria più fredda, producendo la formazione del vento.



BREZZE

Mare: le masse d'aria in corrispondenza della terra si sollevano a causa del riscaldamento dovuto all'irraggiamento e vengono compensate dalle masse d'aria più fredda che si trovano in corrispondenza del mare

Terra: il calore immagazzinato durante il giorno dalla massa d'acqua riscalda la colonna d'aria che si solleva, richiamando aria più fresca dalla costa



RADIAZIONE SOLARE

Per radiazione solare si intende il flusso di energia emesso dal sole

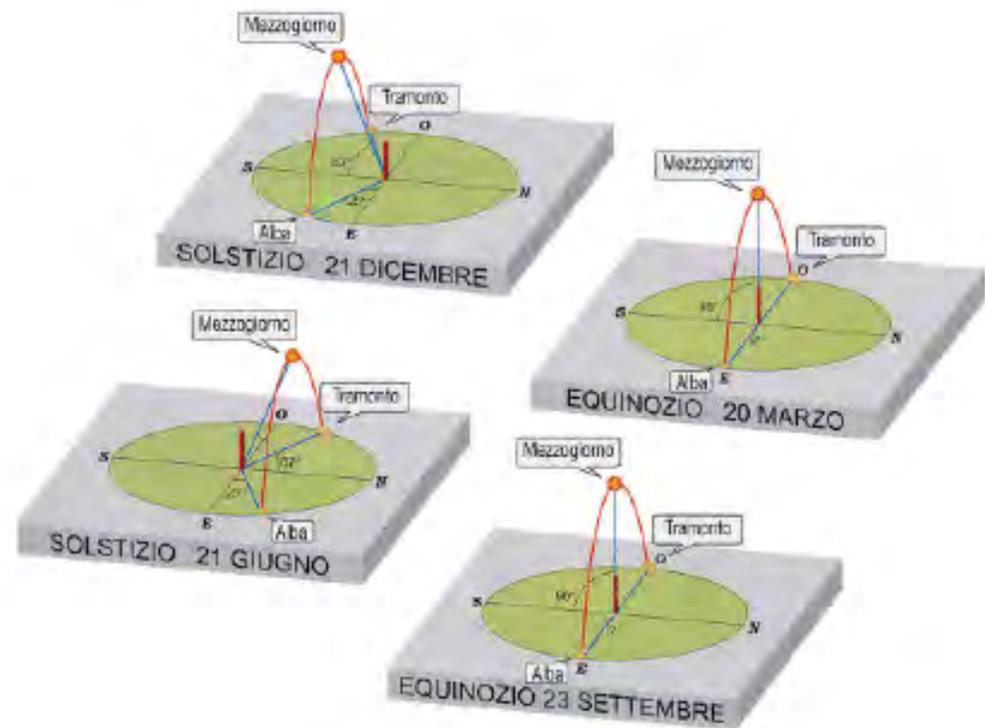
Una qualunque superficie, comunque orientata, riceve radiazione solare diretta e diffusa che viene riflessa dal terreno e dagli oggetti circostanti. L'energia solare può essere utilizzata per produrre calore in modo passivo o per produrre energia elettrica.

Irraggiamento solare è sostanzialmente riconducibile a onde termiche che vengono in parte trasmesse attraverso gli oggetti, in parte riflesse (nel caso in cui l'onda cambi direzione dopo l'impatto con una superficie), o assorbite (se le stesse si attenuano successivamente all'impatto).

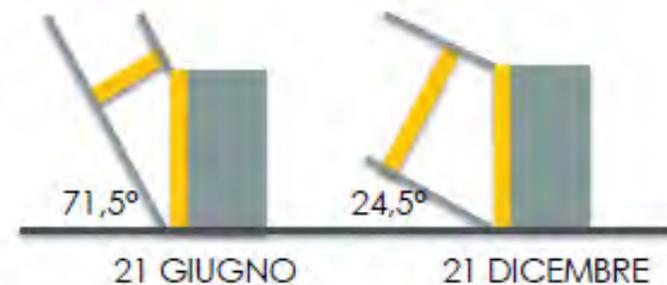


RADIAZIONE SOLARE

Per una corretta valutazione è necessario considerare l'angolo di incidenza che i raggi formano rispetto alla superficie ortogonale alla direzione della radiazione. Tale valutazione è fondamentale per la valutazione delle aperture, delle schermature e dei sistemi di captazione attivi e passivi.



Incidenza della radiazione diretta sul piano orizzontale



Incidenza della radiazione diretta sul piano verticale verso sud

SUOLO

Il suolo è molto importante poiché la temperatura dell'aria dipende dallo scambio di calore con il terreno.

I terreni aridi (sabbia e ghiaia) determinano temperature più elevate e minore umidità; terreni umidi (argillosi) determinano temperature basse con contenuti di umidità elevati. La superficie erbosa è in grado di assorbire la radiazione solare estiva e i processi di evaporazione abbassano la temperatura dell'aria.

- *RIFLETTANZA SOLARE (Albedo), capacità del materiale di riflettere la radiazione solare incidente; il suo valore varia da 0 (sup. assorbente) fino a 1 (100%, sup. completamente riflettente)*
- *EMISSIVITÀ TERMICA, capacità del materiale di emettere calore (0-1)*
- *INDICE DI RIFLESSIONE SOLARE SRI (Solar Reflectance Index), ovvero il parametro che esprime la capacità di un materiale di respingere il calore solare*

ACQUA E ASSETTO DELLA VEGETAZIONE

Il rapporto fra massa di terra e corpo d'acqua determina situazioni climatiche specifiche. Infatti quando predomina la presenza di corpi d'acqua le escursioni termiche saranno più contenute e la temperature più mite. Questo fenomeno è provocato dalle differenti capacità termiche del suolo e dell'acqua.

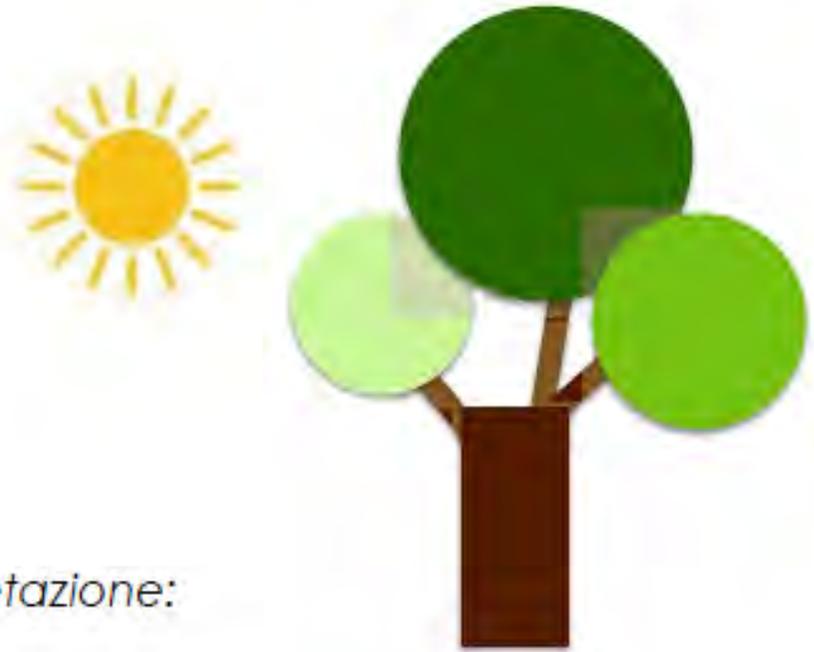


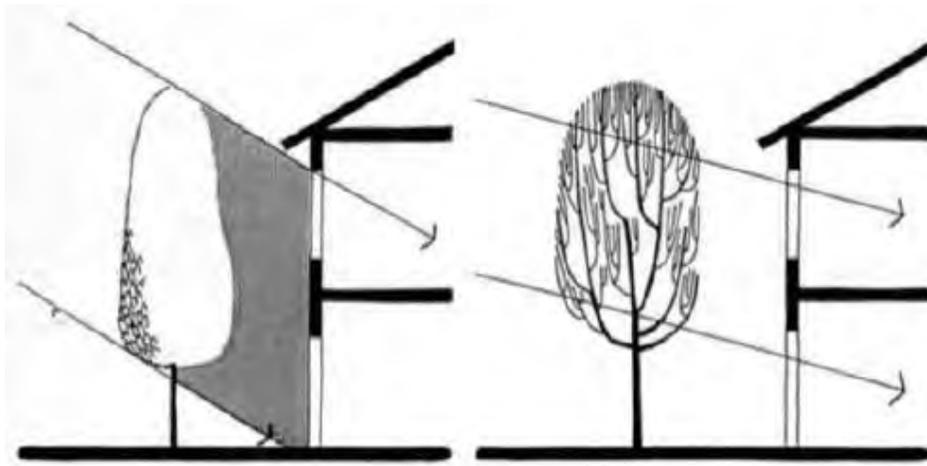
ACQUA E ASSETTO DELLA VEGETAZIONE

la vegetazione esercita una azione fondamentale per la determinazione del microclima locale, sia grazie al procedimento di fotosintesi sia per l'ombreggiamento degli edifici o come barriera frangivento.

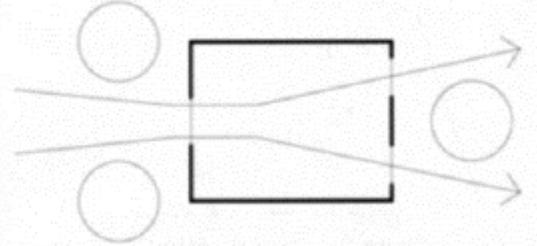
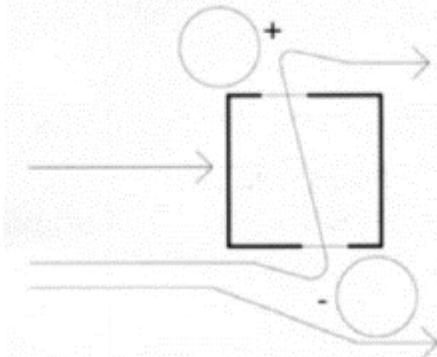
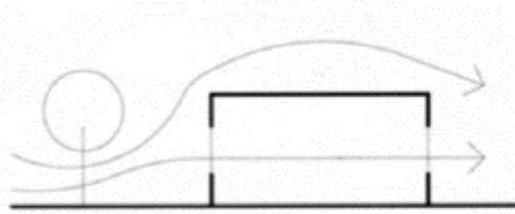
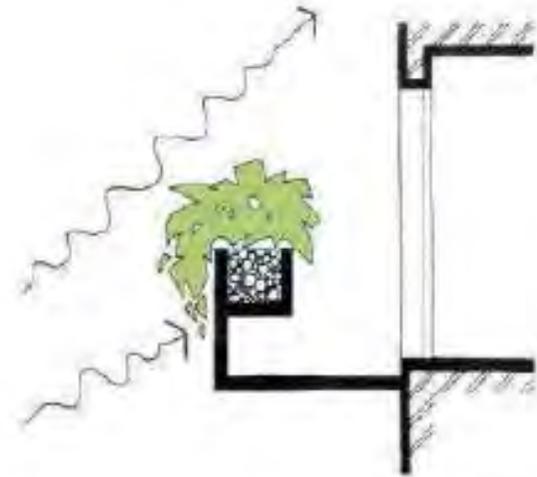
Caratteristiche e vantaggi offerti dalla vegetazione:

- *Protezione dai raggi solari incidenti;*
- *Protezione dai venti dominanti;*
- *Protezione acustica;*
- *Controllo del clima (temperatura e umidità);*
- *Capacità depurativa dell'aria;*
- *Mantenimento dell'equilibrio idrogeologico;*
- *Benessere psicologico;*
- *Valorizzazione economica del manufatto*





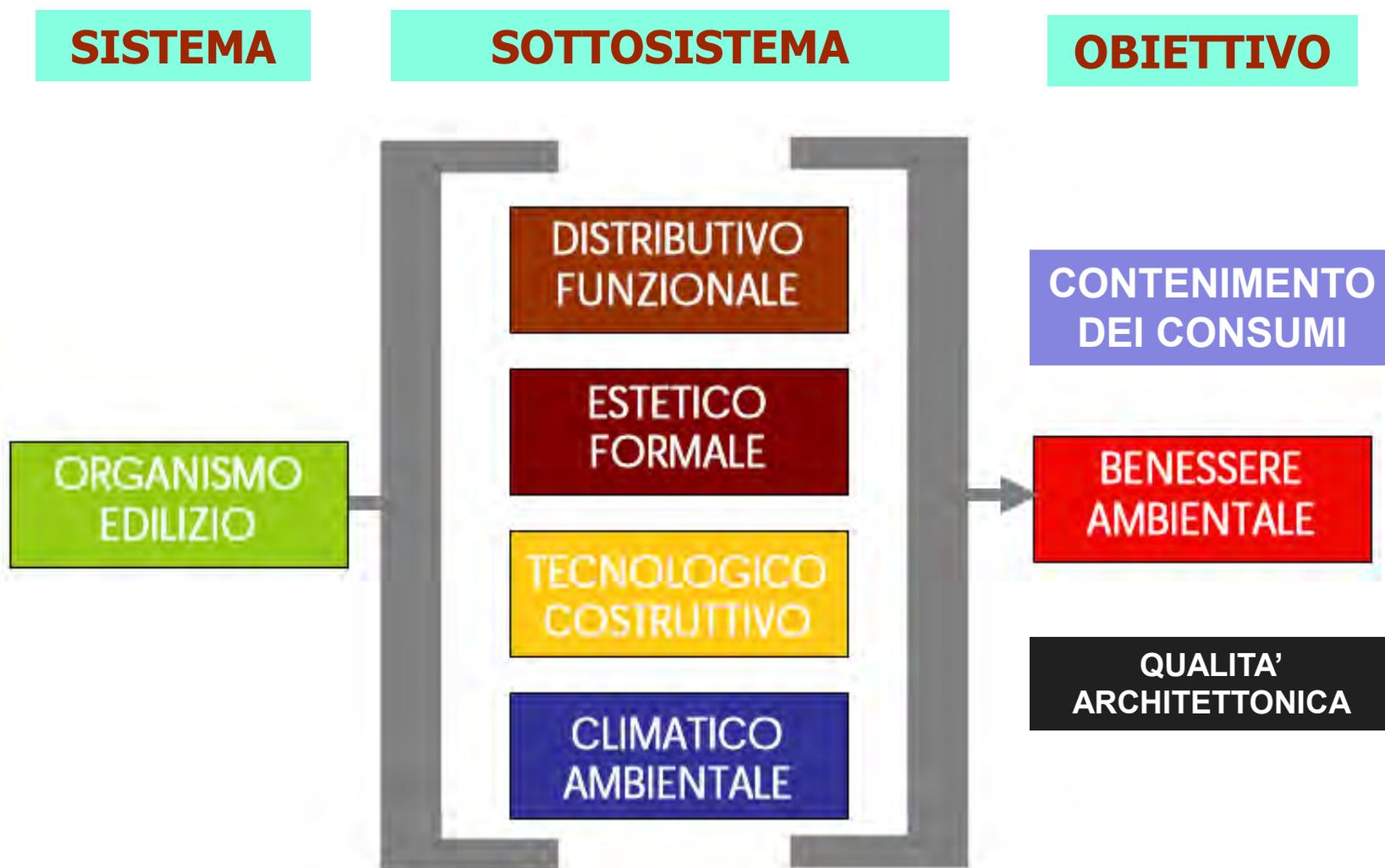
- A. Solsizio d'estate
Le foglie proteggono dai raggi di sole
- B. Solsizio d'inverno
L'assenza di foglie consente ai raggi di passare





STRATEGIE DI CONTROLLO DEL RENDIMENTO ENERGETICO DELL'EDIFICIO

Una limitazione dei consumi complessivi può essere ottenuta attraverso strategie integrate di intervento a diverse scale legate alle scelte progettuali e costruttive



STRATEGIE DI PROGETTAZIONE

CARATTERI DEL SITO

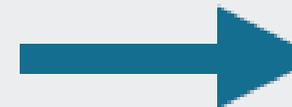
- caratteri climatici
- caratteri geografici
- caratteri idrogeologici
- vegetazione
- caratteri antropici



INDIPENDENTE DAL
PROGETTO

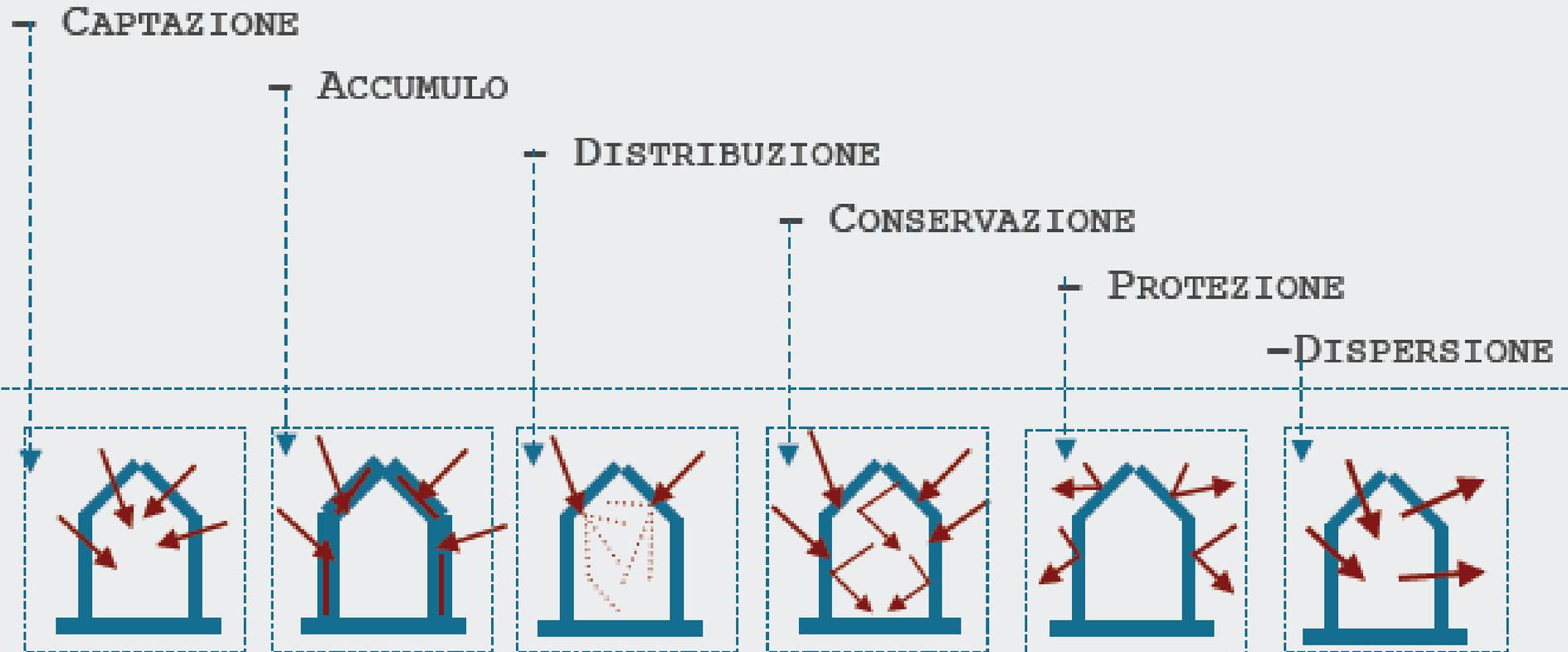
CARATTERI DEL SITO FORMA URBANA

- morfologia del suolo
- densità e conformazione del tessuto urbano
- sezione stradale
- direzione e continuità fra traiettorie viarie



DIPENDENTE DAL
PROGETTO

6 AZIONI POSSIBILI/MODUS OPERANDI



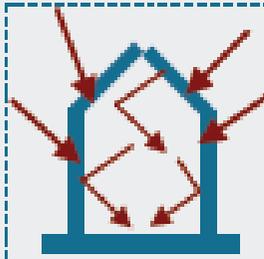
LA SCELTA DELLE POSSIBILI AZIONI È DETERMINATA DALLE CONDIZIONI CLIMATICHE DEL CONTESTO

STRATEGIE DI PROGETTAZIONE

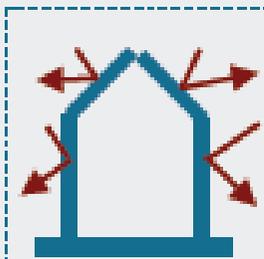
CLIMA

caldo secco:
radiazione solare
incidente con
angolo quasi
perpendicolare che
comporta
temperature molto
elevate, poca
umidità e forte
re-irraggiamento
notturno; forte
delta termico
giornaliero

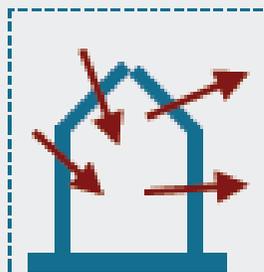
STRATEGIE



Massa termica



Protezione
radiazione solare

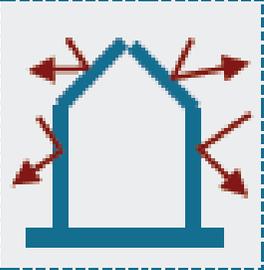
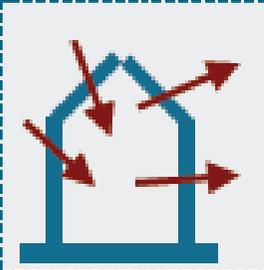


Raffrescamento e
ventilazione

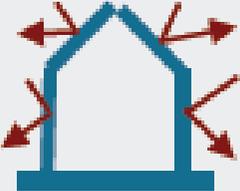
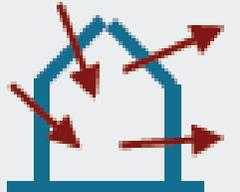
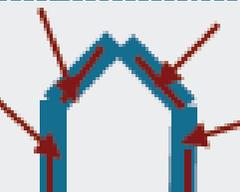
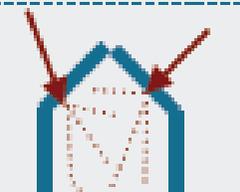
ACCORGIMENTI

- sporti per le aperture
- aperture ridotte
- colori chiari
- muri spessi
- patii con vegetazione
- torri di ventilazione

STRATEGIE DI PROGETTAZIONE

CLIMA	STRATEGIE	ACCORGIMENTI
<p>caldo umido: radiazione solare incidente con angolo quasi perpendicolare che comporta temperature molto elevate, molta umidità</p>	 <p>Protezione radiazione solare</p>  <p>Raffrescamento e ventilazione</p>	<ul style="list-style-type: none">-muri e coperture leggere per favorire la ventilazione-distacco o isolamento dal terreno

STRATEGIE DI PROGETTAZIONE

CLIMA	STRATEGIE	ACCORGIMENTI
temperato: altezza del sole variabile, radiazione solare variabile nel corso dell'anno	 Protezione radiazione solare	<ul style="list-style-type: none">-schermature regolabili-muri spessi-isolamento-edifici ipogei-sistemi di ombreggiamento-patii-ventilazione
	 Raffrescamento e ventilazione	
	 Conservazione	
	 Accumulo	
	 Distribuzione	

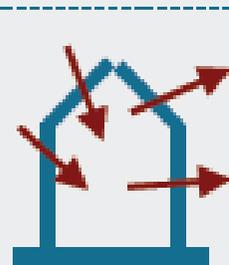
STRATEGIE DI PROGETTAZIONE

CLIMA

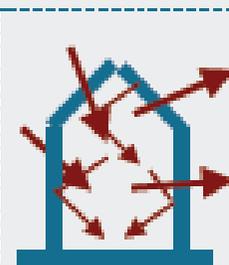
freddo:

radiazione
solare incidente
con angolo molto
basso che
comporta
temperature
molto basse,
elevato livello
di umidità

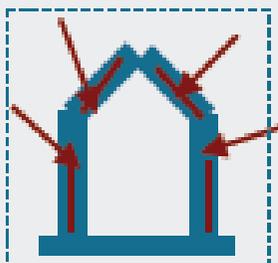
STRATEGIE



Raffrescamento e
ventilazione



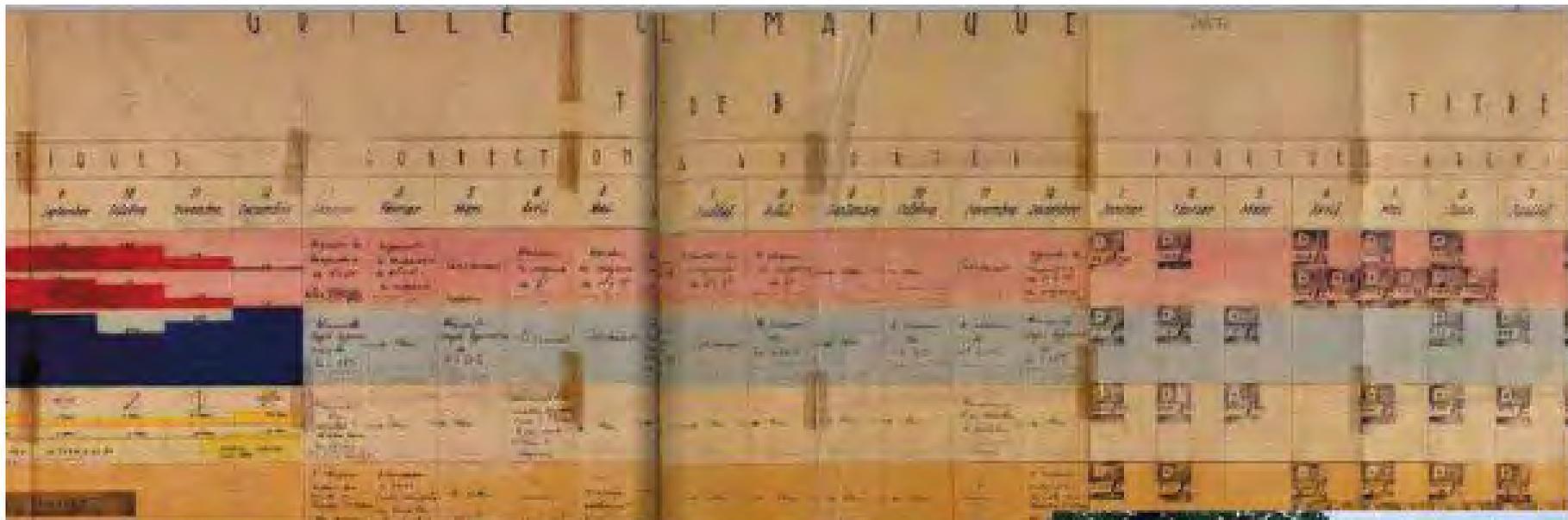
ventilazione



Conservazione

ACCORGIMENTI

- forma compatta
- muri spessi
- materiali che si scaldano velocemente
- aperture ridotte
- ventilazione per eliminare umidità



Le Corbusier Le Grand, Phaidon, Londra 2008

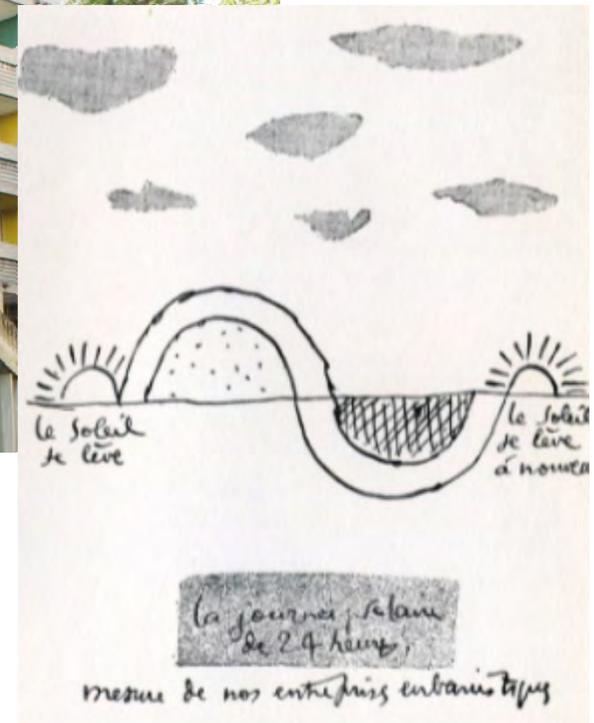
GRIGLIA CLIMATICA

Le Corbusier considera le energie rinnovabili – **sole, vento, acqua** – come **materiali da costruzione** a tutti gli effetti e la loro azione come capace di influenzare il carattere insediativo della città, fino a trarne indicazioni relativamente alla posizione e alla forma di ogni edificio, caratterizzando di volta in volta l'organizzazione spaziale e volumetrica degli ambienti insieme alla configurazione finale.





Le Corbusier, Maison du Brasil



STRATEGIE DI PROGETTAZIONE

1. LIMITAZIONE DELLE DISPERSIONI

SISTEMA AMBIENTALE

Protezione dai venti invernali

SISTEMA TIPOLOGICO

Fattore di forma- Rapporto superficie/volume

SISTEMA TECNOLOGICO

Incremento delle proprietà termiche dell'involucro

Regolazione e controllo dei ricambi d'aria

Sistemi di recupero di calore

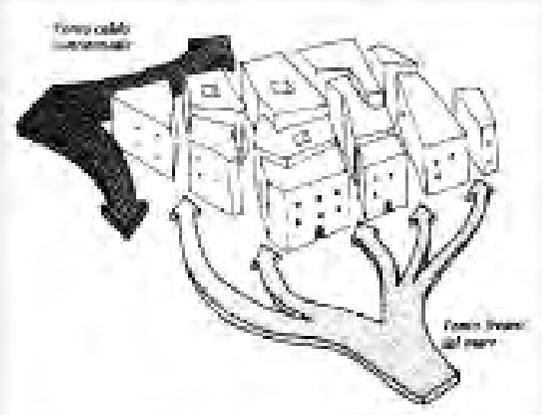
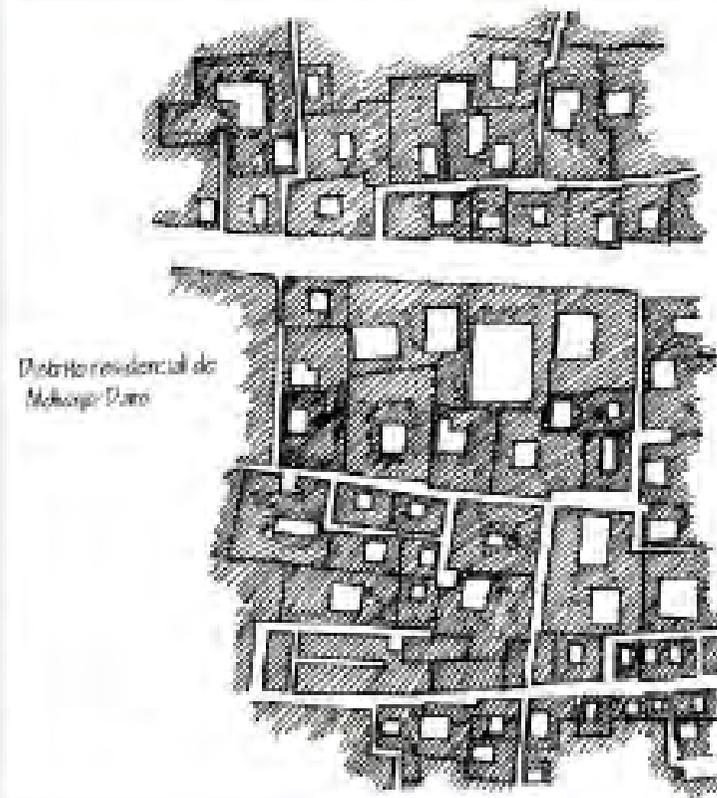
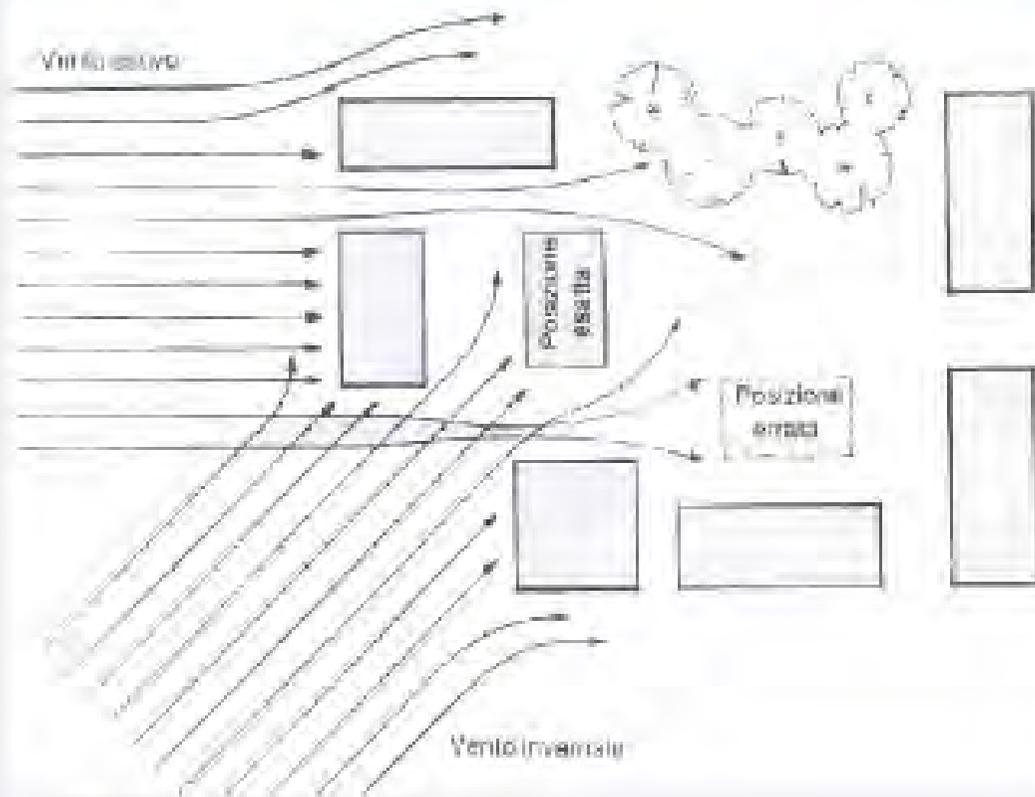
FATTORI METEOROLOGICI

The screenshot displays the 'Atlante Eolico' web application in a browser window. The page title is 'ATLANTE EOLICO INTERATTIVO'. The main content is a map of Europe with various data layers overlaid. The left sidebar contains a 'Livelli' (Layers) panel with the following categories and options:

- Cartografia di base
 - OpenStreetMap
 - Google Satellite
 - Google Terreno
 - Google Mappa
- Limiti Amministrativi
 - Confini Regionali (checked)
 - Confini Provinciali
 - Confini Comunali
- Velocità media annua del vento
 - a 25 m s.l.t./s.l.m.
 - a 50 m s.l.t./s.l.m.
 - a 75 m s.l.t./s.l.m.
 - a 100 m s.l.t./s.l.m.
- Produttività specifica
 - a 25 m s.l.t./s.l.m.
 - a 50 m s.l.t./s.l.m.
 - a 75 m s.l.t./s.l.m.
 - a 100 m s.l.t./s.l.m.
- Impianti Eolici esistenti
 - su base comunale

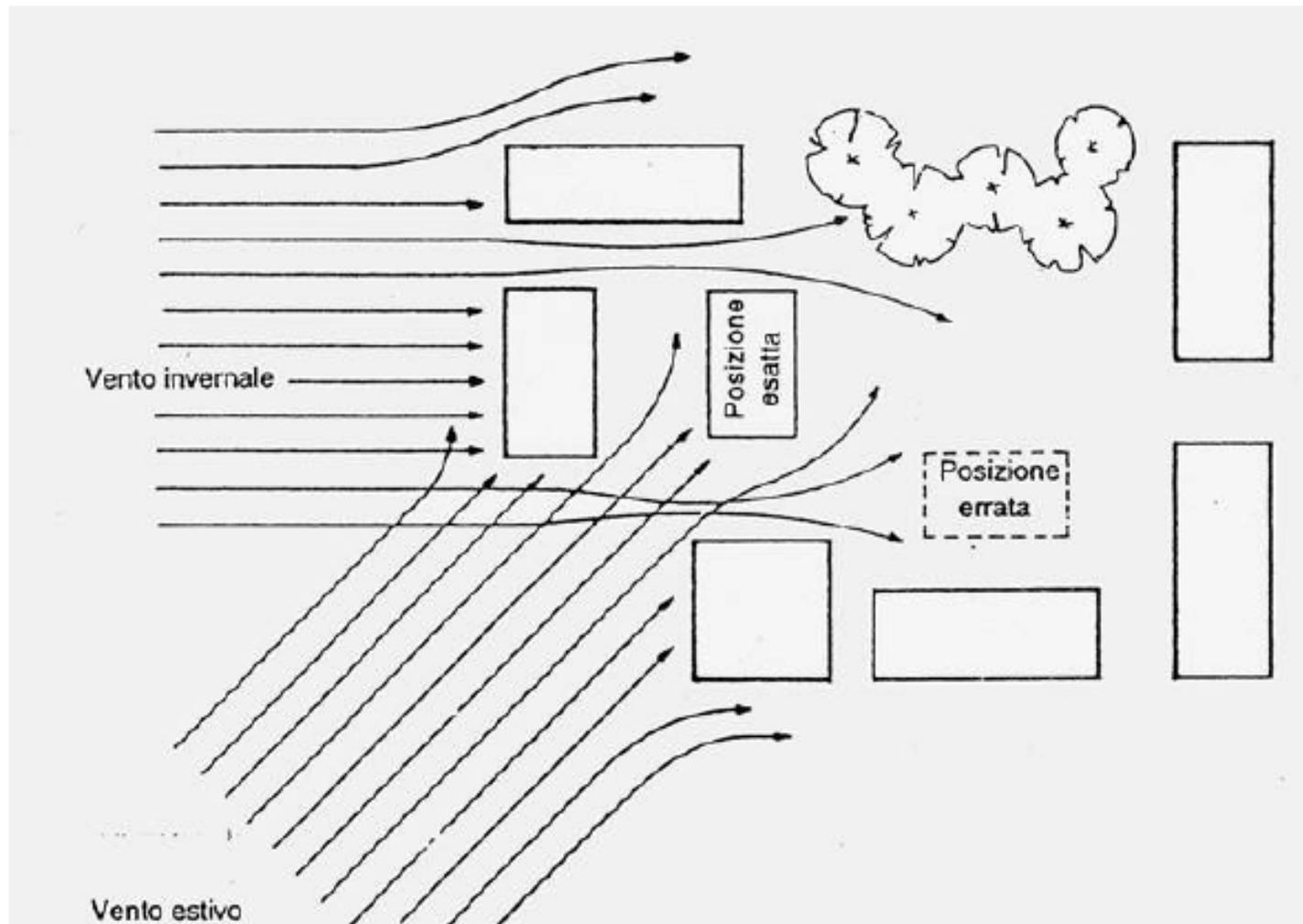
The bottom of the page features a footer with the text: 'Ricerca sul Sistema Energetico - RSE S.p.A © 2019 - [Tutti i diritti riservati](#) - [Note Legali](#) - [Privacy/Cookies](#)'. The browser's taskbar at the bottom shows the time as 16:23 on 08/11/2019.

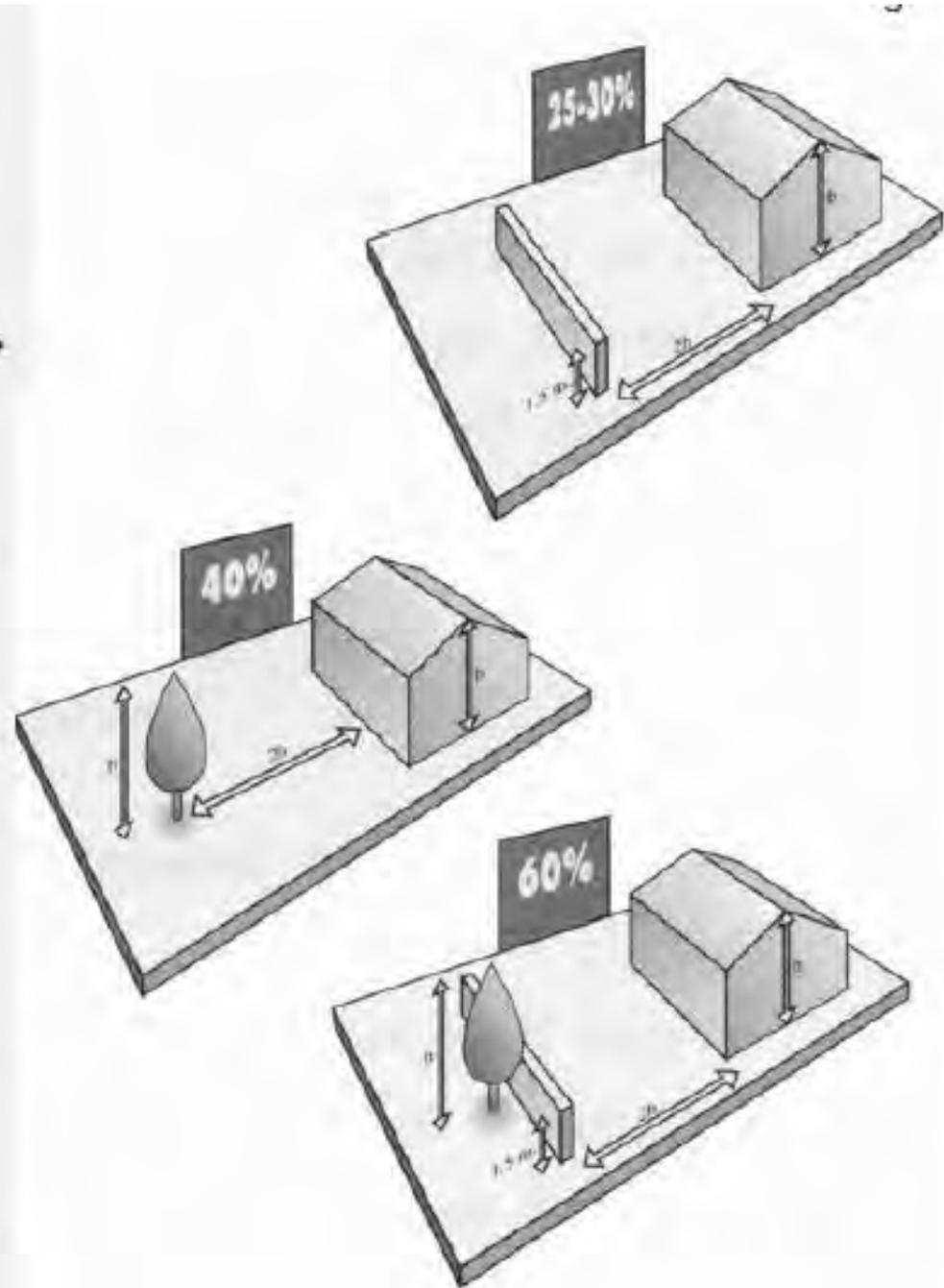
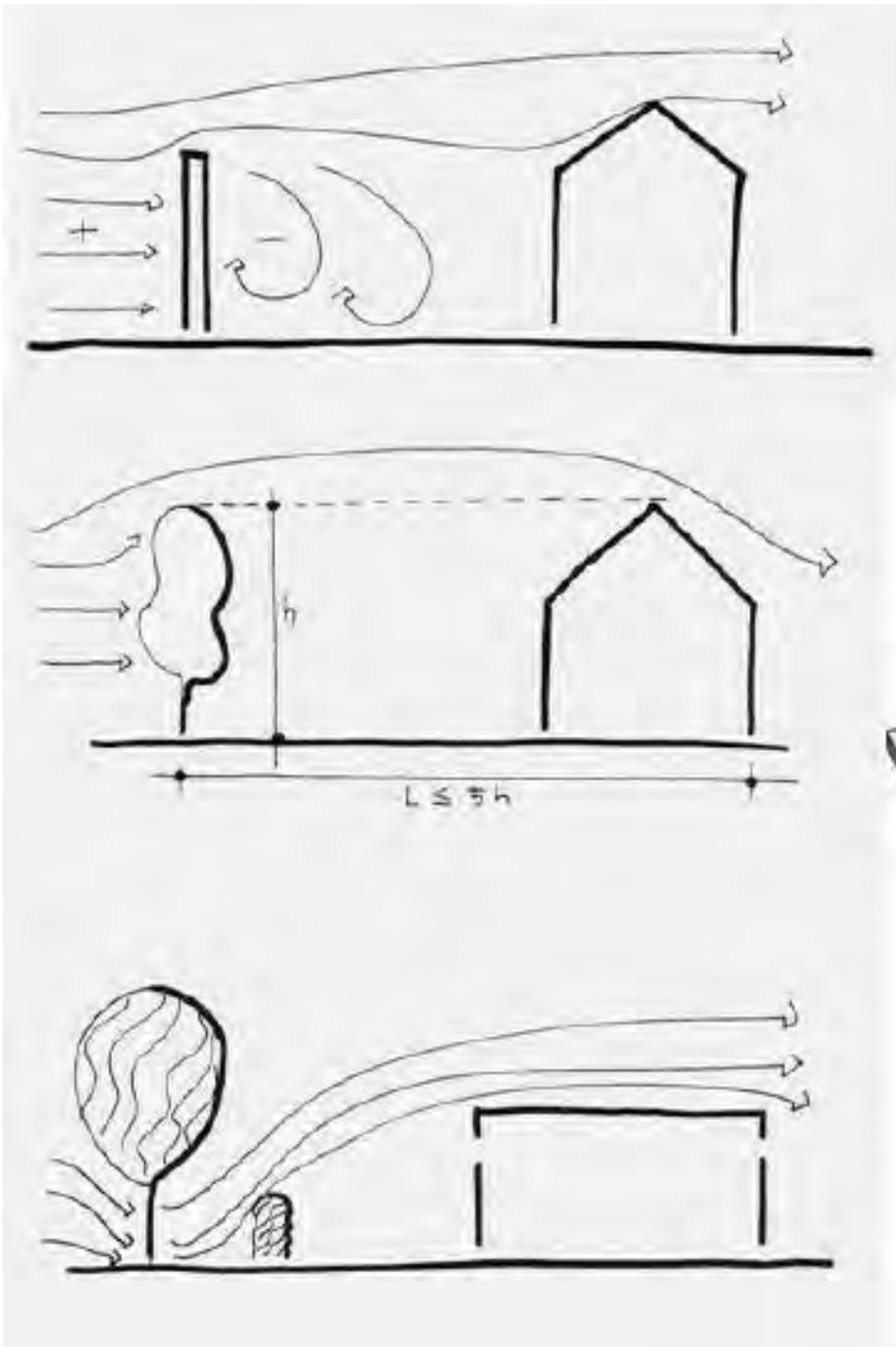
STRATEGIE DI PROGETTAZIONE



Protezione dai venti invernali

Inserendo un edificio in un ambito già edificato, la localizzazione ottimale è quella che espone la costruzione ai venti dominanti estivi, proteggendola da quelli invernali.







FORMA E DIMENSIONE DEGLI EDIFICI

Non è possibile definire una forma ideale, essa risulta influenzata da fattori di volta in volta diversi

Fattori ambientali

Esigenza funzionali

Esigenze psicologiche

Esigenze architettoniche

Fattori economici

Vincoli legislativi e normativi

Vincoli di contesto ambientale

STRATEGIE DI PROGETTAZIONE

FORMA DELL'EDIFICIO

- tipologia
- forma planimetrica
- compattezza

RAPPORTO SUPERFICIE DI INVOLUCRO E VOLUME CONTENUTO

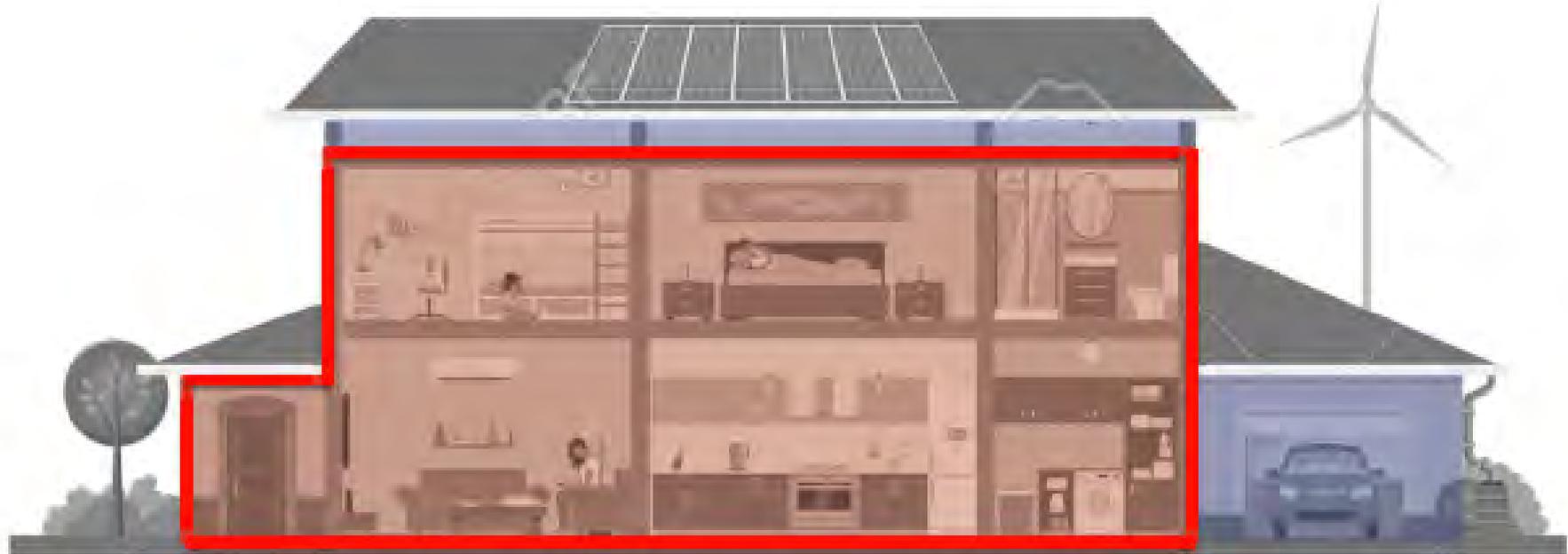
Forme compatte:
minimizzano gli scambi
energetici con
l'esterno

Forme libere:
favoriscono gli scambi
termici e la
ventilazione naturale

LA FORMA DELL'EDIFICIO CAMBIA L'EFFETTO DEI FLUSSI ENERGETICI

guadagno termico
maggiore in inverno

guadagno termico
maggiore in estate

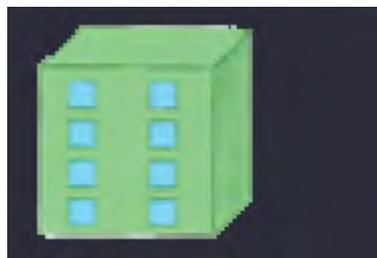


SUPERFICIE ESTERNA LORDA – SUPERFICIE DISPERDENTE

COMPATTEZZA DELL'EDIFICIO = RAPPORTO S/V SUPERFICIE DISPONENTE/VOLUME RISCALDATO

VOLUME

Più piccolo è l'elemento, più è sfavorevole il rapporto S/V



LATO = 12 M
Volume 1728 mc
Superficie disperdente $12 \times 12 \times 6 = 864$ mq
 $S/V = 864/1728 = 0,5$



LATI = $6 \times 12 \times 24$
Volume 1728 mc
Superficie disperdente $(6 \times 12) \times 2 + (12 \times 24) \times 2 + (6 \times 24) \times 2 = 1008$ mq
 $S/V = 1008/1728 = 0,65$



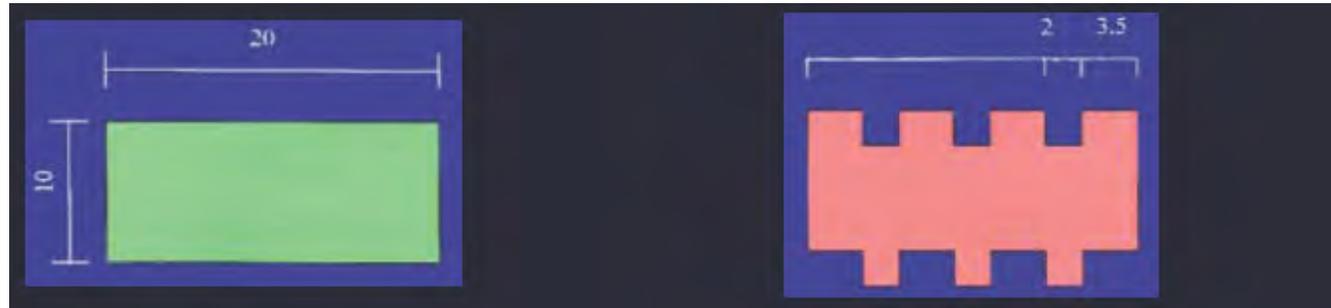
LATI = 6 (8 cubi)
Volume 1728 mc
Superficie disperdente $(6 \times 6) \times 8 = 1728$ mq
 $S/V = 1728/1728 = 1$

COMPATTEZZA DELL'EDIFICIO =

RAPPORTO S/V SUPERFICIE DISPERDENTE/VOLUME RISCALDATO

FORMA

Più articolata è la superficie, più è sfavorevole il rapporto S/V



$$V=20 \times 10 \times 12= 2400 \text{ mc}$$
$$S= 40+20= 60 \text{ mq}$$

$$S/V= 60/2400= 0,02$$

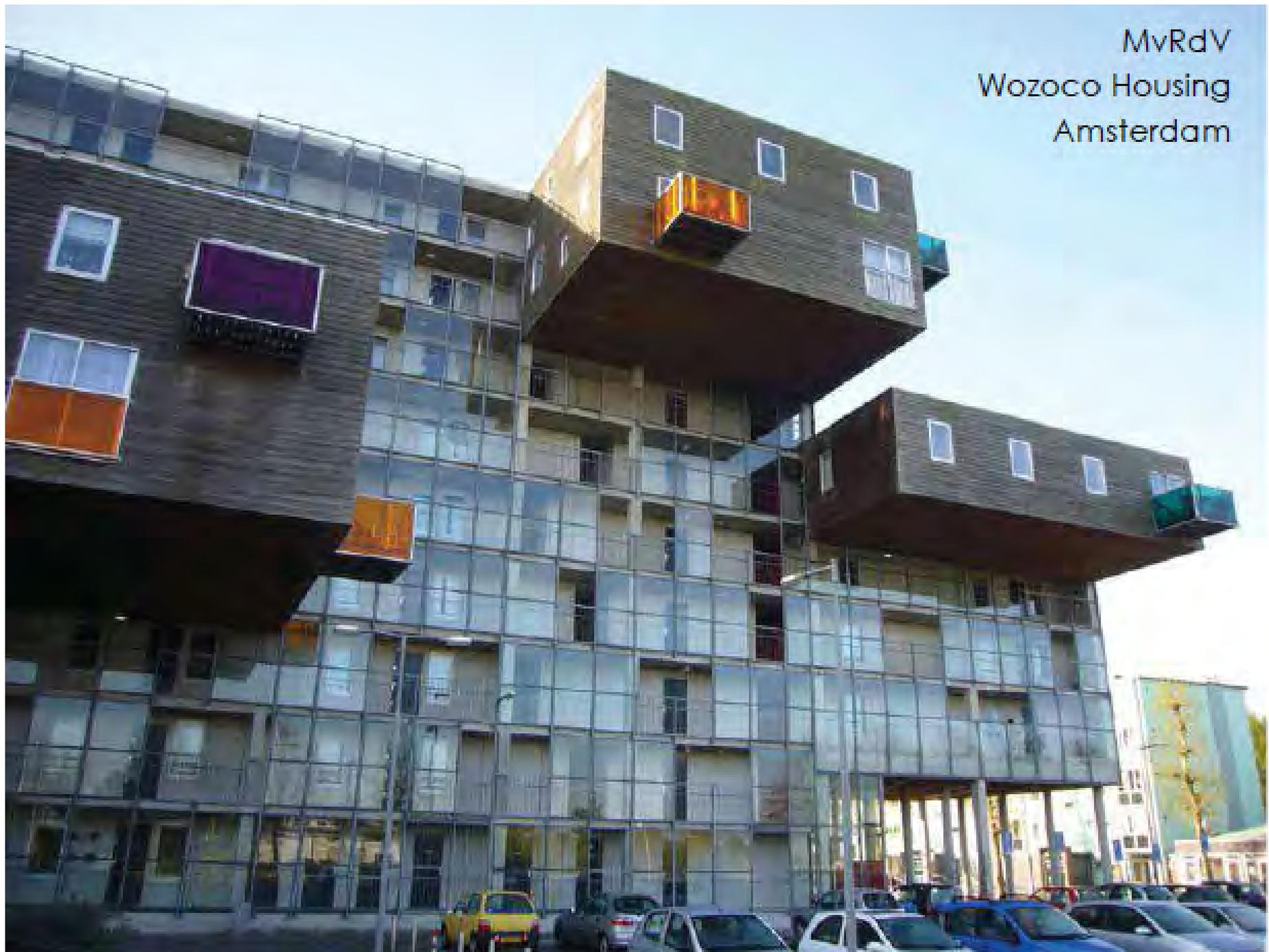
$$V=20 \times 10 \times 12= 2400 \text{ mc}$$

$$S= 10+10+ (3,5 \times 3) \times 2+ (2 \times 9) \times 2=77 \text{ mq}$$

$$S/V=77/2400= 0.03$$



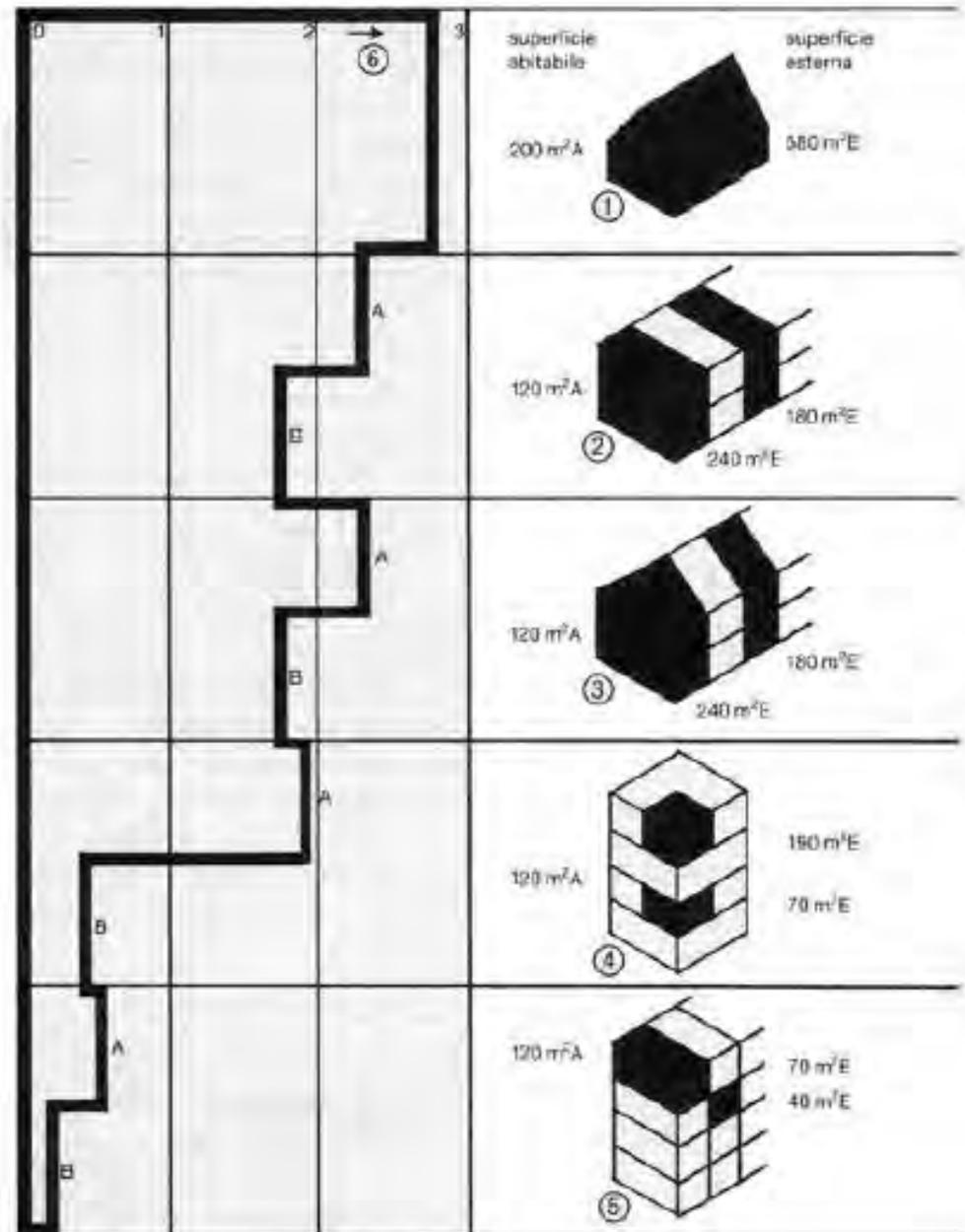
MvRdV
Wozoco Housing
Amsterdam



MvRdV
Edificio Celosia
Madrid



A parità di volume l'elemento variabile è la superficie esterna disperdente.

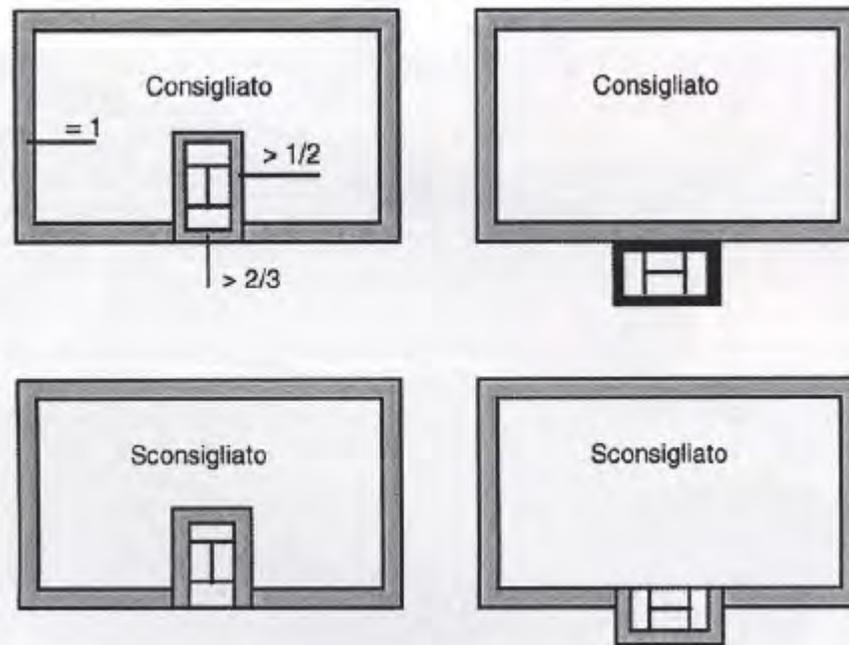


rapporto tra la sup. esterna di un edificio in mq E e la sup. abitabile in mq A in funzione della forma geometrica dell'involucro

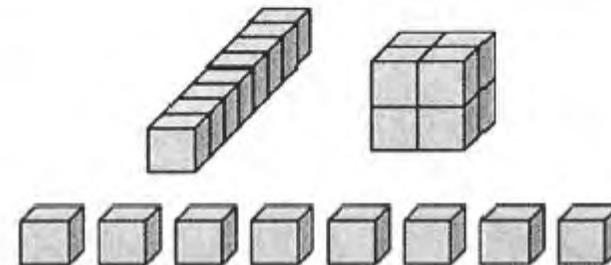
COMPATTEZZA DELL'EDIFICIO = RAPPORTO S/V SUPERFICIE DISPONIBILE/VOLUME RISCALDATO

In un edificio passivo:

- l'indice di compattezza = rapporto tra superficie perimetrale e volumetria contenuta < 0,6
- Balconi, terrazze, verande esterni all'involucro termico
- Corpo scala condominiale: interamente interno o esterno all'involucro termico

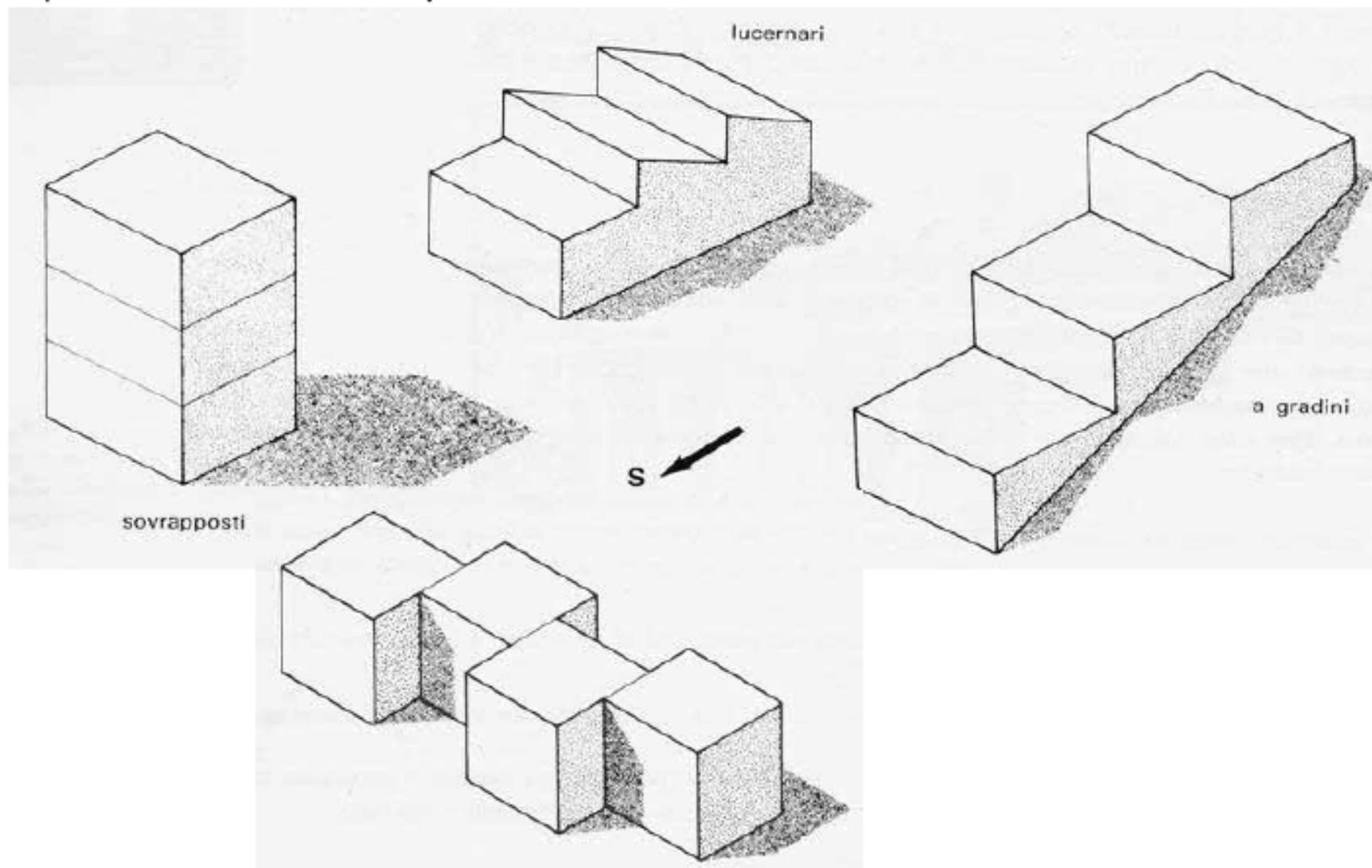


	Edificio piccolo V = 1.000 m ³		Edificio grande V = 10.000 m ³	
	S	S/V	S	S/V
Tutti gli 8 dadi riuniti in un grande dado	600	0,6	2.785	0,28
Gli otto dadi schierati	850	0,85	3.945	0,39
8 dadi singoli	1.200	1,2	5.570	0,56





Le unità funzionali di un organismo edilizio possono essere aggregate fra loro in modo diverso a seconda dei vincoli edilizi ed urbanistici esistenti, nonché di esigenze funzionali o formali di volta in volta diverse; l'importante è tenere sempre in considerazione le implicazioni che ogni scelta comporta nei confronti delle questioni ambientali e climatiche.







2. RISORSA = SOLE

MASSIMIZZAZIONE DEGLI APPORTI SOLARI GRATUITI

Localizzazione ed orientamento dell'edificio

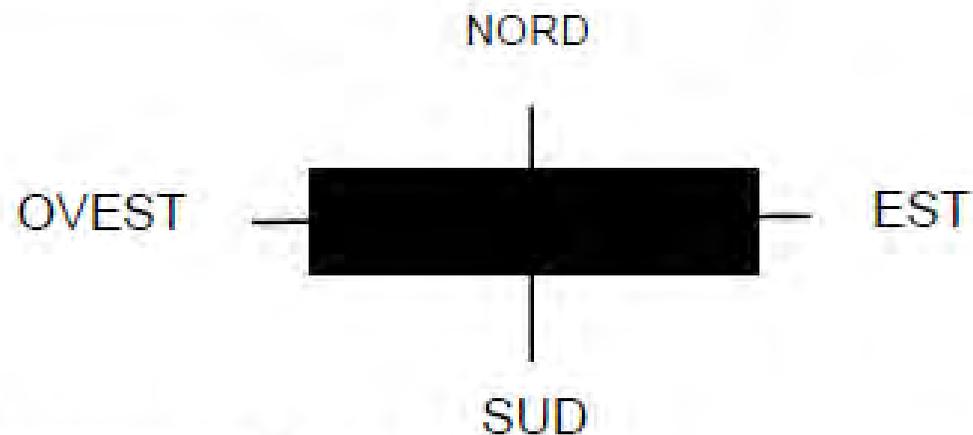
Sistemi solari passivi

Riduzione dei rischi di ombreggiamento invernale

Distribuzione funzionale degli spazi interni

RAPPORTO EDIFICIO CONTESTO

- ORIENTAMENTO EDIFICIO
- DISTRIBUZIONE DELLE FUNZIONI SECONDO LE ZONE TERMICHE
- DISTRIBUZIONE E MORFOLOGIA DEI VOLUMI

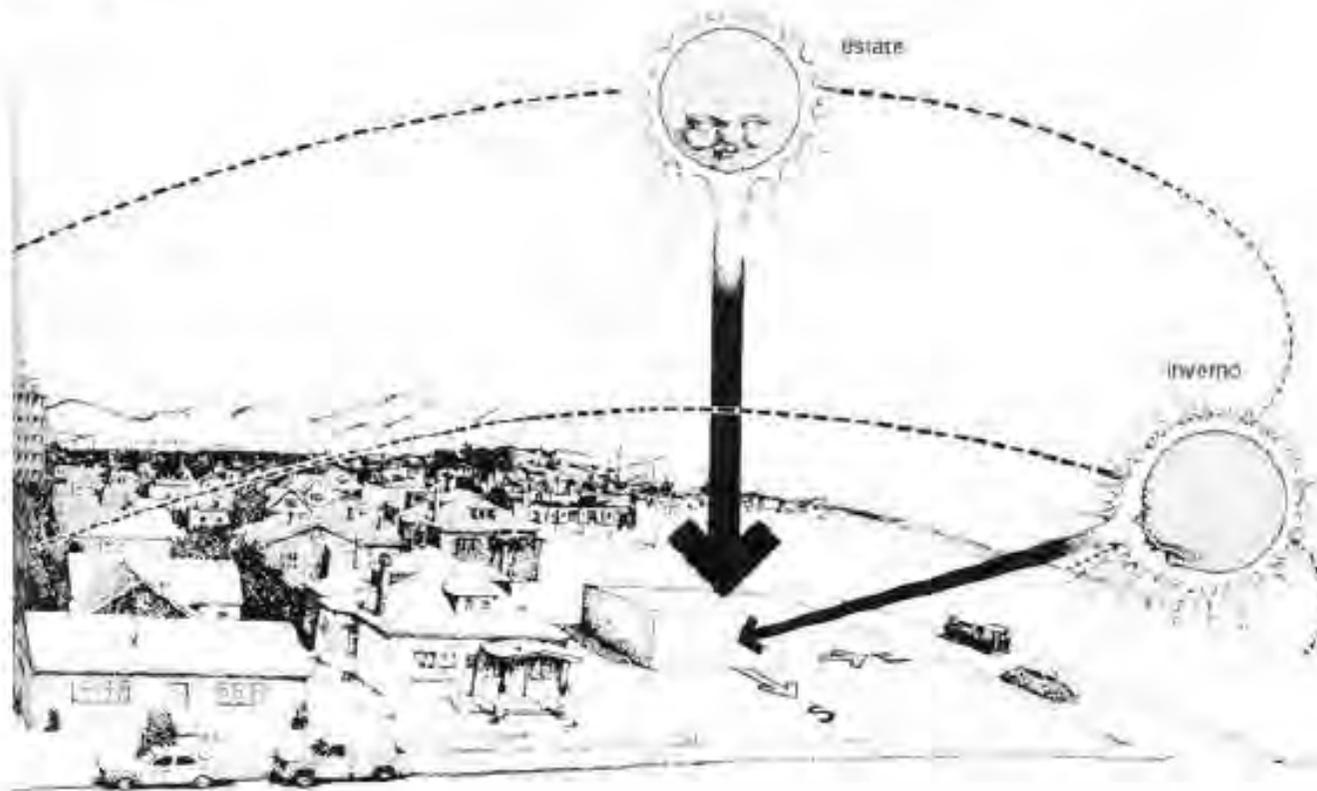


MASSIMA CAPTAZIONE A **SUD** MESI INVERNALI

MINIMA CAPTAZIONE FRONTI **EST/OVEST** MESI ESTIVI (surriscaldamento)

Localizzazione ed orientamento

La scelta della localizzazione di un edificio comincerà effettuando un rilievo accurato dell'area interessata che metta in evidenza le caratteristiche morfologiche del terreno, la presenza elementi naturali significativi quali la vegetazione o corsi d'acqua, nonché la presenza di edifici o altri elementi artificiali. In un clima temperato si procederà poi ad individuare i luoghi più soleggiati del sito, ossia quelli con visuale libera verso il Sud e con il minimo di ostacoli (naturali ed artificiali) al basso sole invernale.



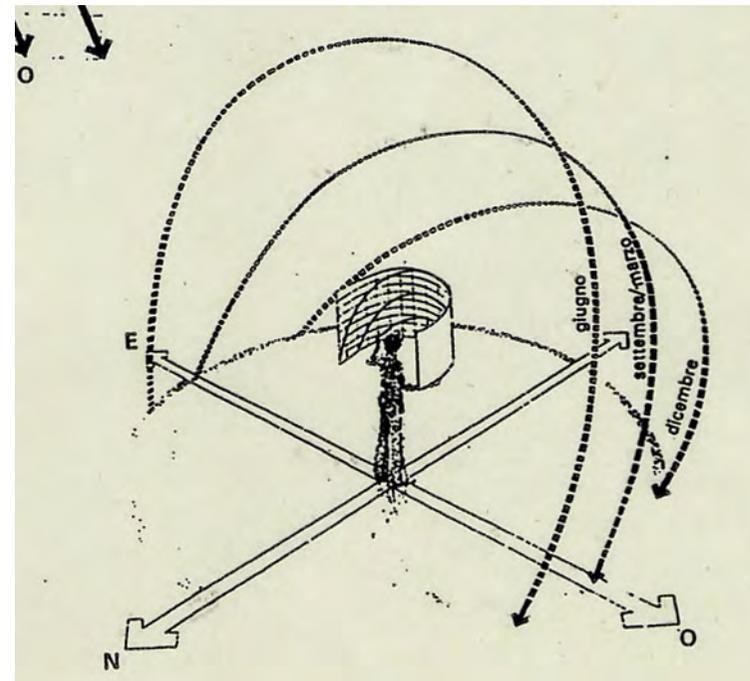
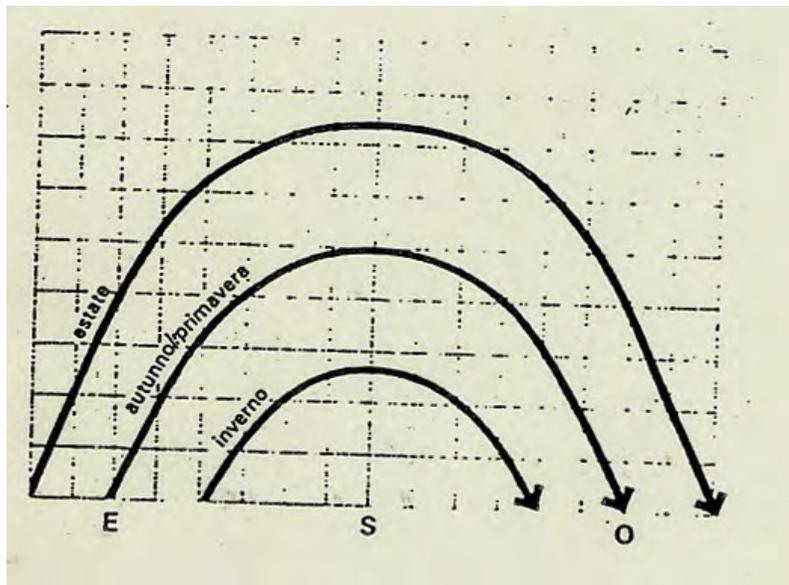
Fonte: E. Mazria, Sistemi Solari Passivi, Ed. Franco Muzzio, 1990

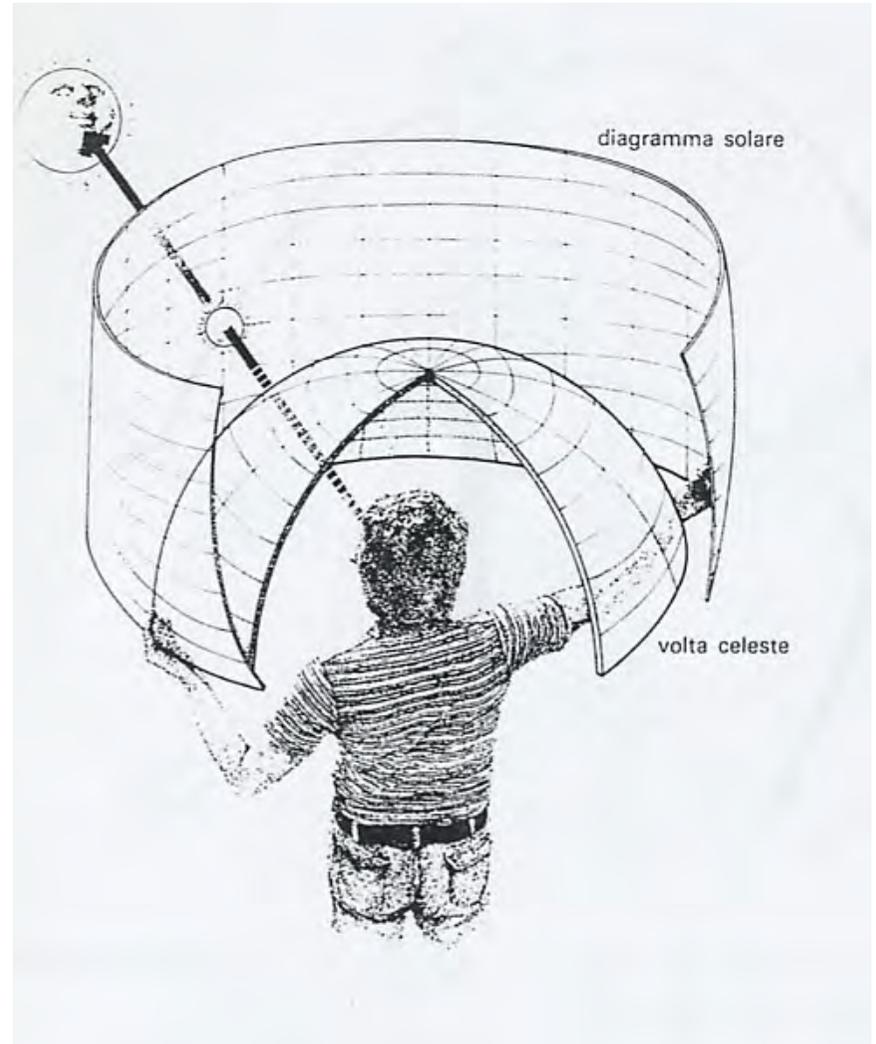
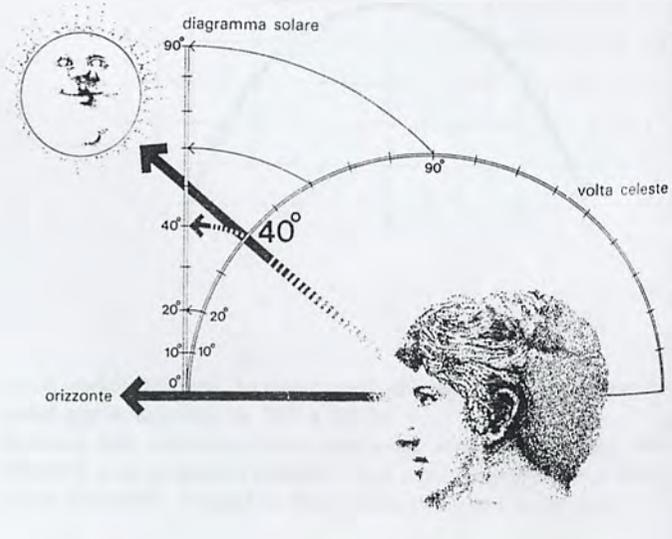
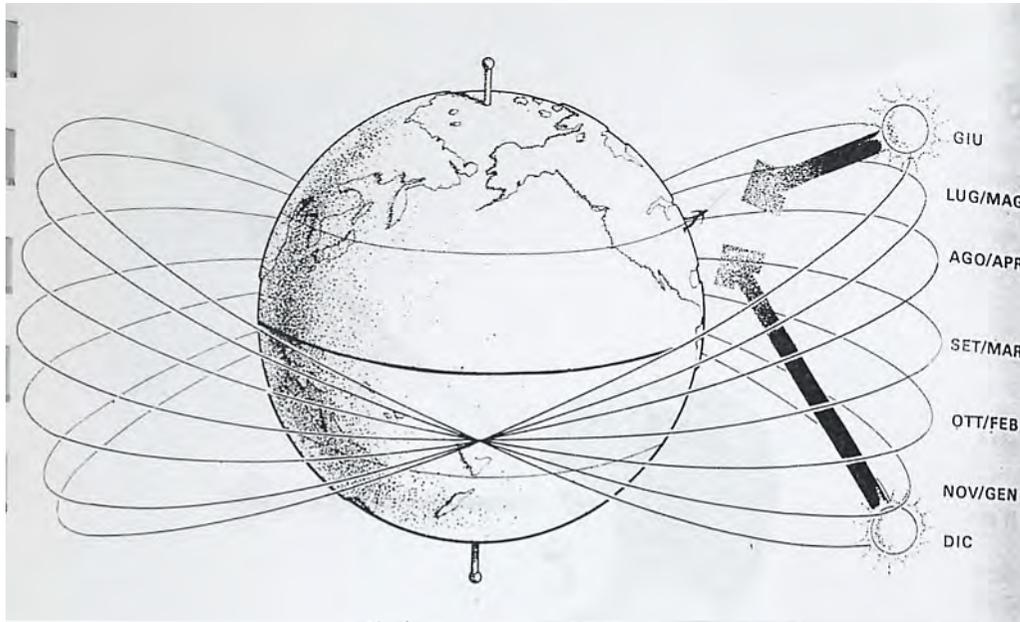
CHE COS'E' IL DIAGRAMMA SOLARE?

E' UNA RAPPRESENTAZIONE CARTOGRAFICA DELLA PROIEZIONE DELL'IPOTETICO MOTO DEL SOLE SUL PIANO VERTICALE

A COSA SERVE IL DIAGRAMMA SOLARE?

SERVE A DESCRIVERE IL MOTO APPARENTE DEL SOLE NELLA VOLTA CELESTE AL VARIARE DELLE STAGIONI, ASSUMENDO COME CONVENZIONE CHE LA TERRA SIA FERMA E CHE IL SOLE SI MUOVA ATTORNO AD ESSA





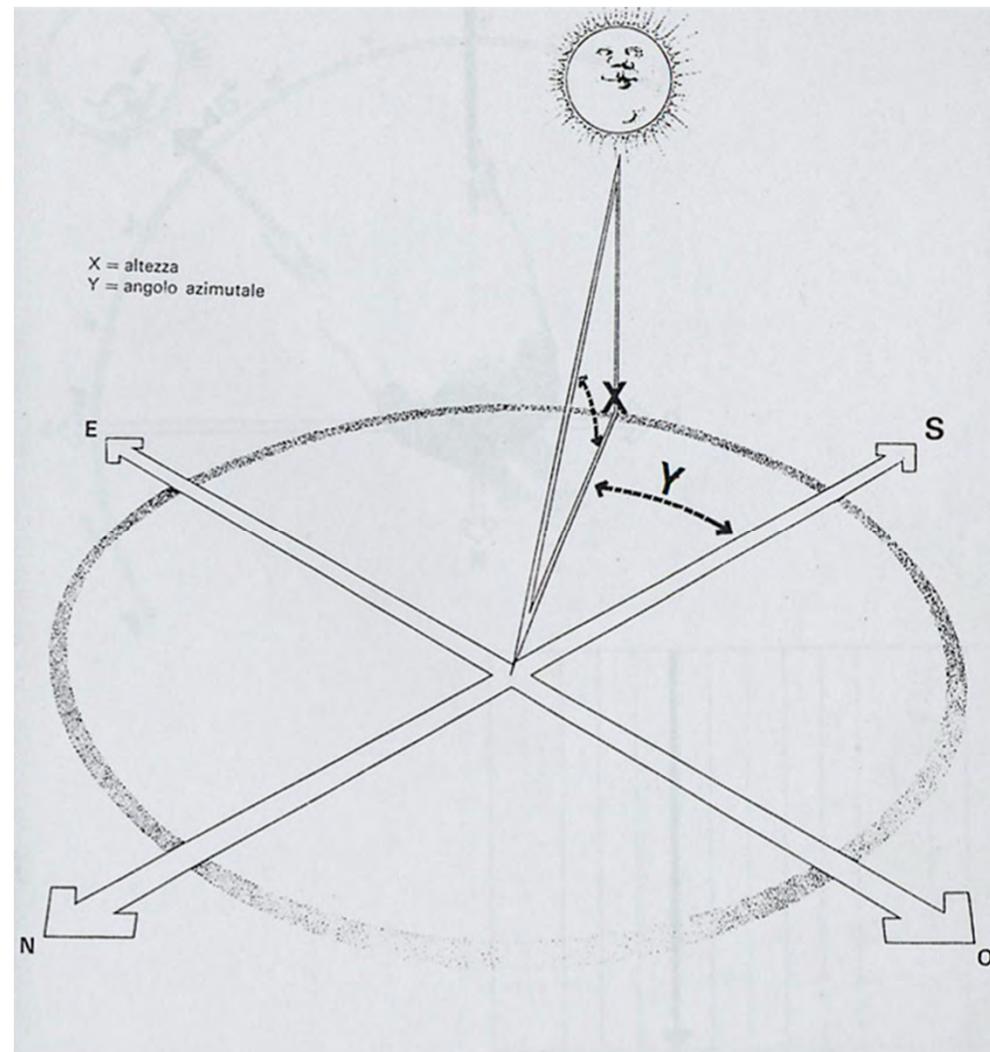
ALTEZZA SOLARE E ANGOLO AZIMUTALE

PER COMPRENDERE GLI EFFETTI DEL SOLE E RISPONDERVI ADEGUATAMENTE BISOGNA CONOSCERE, IN OGNI MOMENTO, LA POSIZIONE DEL SOLE NEL CIELO

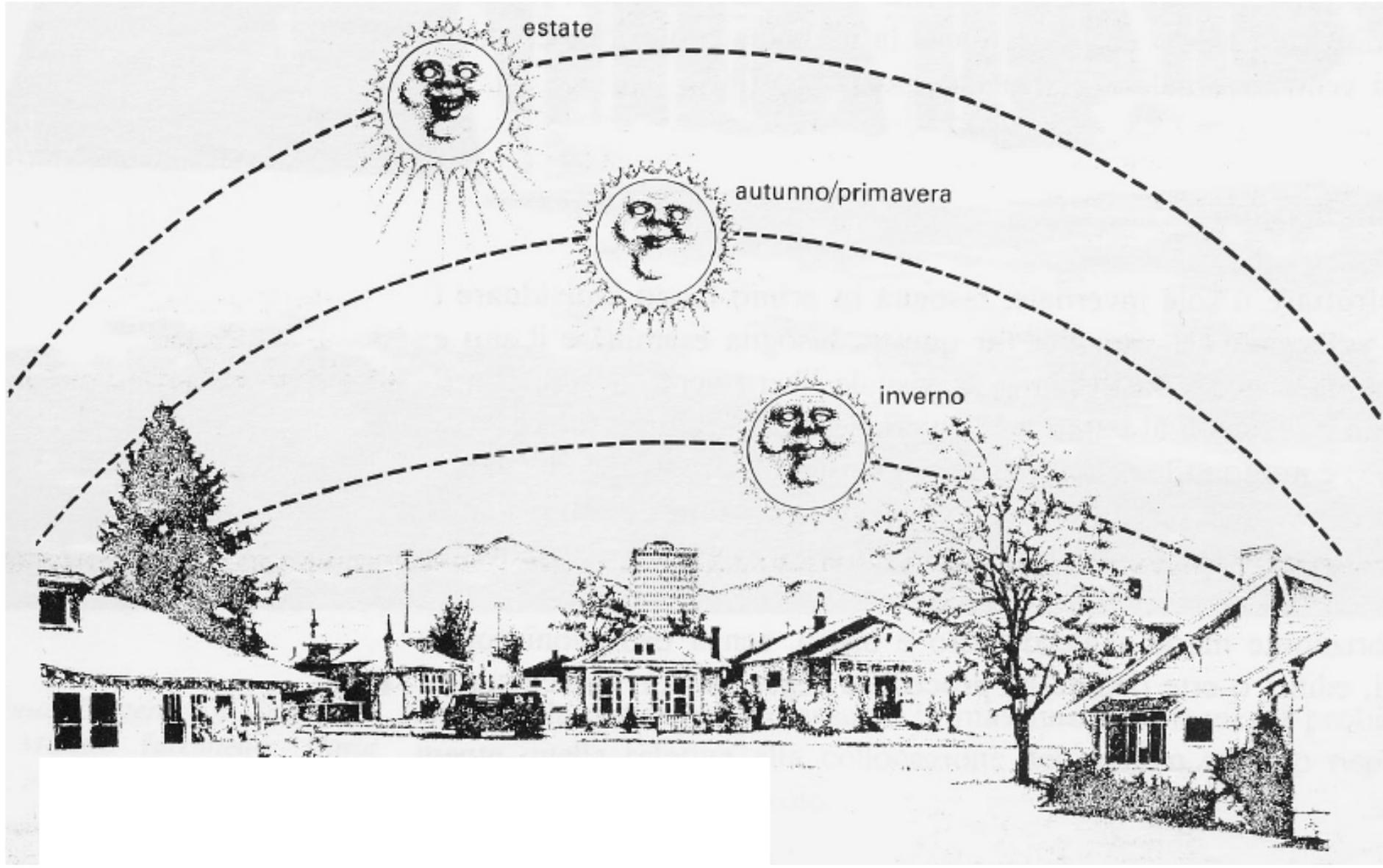
LA POSIZIONE DEL SOLE RISPETTO ALLA TERRA E' IDENTIFICATA IN OGNI ISTANTE DALLA SUA **ALTEZZA** E DAL SUO **AZIMUT**

X = ALTEZZA

Y = AZIMUT



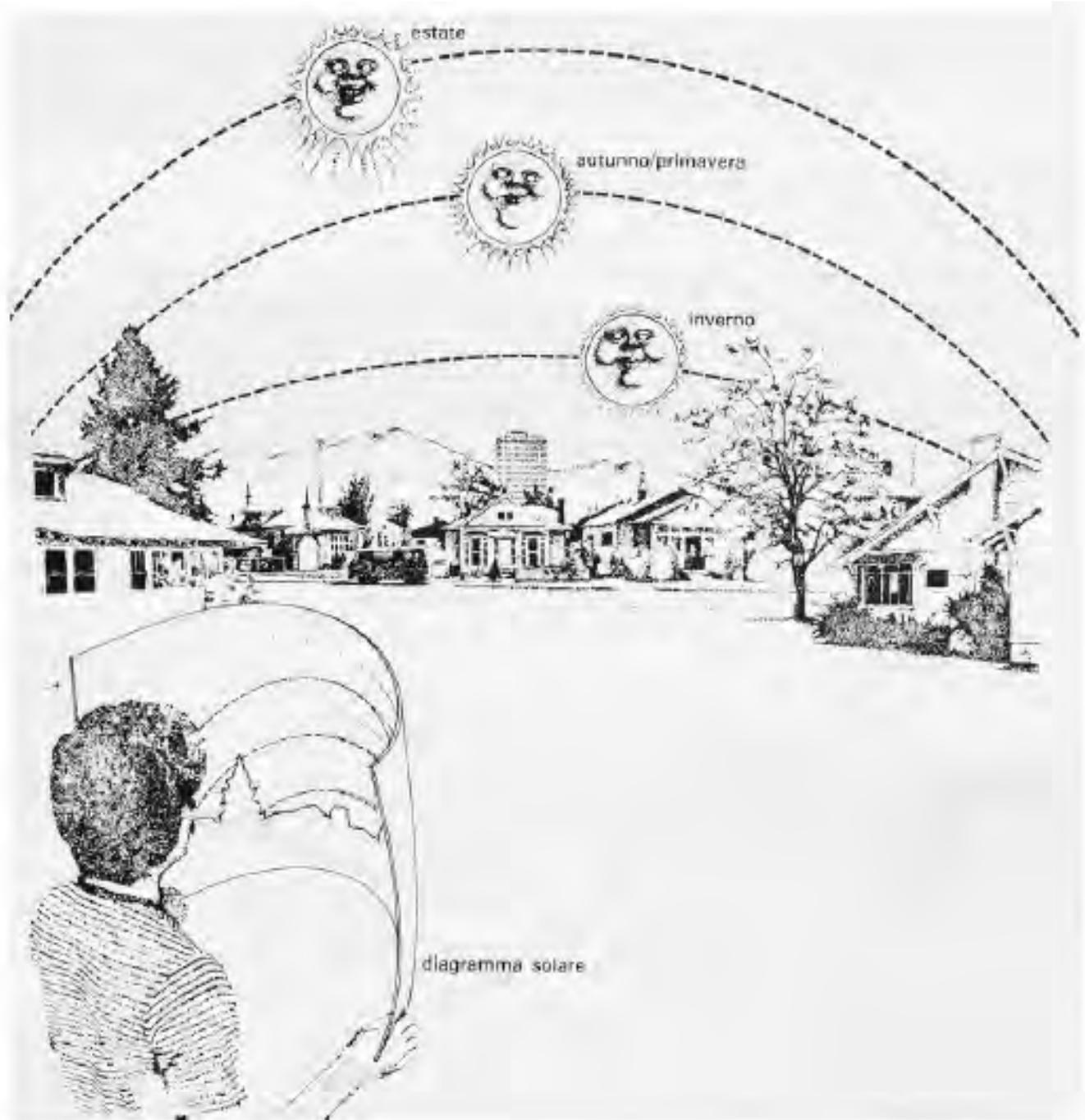
I DATI DELL'ALTEZZA SOLARE E DELL'AZIMUT DEL SOLE PER OGNI ORA DI QUALSIASI GIORNO DELL'ANNO, SECONDO LA LATITUDINE, SONO FORNITI DA TABELLE, CARTE SOLARI, DIAGRAMMI SOLARI



estate

autunno/primavera

inverno



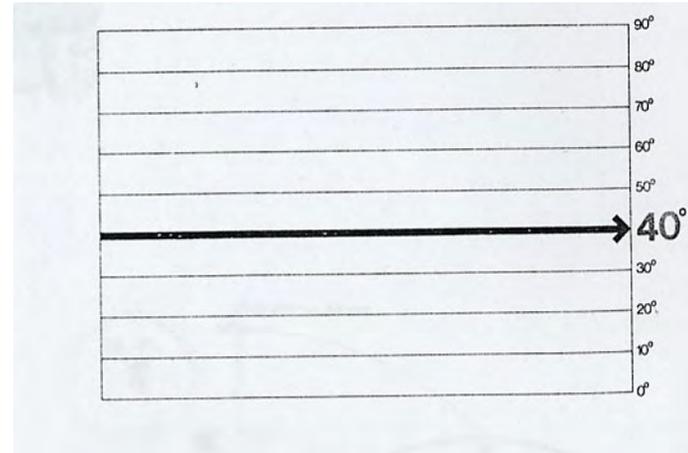
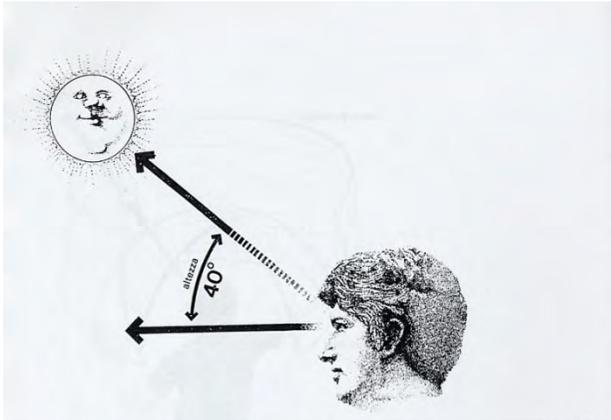
estate

autunno/primavera

inverno

diagramma solare

NEL **DIAGRAMMA SOLARE CILINDRICO** (VERTICALE) LE LINEE ORIZZONTALI RAPPRESENTANO GLI ANGOLI DI ALTEZZA COSTANTE SOPRA L'ORIZZONTE, CON INCREMENTI DI 10 GRADI



LE LINEE VERTICALI RAPPRESENTANO GLI ANGOLI AZIMUTALI COSTANTI CON INCREMENTI DI 15 GRADI

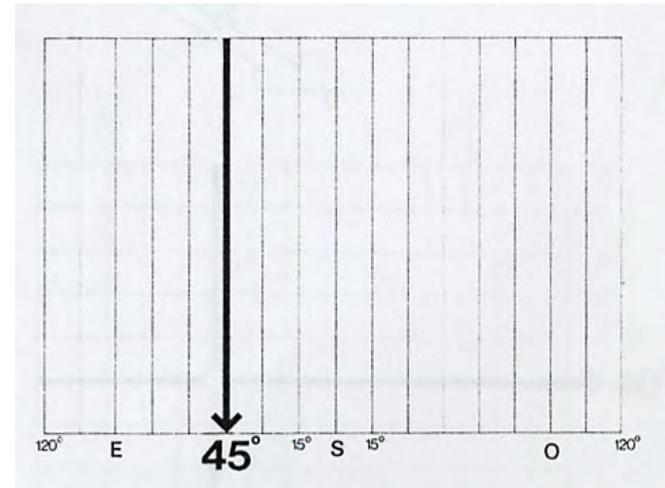
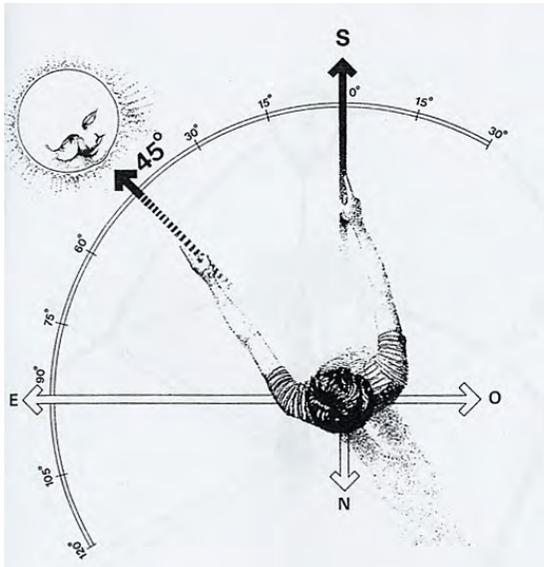


DIAGRAMMA SOLARE CILINDRICO (VERTICALE)

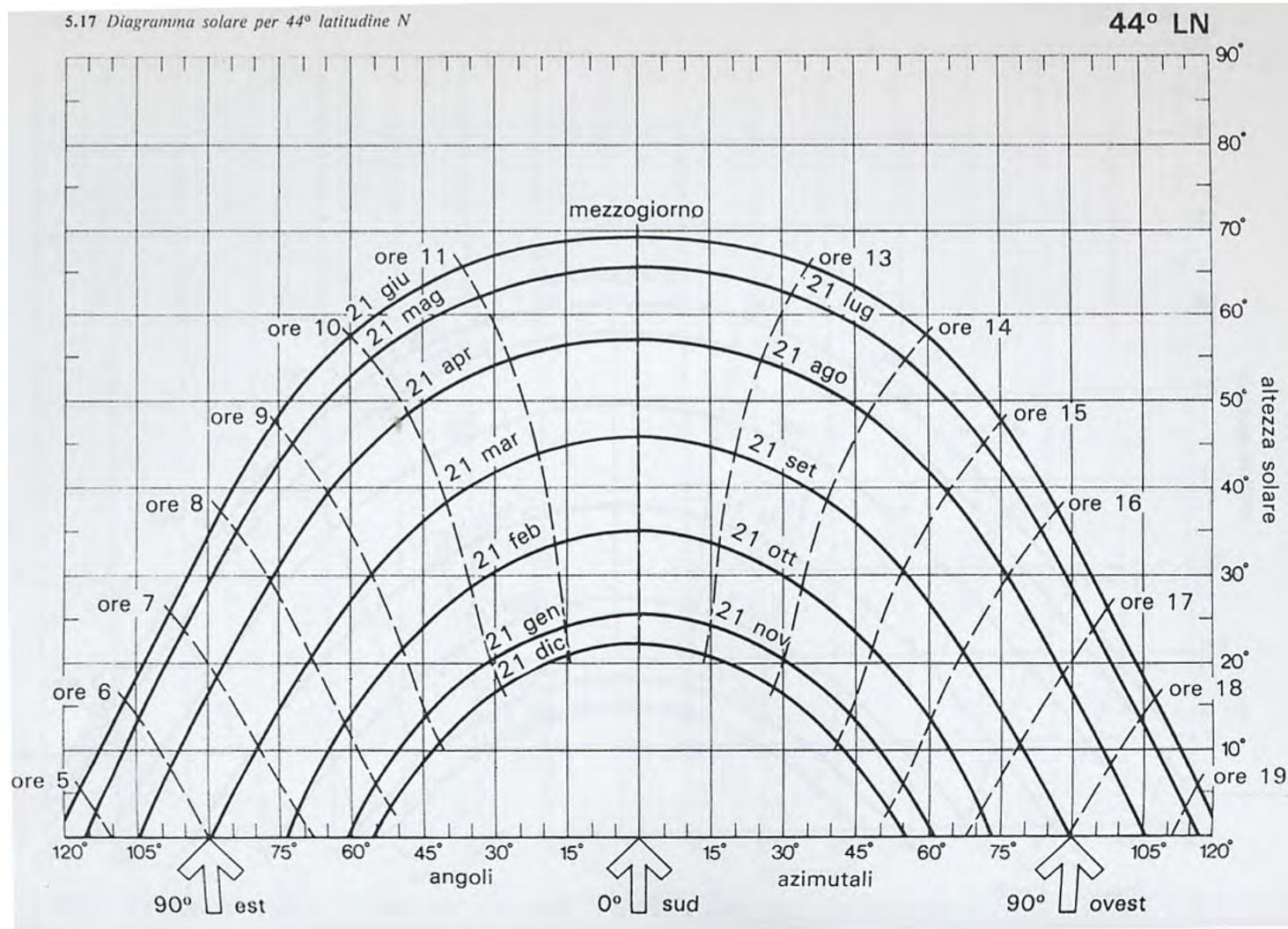
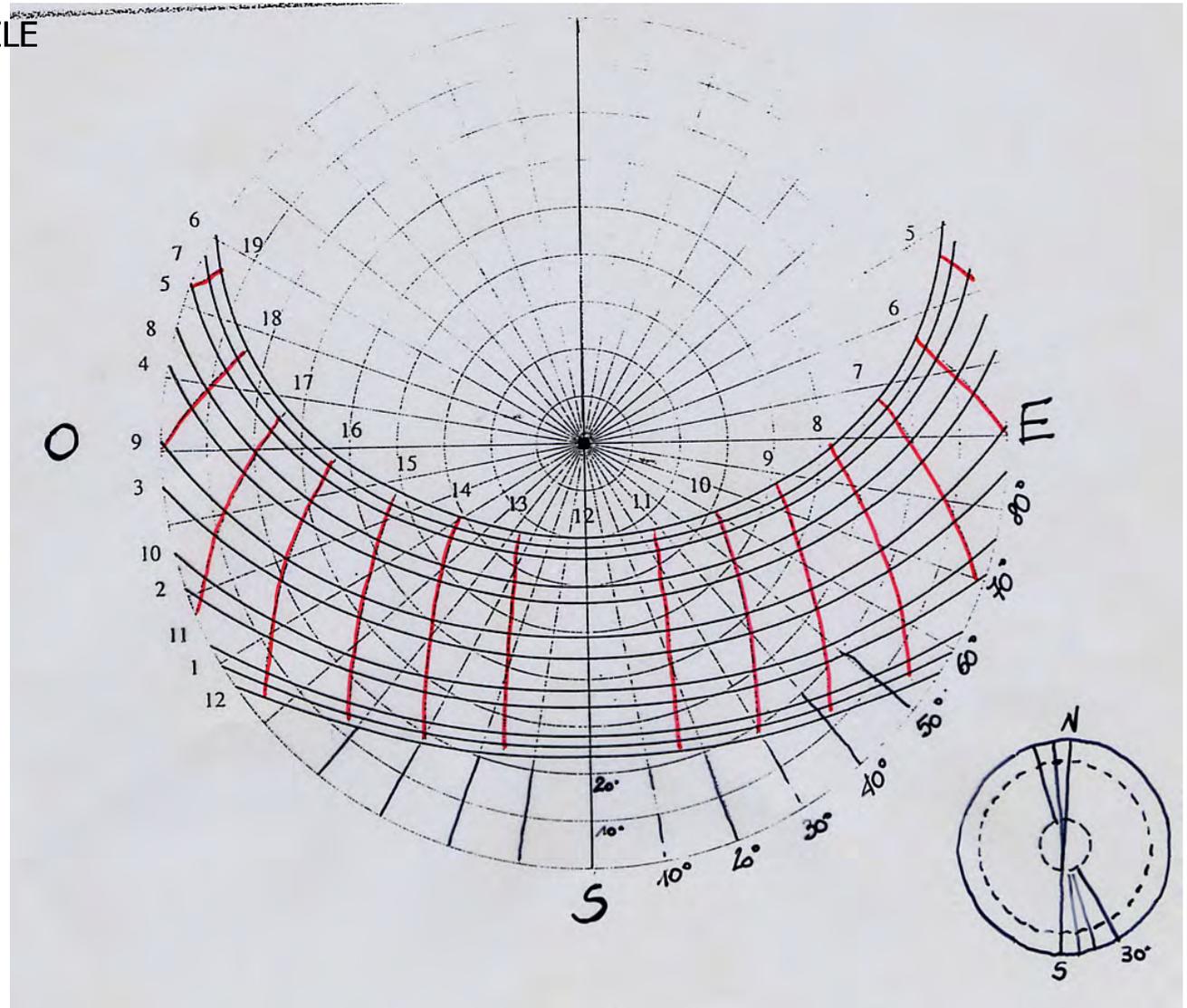


DIAGRAMMA SOLARE POLARE (ORIZZONTALE)

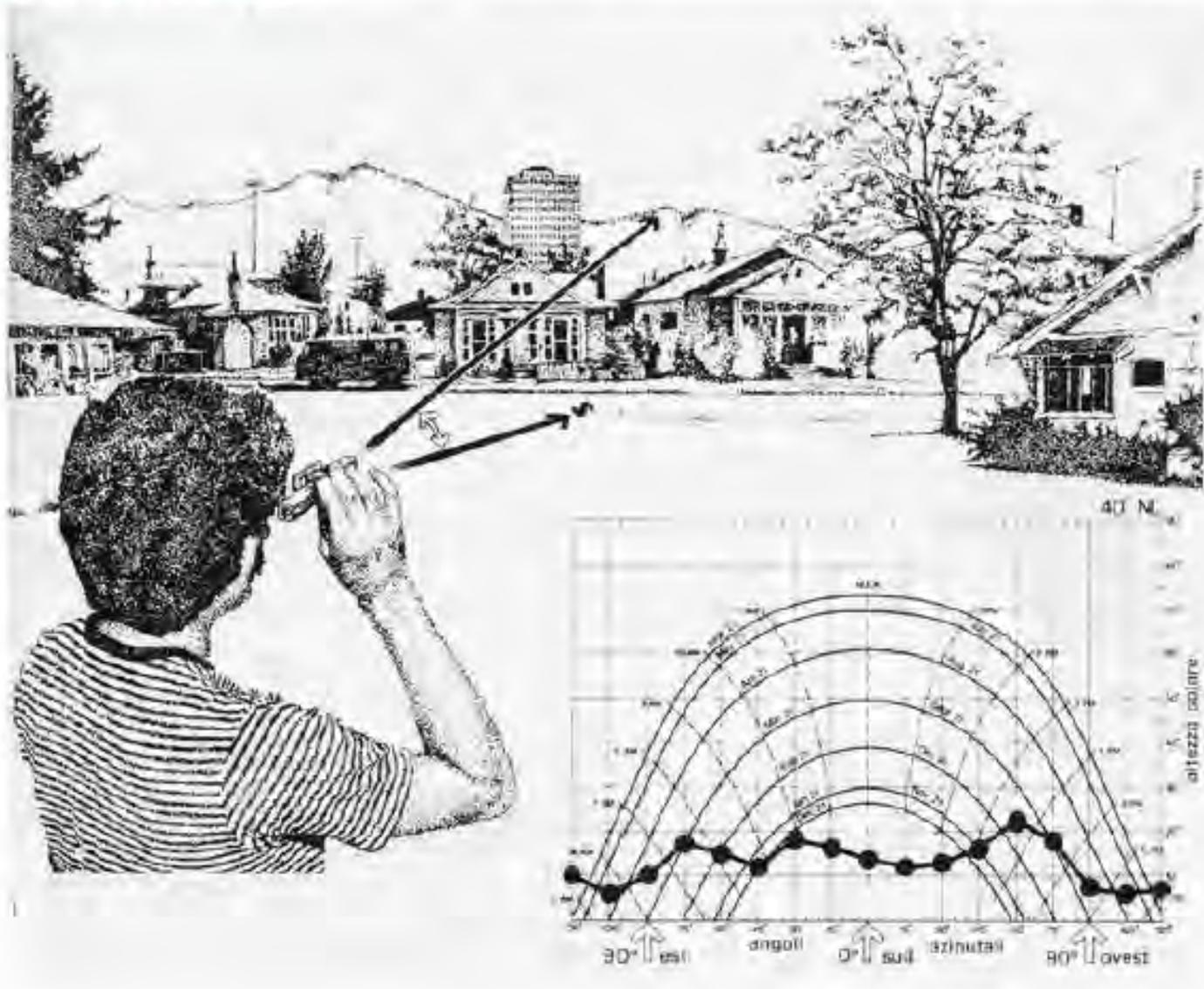
CERCHI CONCENTRICI = ALTEZZA SOLARE

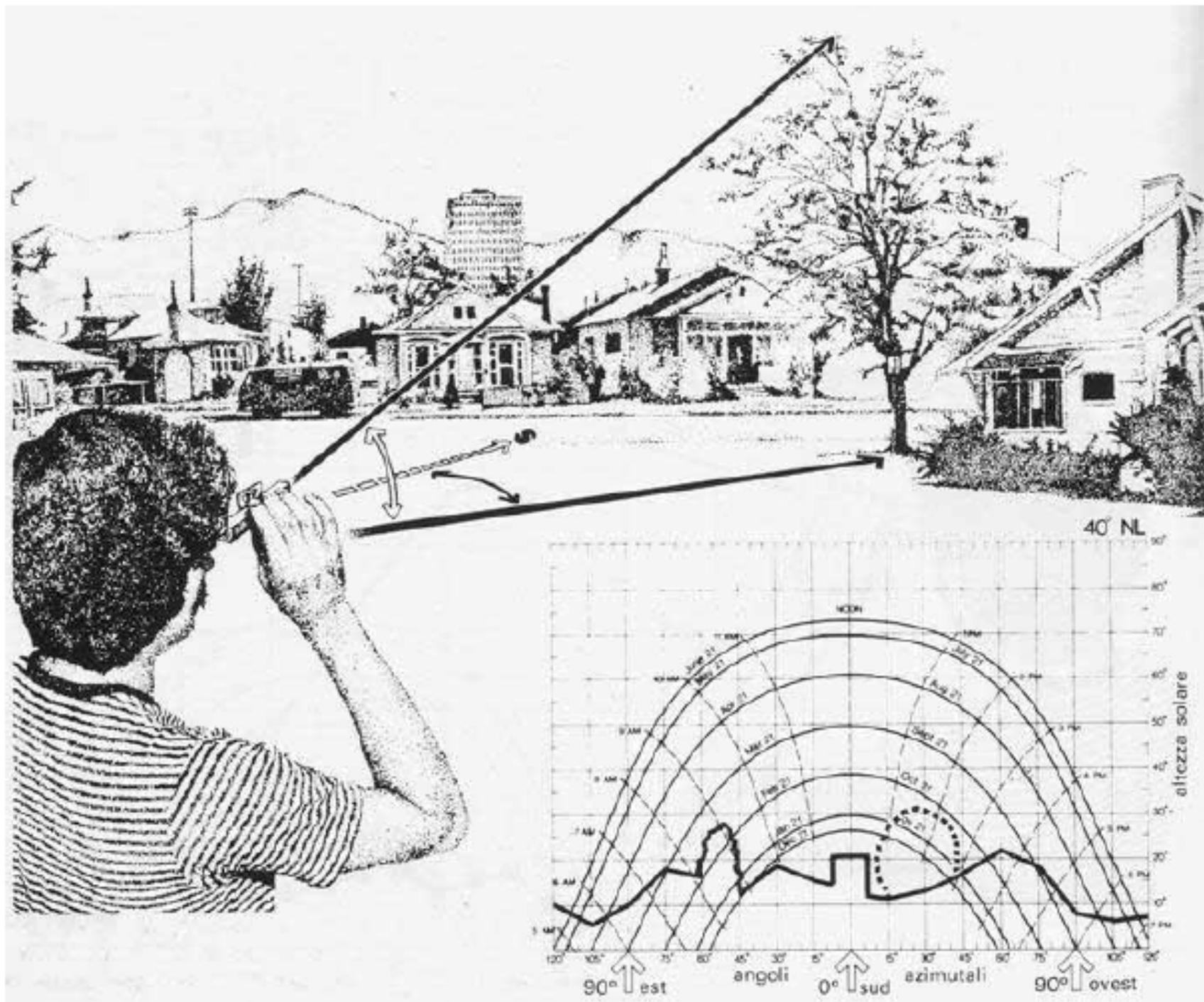
LINEE RADIALI = ANGOLI AZIMUTALI

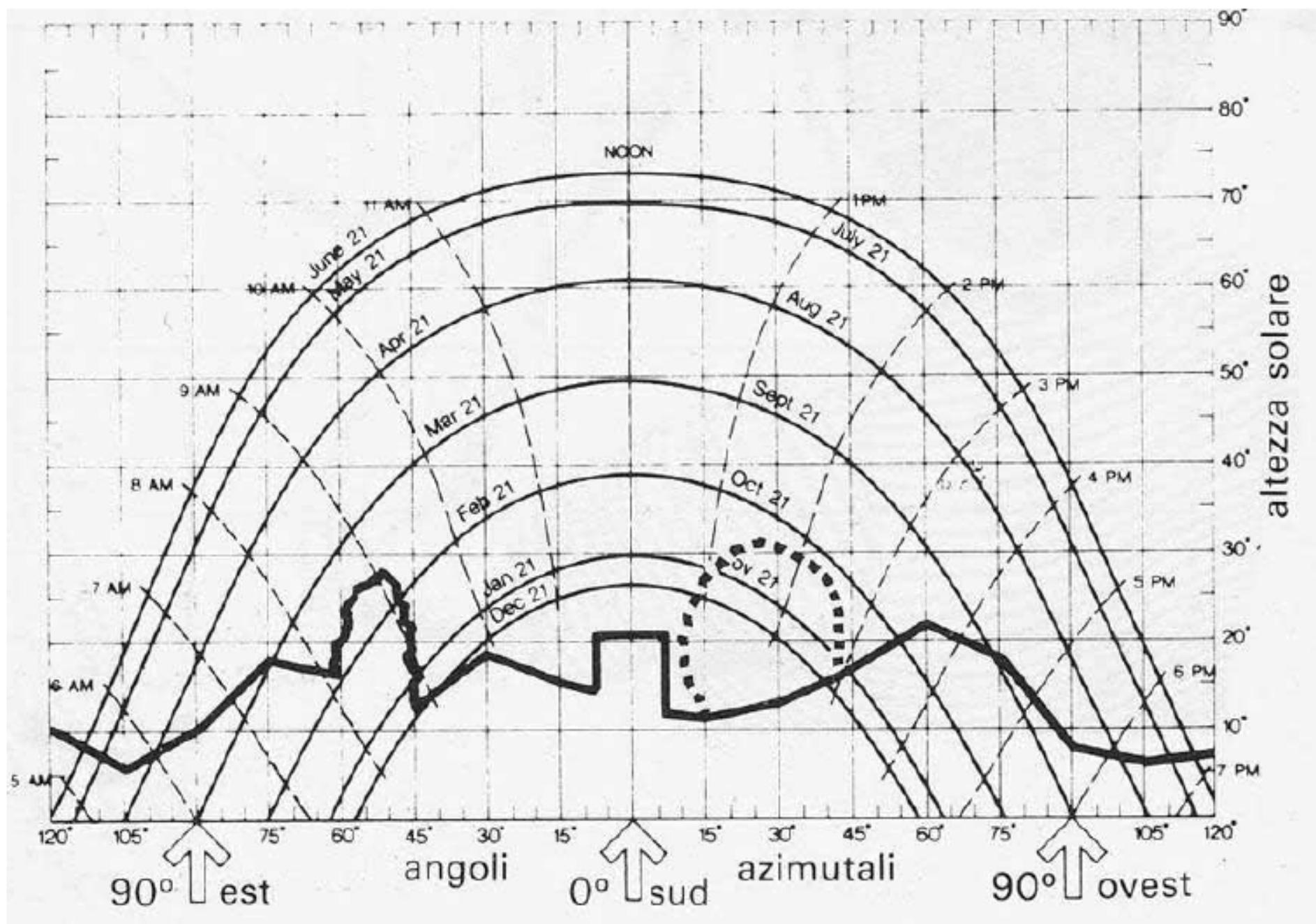
ARCHI = PERCORSO SOLARE MENSILE



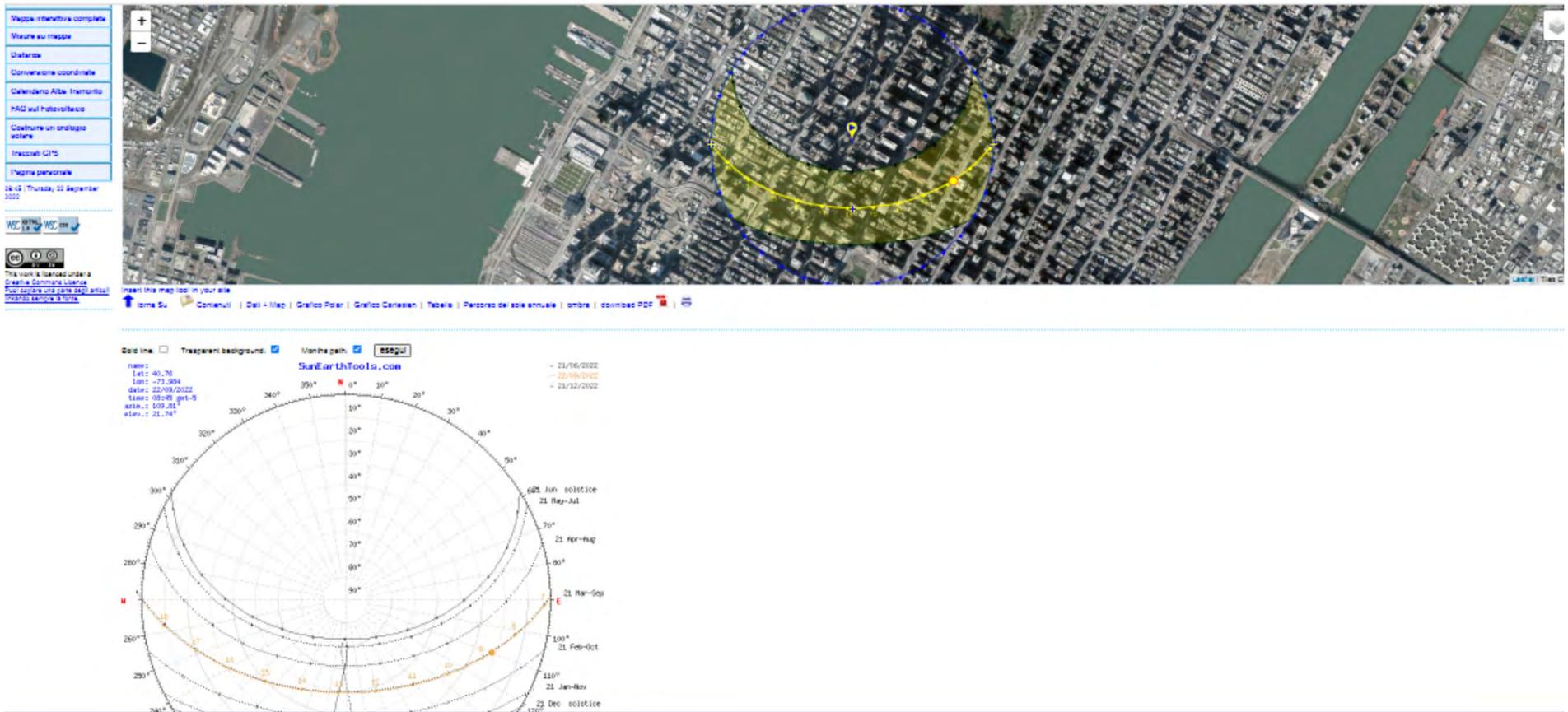
Per determinare in maniera corretta le ore del giorno in cui un ostacolo impedisce che la radiazione solare diretta raggiunga un preciso punto del sito è necessario innanzitutto rilevare il cosiddetto **profilo dell'orizzonte**.







https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=it



<http://www.solaritaly.enea.it/StrDiagrammiSolari/DiagrammiSolari.php>



Atlante italiano della radiazione solare

[Home](#)

[Chi siamo](#)

[Archivio](#)

[Calcoli](#)

[Previsioni](#)

[Prodotti](#)

[Contatto](#)

[Home](#)

[Chi siamo](#)

[Cosa c'è nel sito](#)

[Archivio on-line](#)

[Mappe della radiazione solare](#)

[Tabelle della radiazione solare](#)

[Illuminamento naturale](#)

[Integrale di luce giornaliero](#)

[Calcoli](#)

[Previsioni](#)

[Prodotti](#)

[Documentazione](#)

[Strumenti](#)

[Collegamenti utili](#)

[Informazioni sul sito](#)

[Contatto](#)

[Home](#) > [Strumenti](#) > Tabelle e diagrammi solari

Tabelle e diagrammi della posizione del Sole per una determinata località

1. [nel corso dell'anno \(dodici mesi\)](#)

Tabelle e diagrammi polare e cartesiano delle traiettorie del Sole nell'arco della giornata, per diversi giorni dell'anno. I giorni – uno per mese – sono scelti in modo che la [declinazione](#) coincida con quella media del mese.

2. [nel corso dell'anno \(sette mesi\)](#) 

Tabelle e diagrammi polare e cartesiano delle traiettorie del Sole nell'arco della giornata, per diversi giorni dell'anno. I giorni – uno per mese – sono scelti in modo che sia rappresentato il percorso più alto (solstizio d'estate, 21 giugno) e quello più basso (solstizio d'inverno, 21 dicembre), mentre per i mesi intermedi si abbiano coppie con percorsi (pressoché) coincidenti. Questa funzione è in preparazione.

3. [per un giorno assegnato](#) 

Tabelle e diagrammi solari per un giorno scelto dall'utente. Questa funzione è in preparazione.

Autore: Massimo Mancini, ENEA UTEE-MOS.

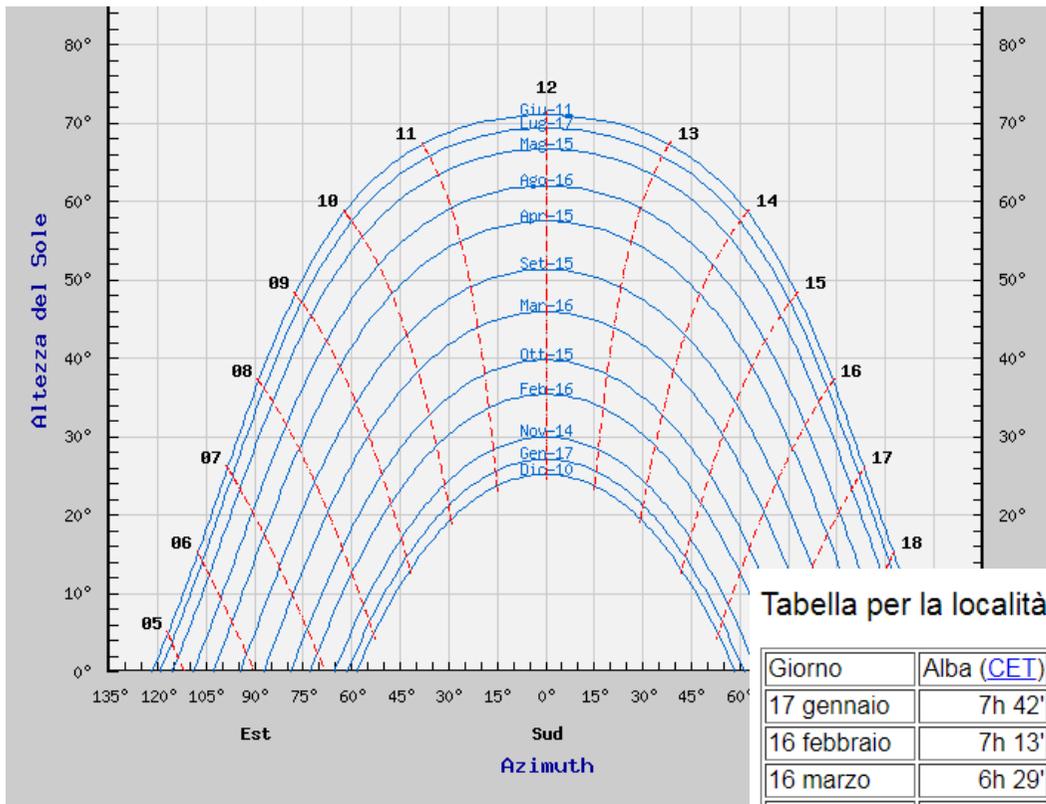


Tabella per la località Lat=42°00' Long=12°00'

Giorno	Alba (CET)	Tramonto (CET)	Durata del giorno	Equazione del tempo	Fattore di eccentricità
17 gennaio	7h 42'	17h 01'	9h 19'	-9'20"	1.0340
16 febbraio	7h 13'	17h 40'	10h 27'	-14'14"	1.0251
16 marzo	6h 29'	18h 14'	11h 45'	-9'21"	1.0108
15 aprile	5h 38'	18h 47'	13h 09'	-0'14"	0.9932
15 maggio	4h 57'	19h 19'	14h 22'	3'56"	0.9779
11 giugno	4h 41'	19h 41'	15h 00'	0'48"	0.9691
17 luglio	4h 56'	19h 40'	14h 45'	-6'01"	0.9673
16 agosto	5h 25'	19h 09'	13h 44'	-4'41"	0.9747
15 settembre	5h 55'	18h 19'	12h 24'	4'39"	0.9886
15 ottobre	6h 27'	17h 28'	11h 00'	14'25"	1.0059
14 novembre	7h 05'	16h 48'	9h 44'	15'20"	1.0222
10 dicembre	7h 34'	16h 36'	9h 02'	7'08"	1.0319

Altezza del Sole

Ora	17 gen	16 feb	16 mar	15 apr	15 mag	11 giu	17 lug	16 ago	15 set	15 ott	14 nov	10 dic
03:00 CET												
04:00 CET												
05:00 CET					0°28'	3°02'	0°43'					
06:00 CET				4°05'	10°55'	13°12'	10°54'	6°16'	0°52'			
07:00 CET			5°47'	15°11'	21°52'	23°59'	21°42'	17°17'	12°00'	5°52'		

LE MASCHERE DI OMBREGGIAMENTO

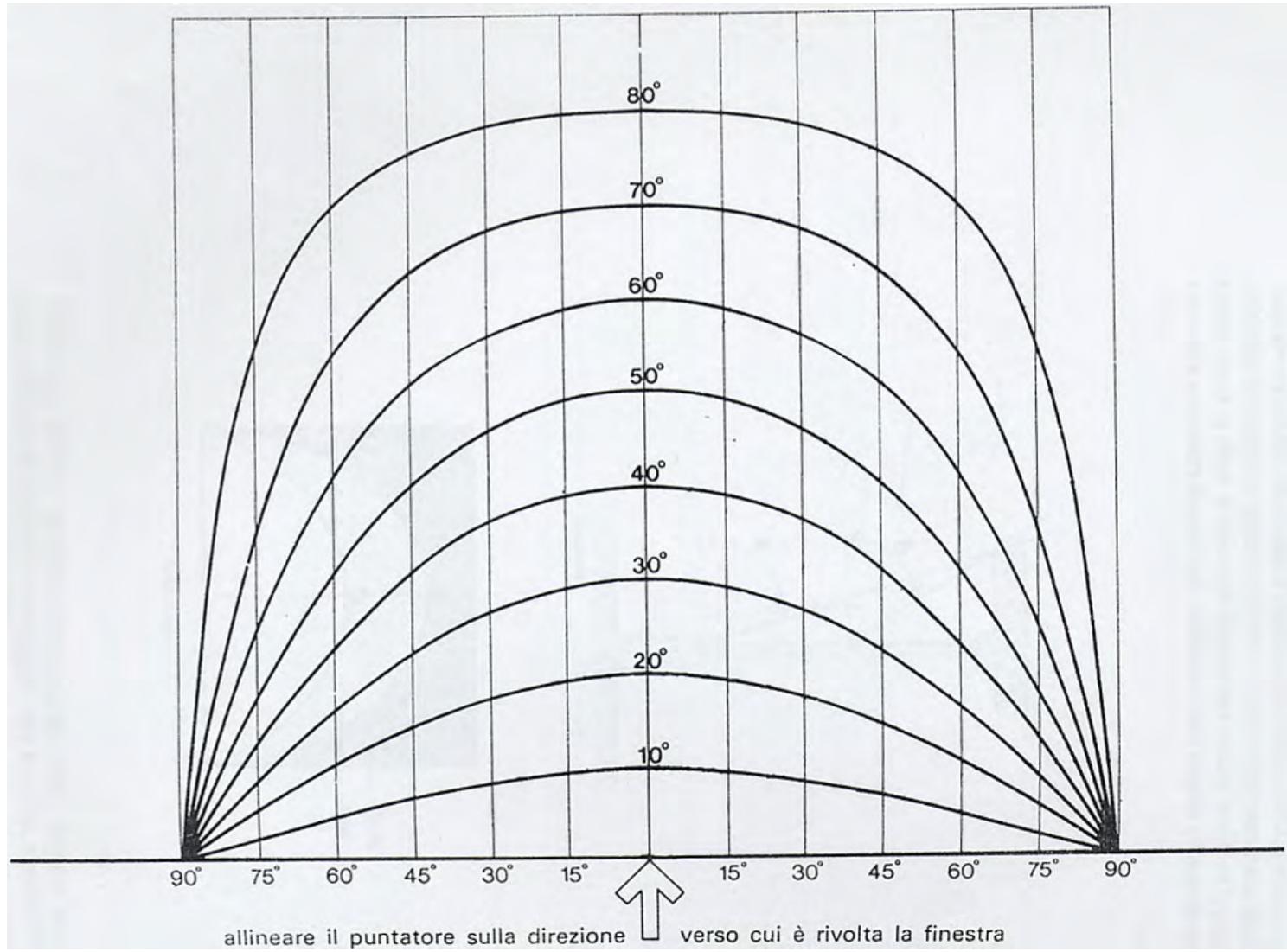
PER QUALSIASI SUPERFICIE SI PUO' ELABORARE UN DISEGNO DELLE SCHERMATURE E OSTRUZIONI COSTRUENDO LA MASCHERA DI OMBREGGIAMENTO

LA MASCHERA DI OMBREGGIAMENTO SOVRAPPOSTA AL DIAGRAMMA SOLARE ALLA LATITUDINE A CUI SI TROVA L'EDIFICIO, CONSENTE DI DETERMINARE LE ORE IN CUI LA RADIAZIONE SOLARE DIRETTA NON RAGGIUNGE QUELLA SUPERFICIE, CHE RIMANE QUINDI IN OMBRA

LA MASCHERA DI OMBREGGIAMENTO SONO RAPPRESENTAZIONI GEOMETRICHE DELLE CARATTERISTICHE DI OMBREGGIAMENTO DI UNA PARTICOLARE SCHERMATURA OD OSTACOLO (BARRIERE VERDI, ECC..) E, CONGIUNTAMENTE AI DIAGRAMMI SOLARI, VENGONO IMPIEGATE PER LA PROGETTAZIONE DEI SISTEMI DI OMBREGGIAMENTO A RIDOSSO O A DISTANZA DELL'EDIFICIO

LA RAPPRESENTAZIONE NON DIPENDE DA LATITUDINE, ORIENTAZIONE, ORA, MA SOLAMENTE DALLE CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL SISTEMA (ANGOLO)

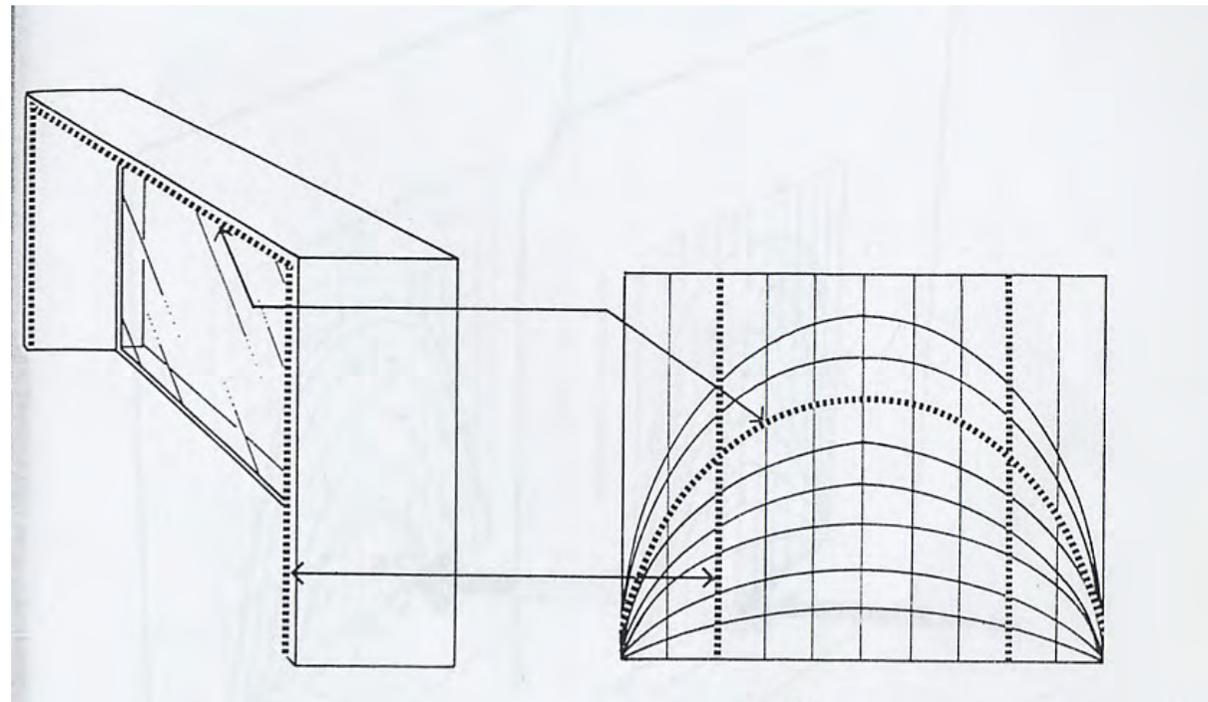
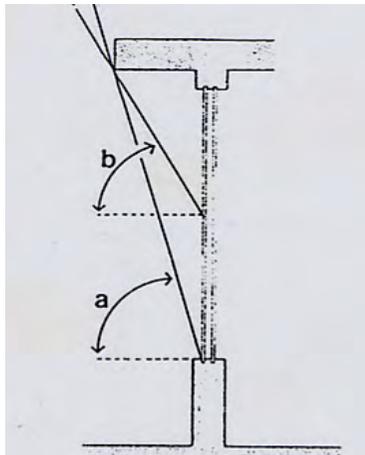
CALCOLATORE DELLE OMBRE (goniometro di ombreggiamento cilindrico)



CON GLI ANGOLI OTTENUTI DAL DISEGNO ENTRO NEL GONIOMETRO DI OMBREGGIAMENTO CILINDRICO (o calcolatore delle ombre) MEDIANTE IL QUALE RICAVO LA MASCHERA DI OMBREGGIAMENTO

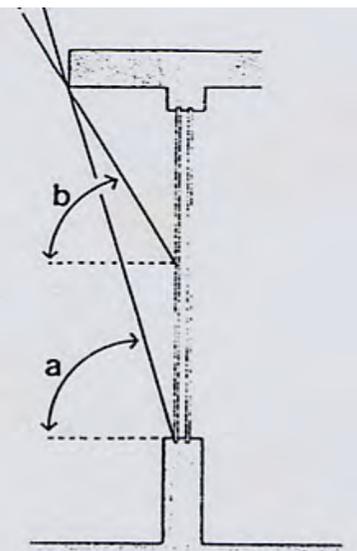
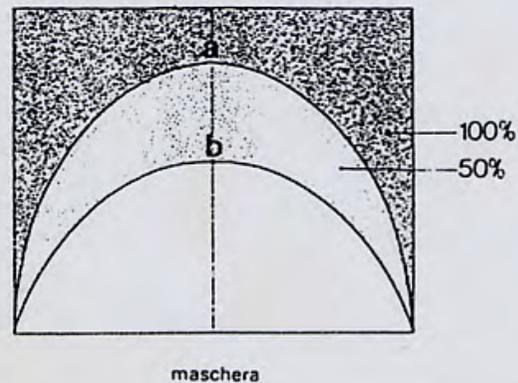
LE **LINEE CURVE** SERVONO A DISEGNARE LE LINEE DI OMBREGGIAMENTO ORIZZONTALI PARALLELE ALL'APERTURA

LE **LINEE VERTICALI** SERVONO A DISEGNARE LE LINEE DI OMBREGGIAMENTO VERTICALI PARALLELE ALL'APERTURA

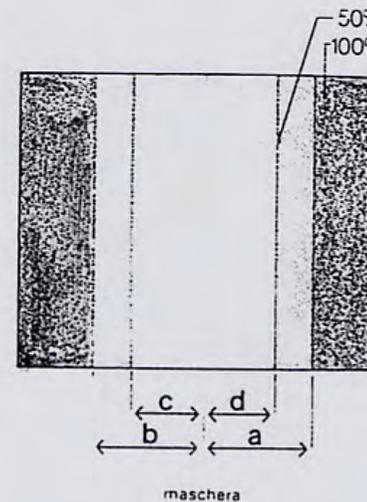
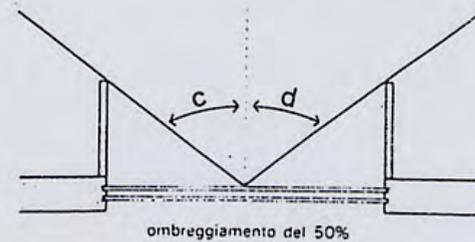
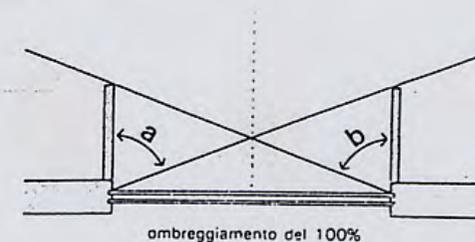


COSTRUZIONE DELLA MASCHERA DI OMBREGGIAMENTO TOTALE (100%) E PARZIALE (50%)

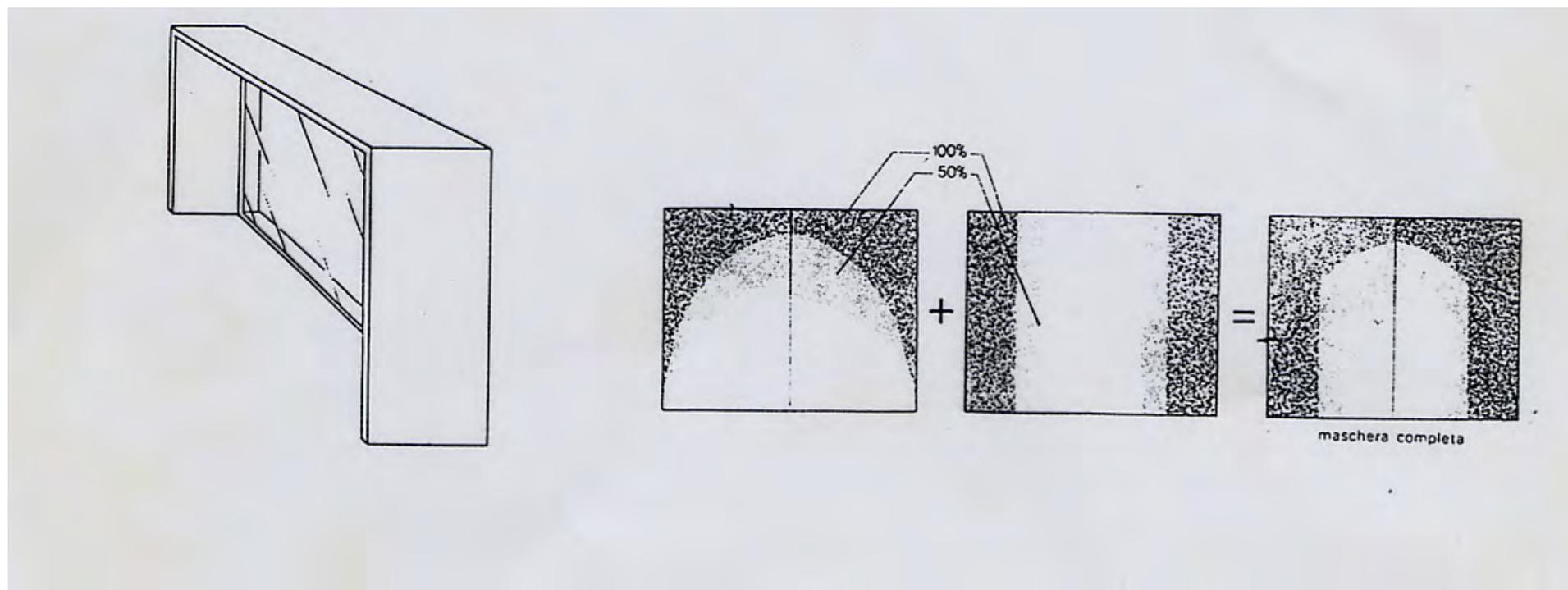
- DI SPORTO ORIZZONTALE



- DI SPORTO VERTICALE



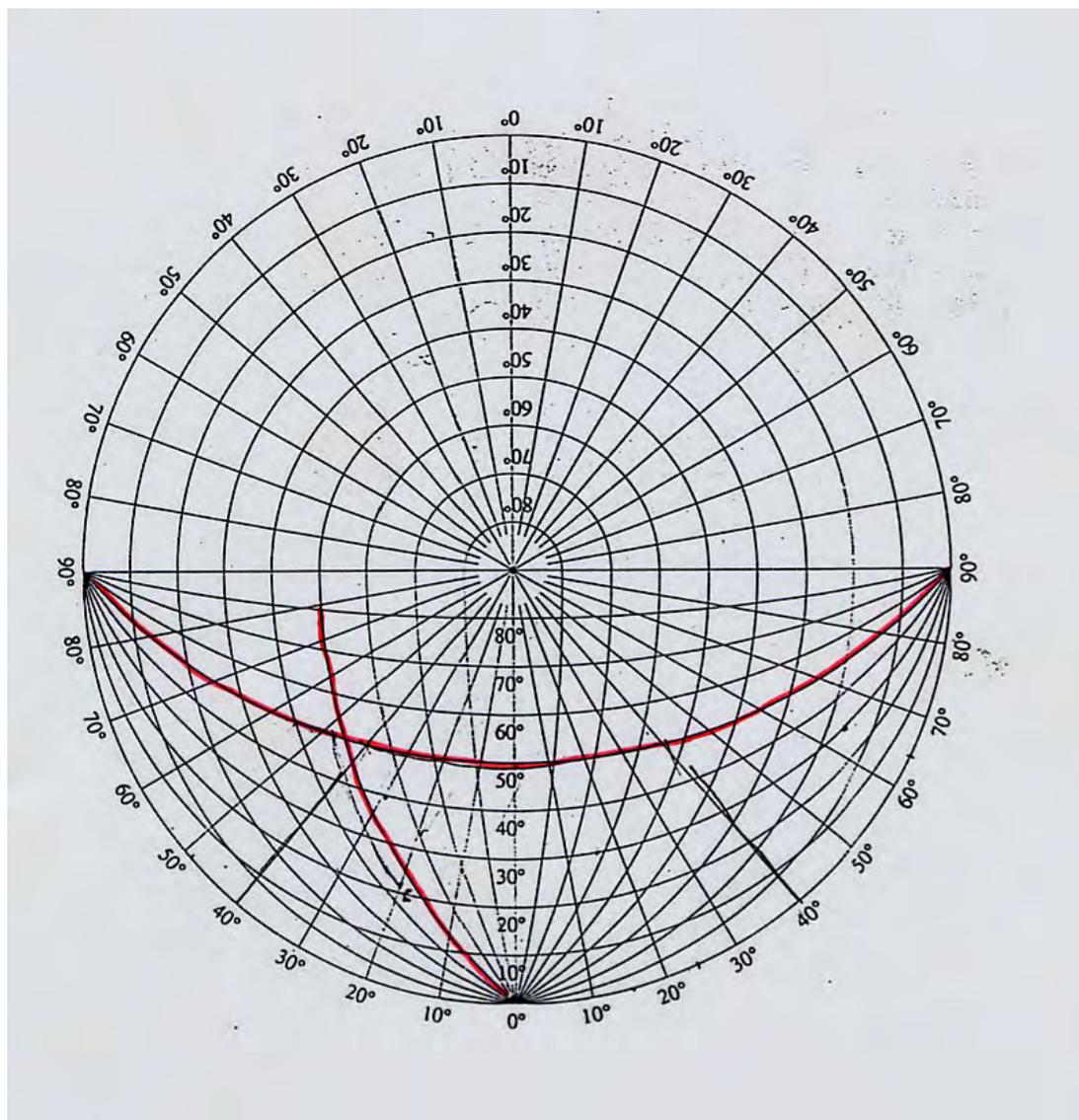
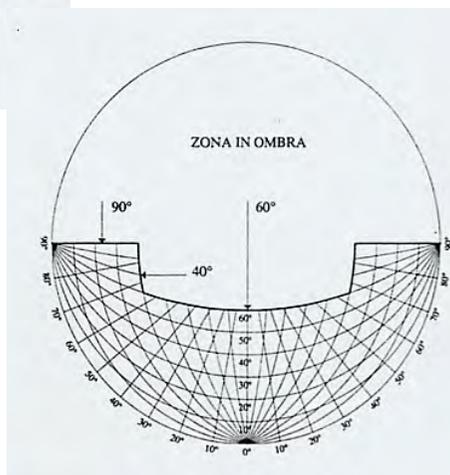
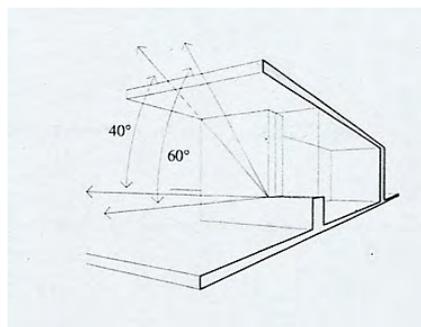
- DI SPORTO ORIZZONTALE E VERTICALE

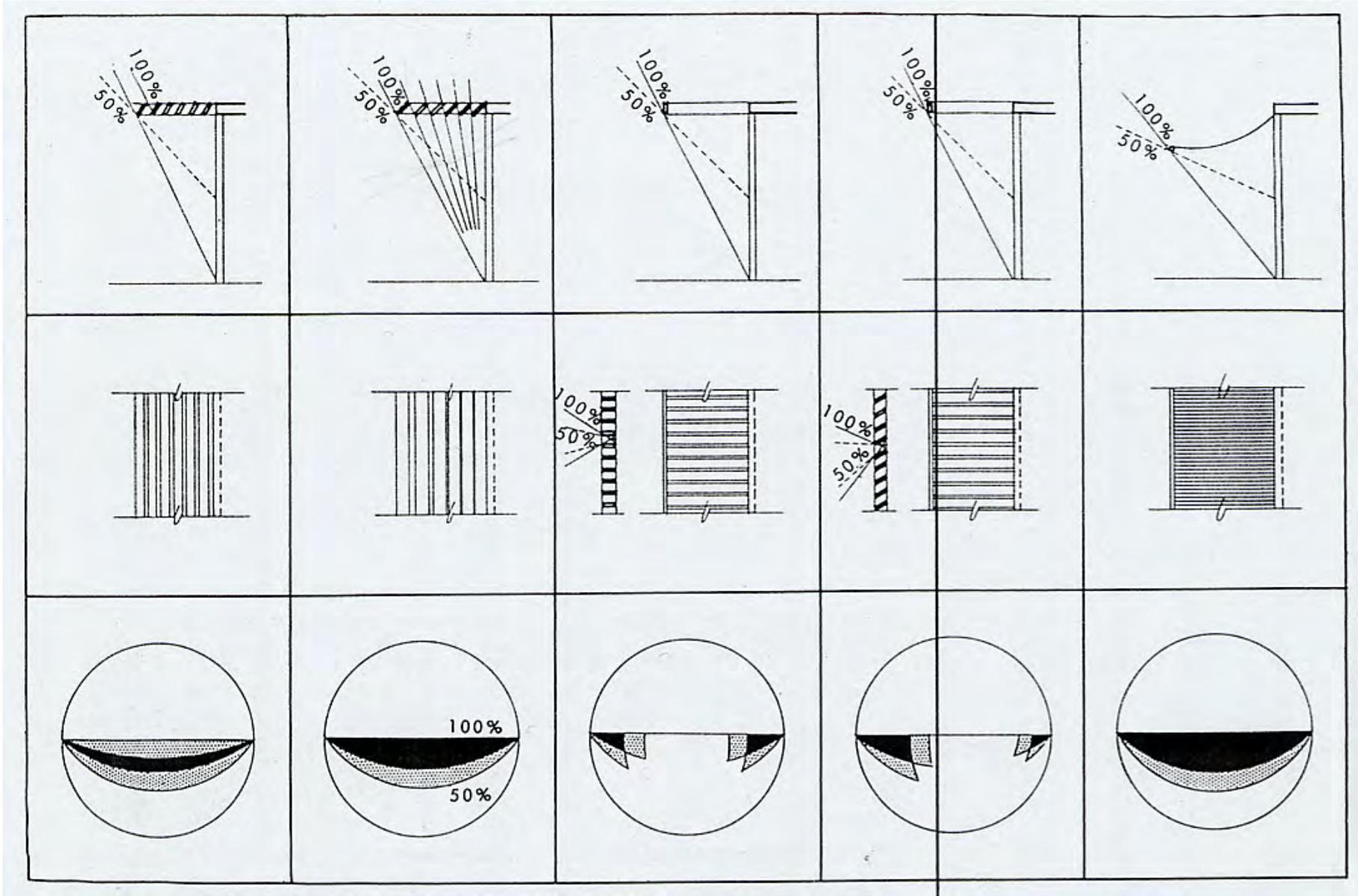


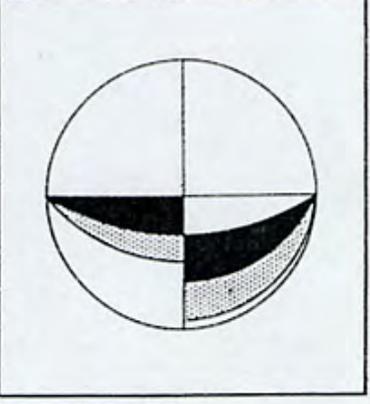
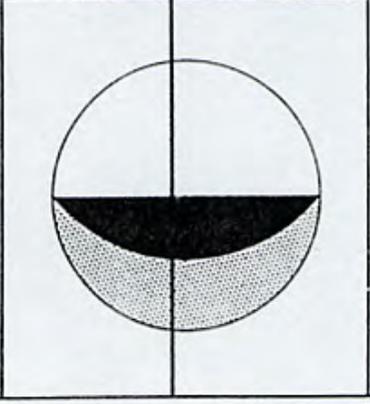
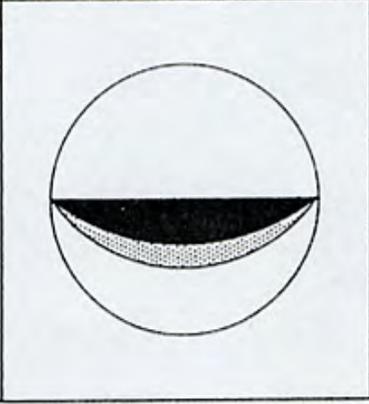
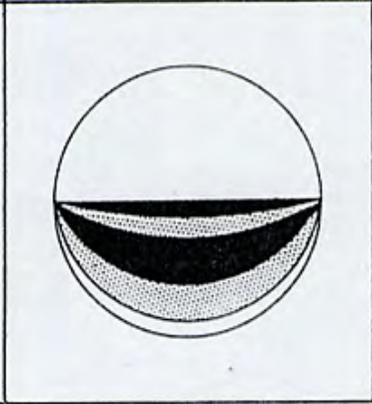
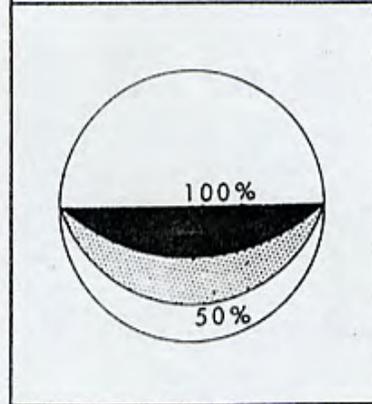
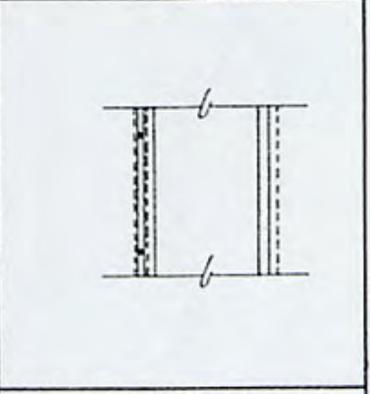
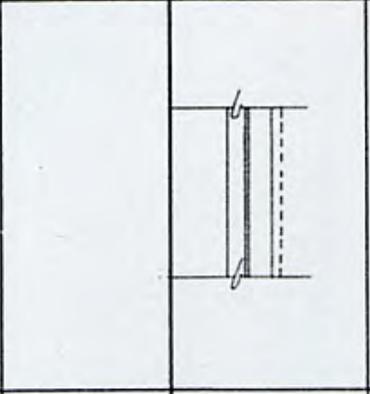
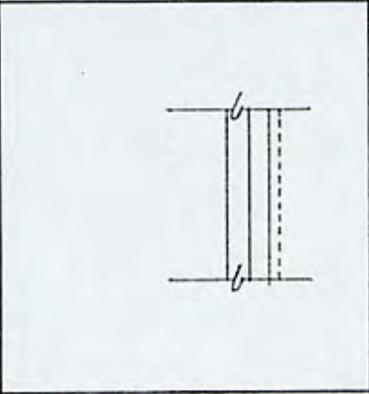
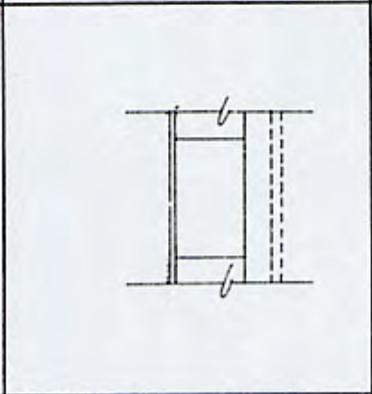
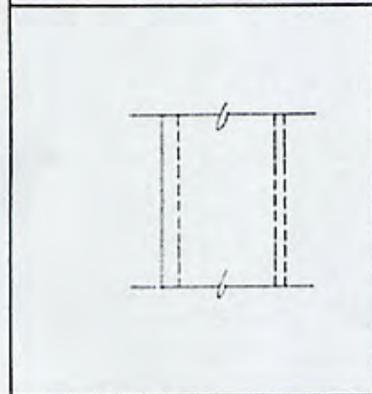
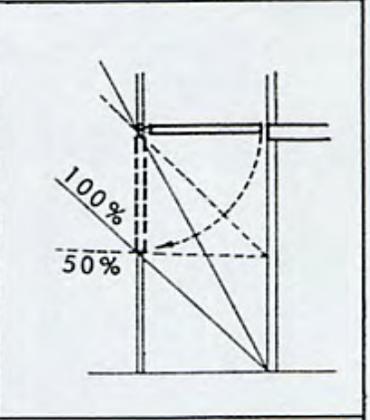
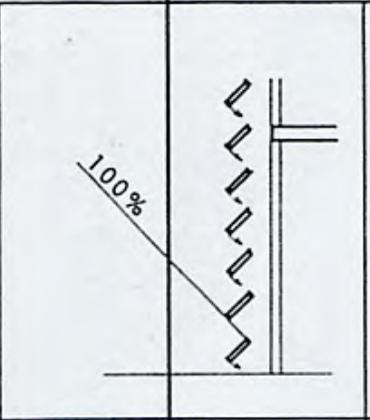
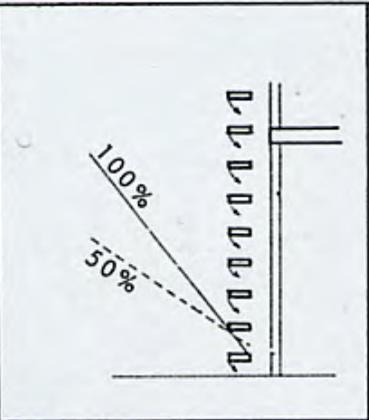
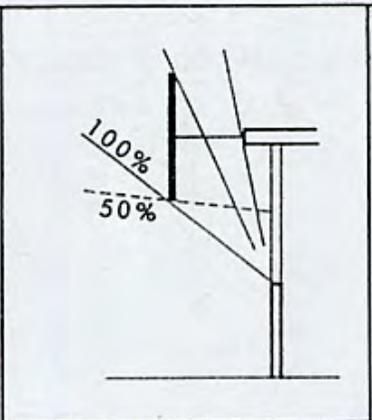
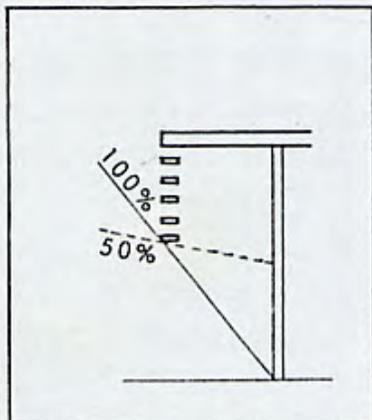
IL CALCOLATORE DELLE OMBRE POLARE FUNZIONA ANALOGAMENTE A QUELLO CILINDRICO

LE **LINEE CURVE** SERVONO PER DISEGNARE L'OMBREGGIAMENTO DATO DA SPORGENZE ORIZZONTALI

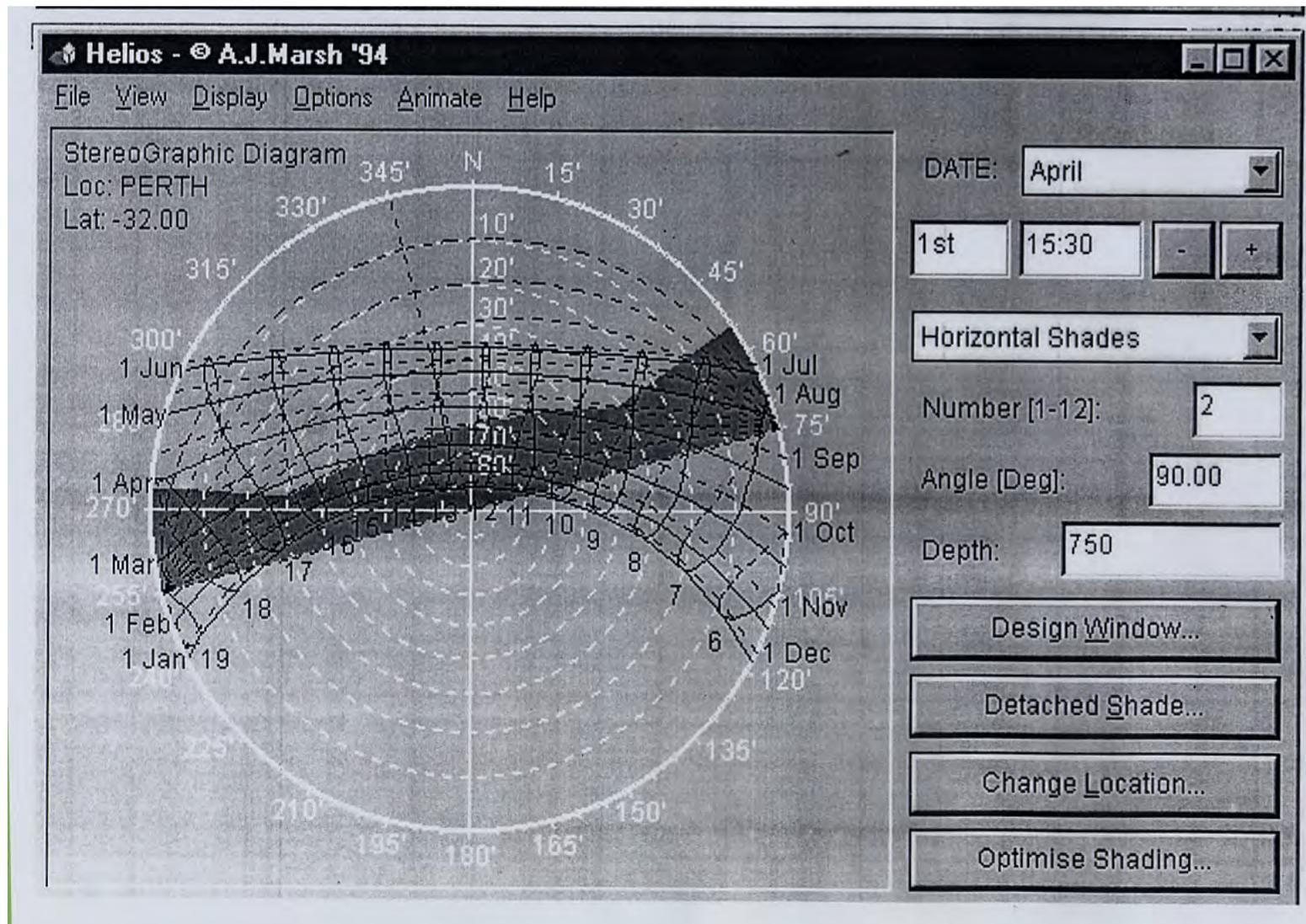
LE **LINEE RADIALI** SERVONO PER DISEGNARE L'OMBREGGIAMENTO DATO DA SPORGENZE VERTICALI





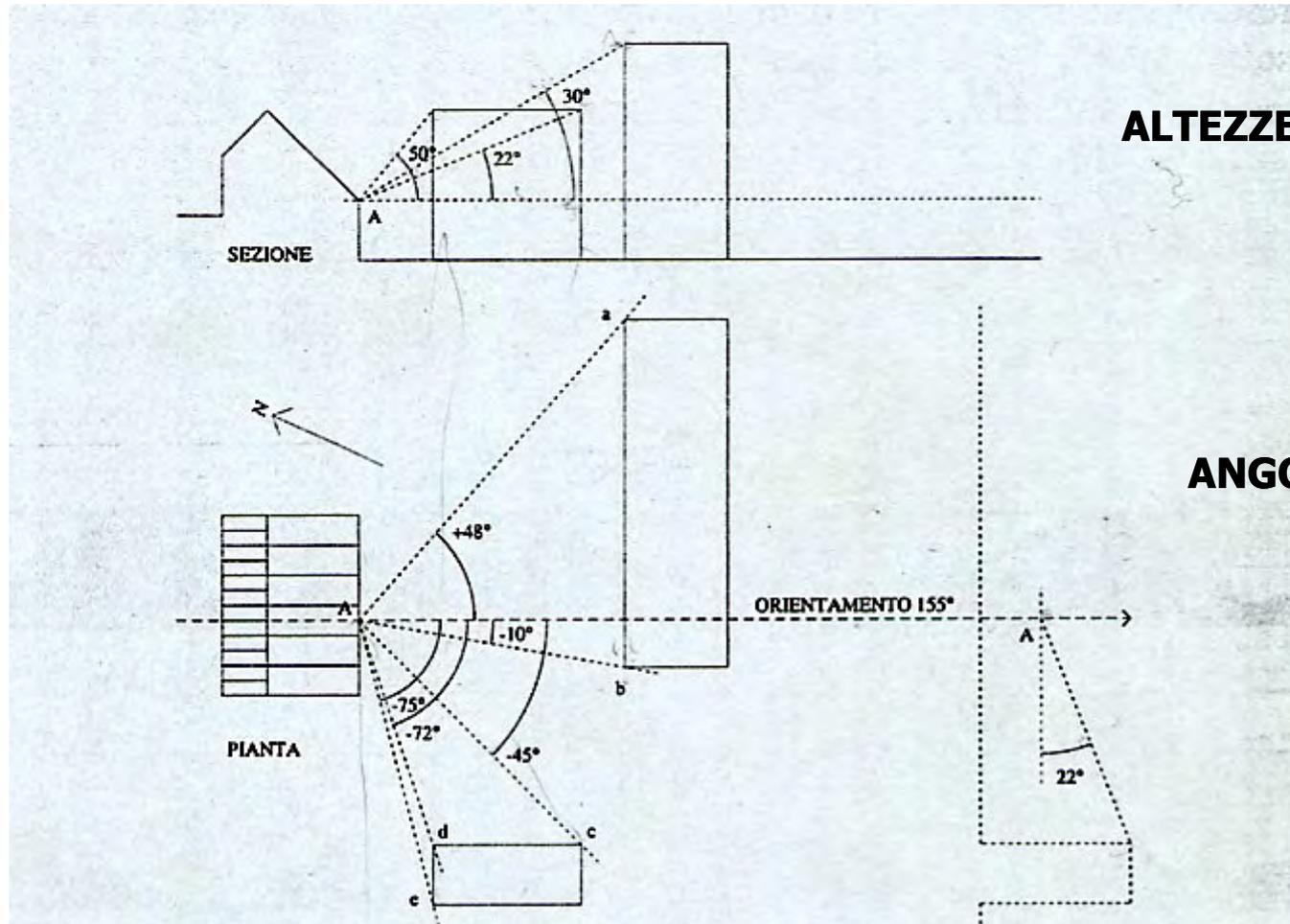


SOFTWARE HELIOS



PROFILI A MEDIA DISTANZA

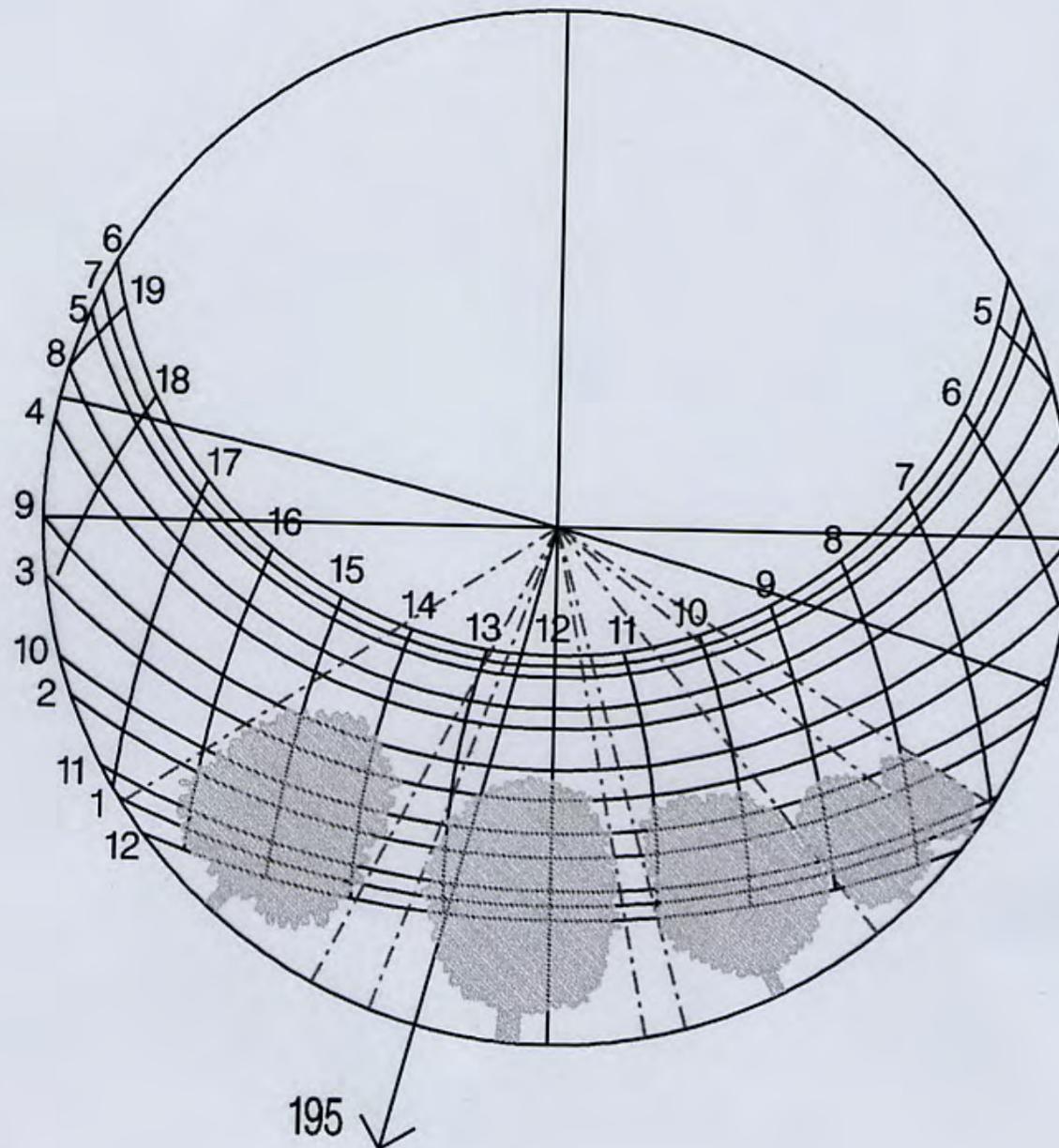
PER DETERMINARE LE ORE DEL GIORNO IN CUI UN OSTACOLO IMPEDISCE ALLA RADIAZIONE SOLARE DI RAGGIUNGERE UN PUNTO E NECESSARIO DISEGNARE GLI OSTACOLI COSI' COME SONO VISTI DA QUEL PUNTO



ALTEZZE SOLARI

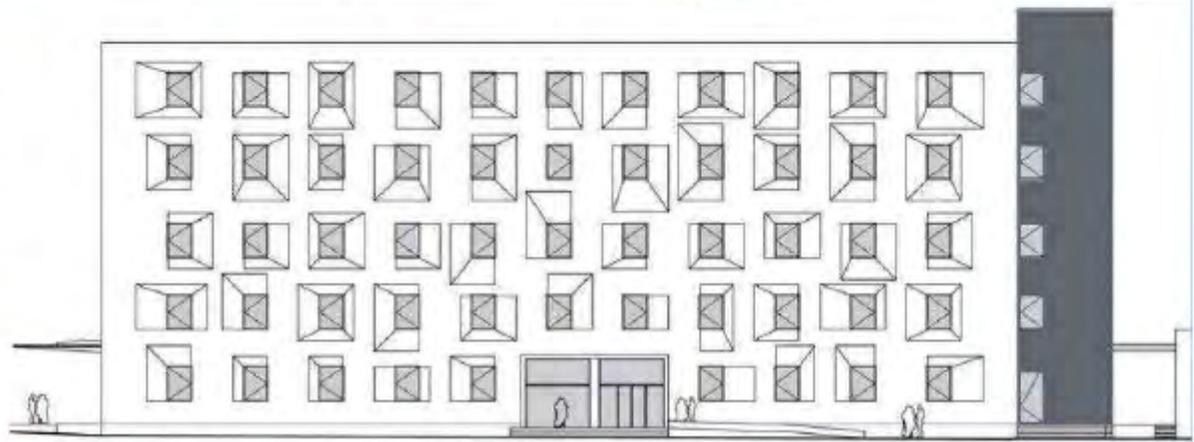
ANGOLI AZIMUTALI

SOVRAPPOSIZIONE AL DIAGRAMMA SOLARE

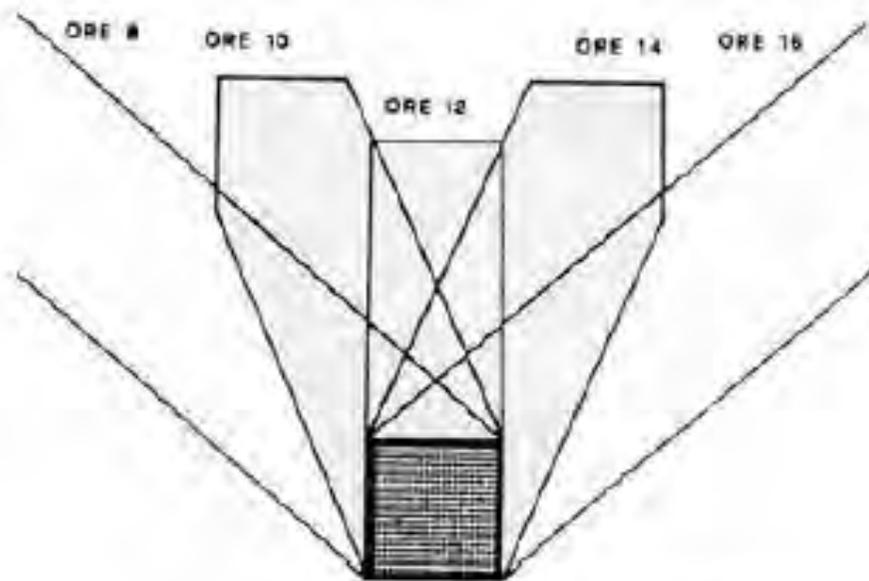




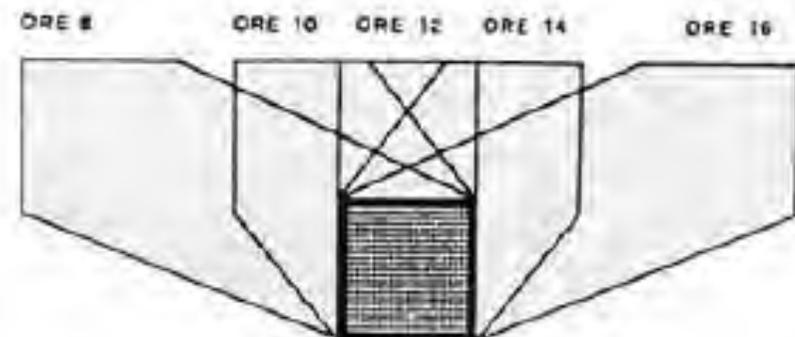
Maggiore infiltrazione di luce nei piani inferiori tramite apertura verticale degli sguinci delle finestre



Ai fini di una buona localizzazione è bene non trascurare il calcolo delle **ombre portate** da ostacoli naturali ed artificiali



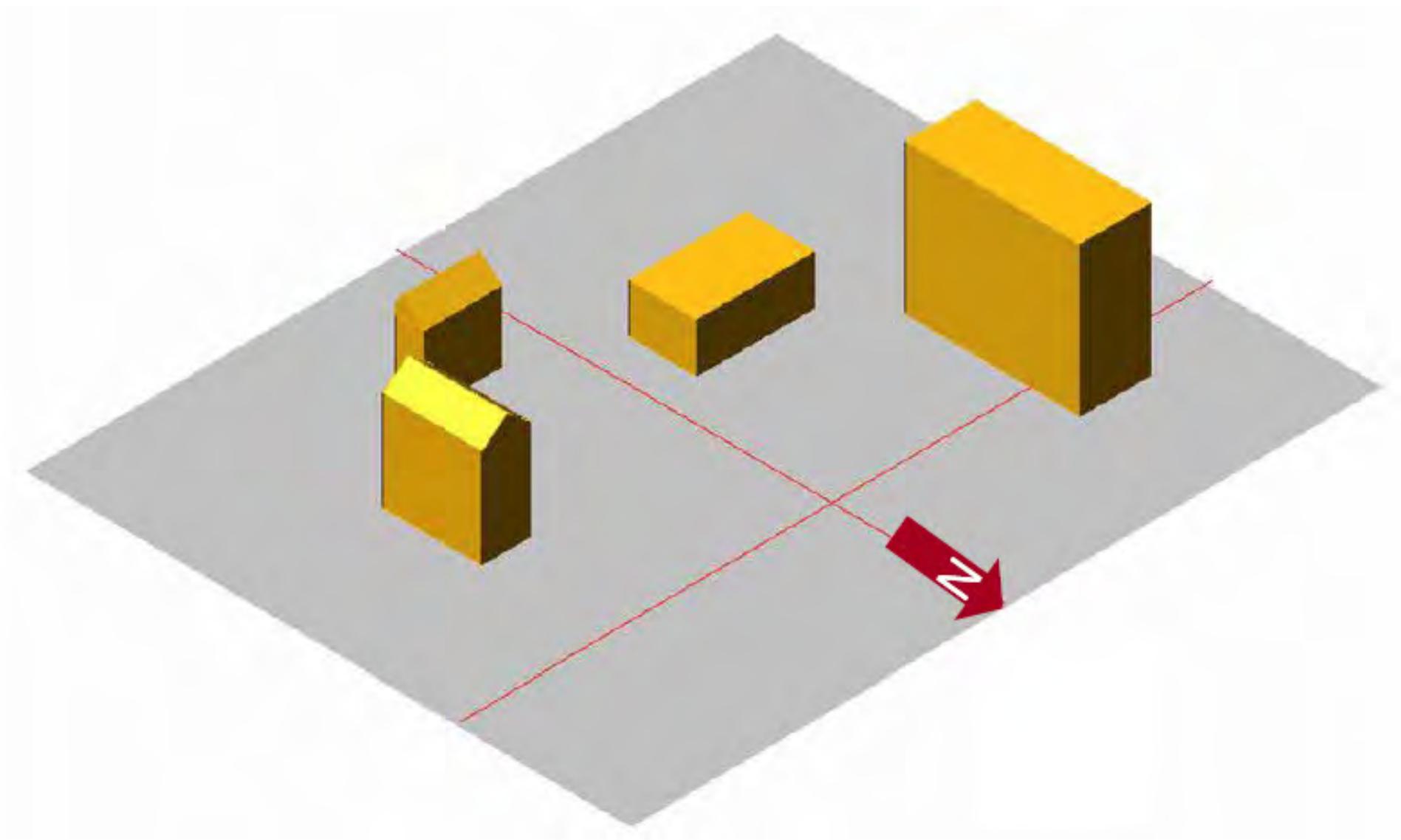
21 DICEMBRE
SOLSTIZIO INVERNALE

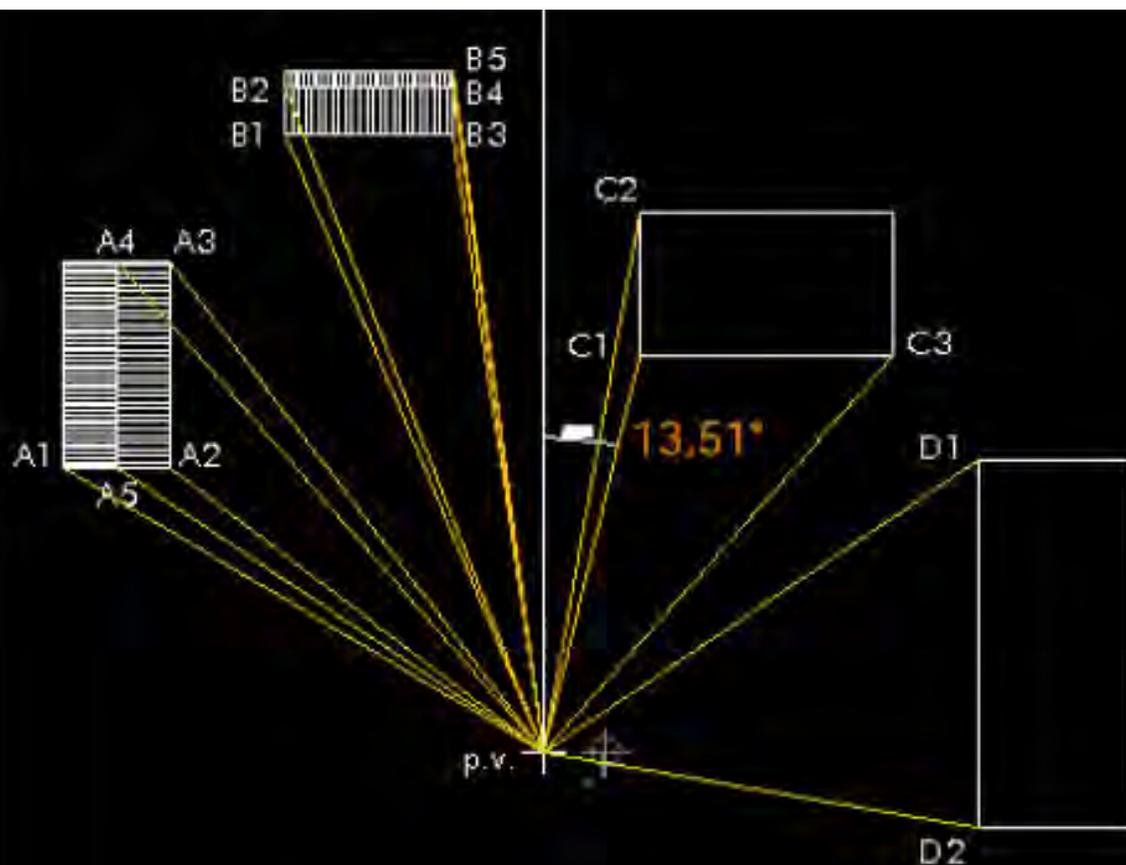


21 MARZO
EQUINOZIO



21 GIUGNO
SOLSTIZIO ESTIVO





A1 = A2 = A3 = altezza 10 m

A4 = A5 = altezza 12 m

B1 = B3 = altezza 7 m

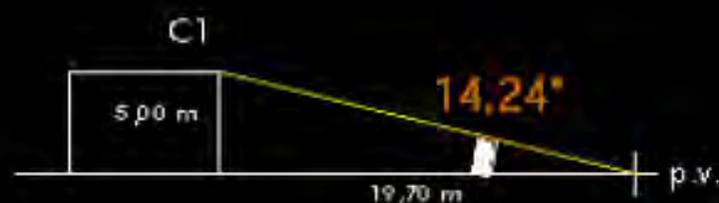
B2 = B4 = altezza 9 m

B5 = altezza 8 m

C1 = C2 = C3 = altezza 5 m

D1 = D2 = altezza 15 m

	altezza solare	angolo azimut.
A1	20,70	-58,82
A2	24,12	-52,16
A3	18,70	-36,66
A4	21,10	-40,35
A5	26,22	-55,77
B1	12,22	-22,24
B2	14,66	-20,83
B3	13,04	-8,06
B4	15,22	-7,51
B5	13,55	-7,33
C1	14,24	13,81
C2	10,67	9,99
C3	11,16	40,93
D1	31,02	55,55
D2	35,69	100,10



$$\operatorname{tg} \alpha = 5 / 19,70 = 0,2538$$

$$\alpha = 14,24^\circ$$

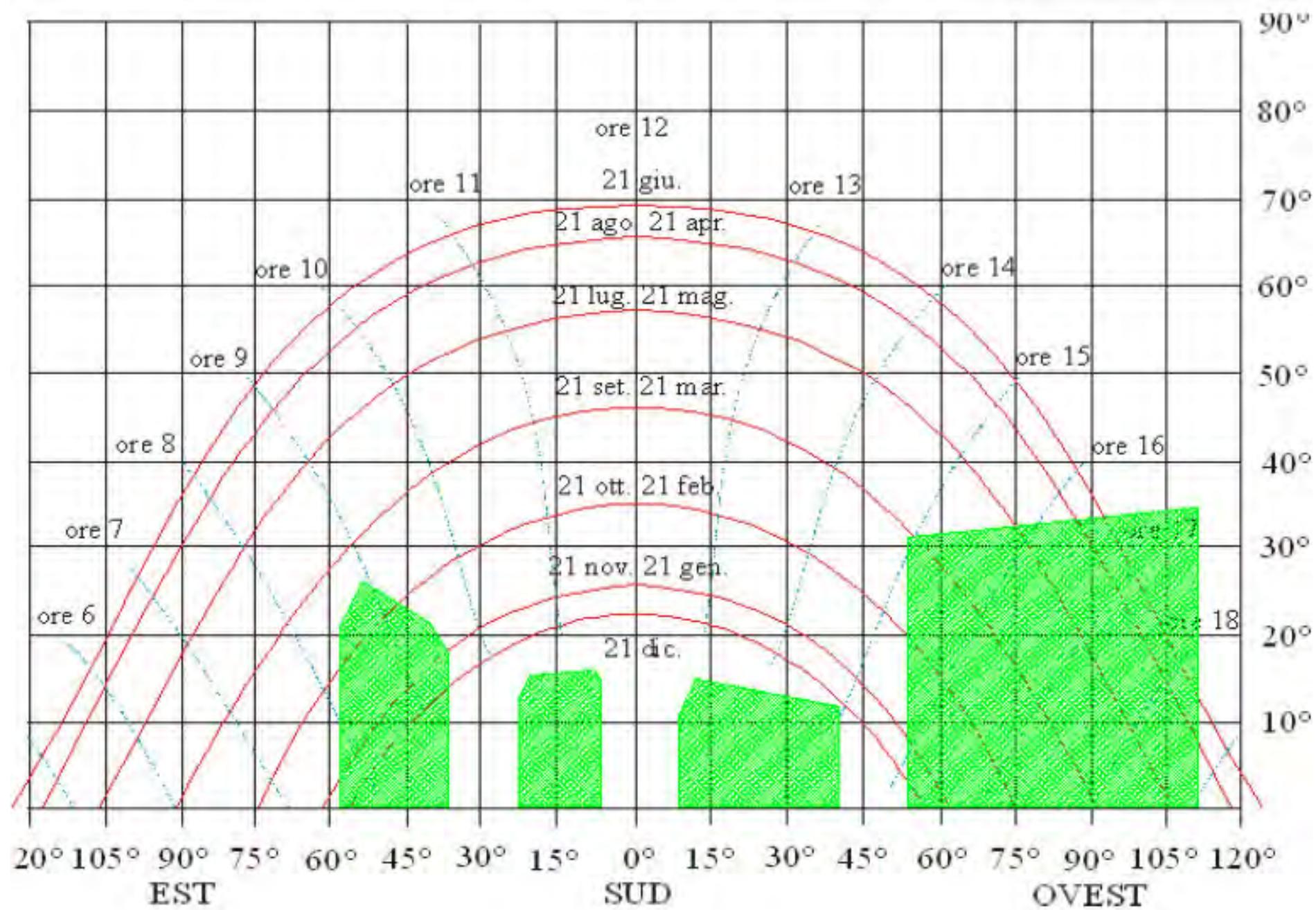
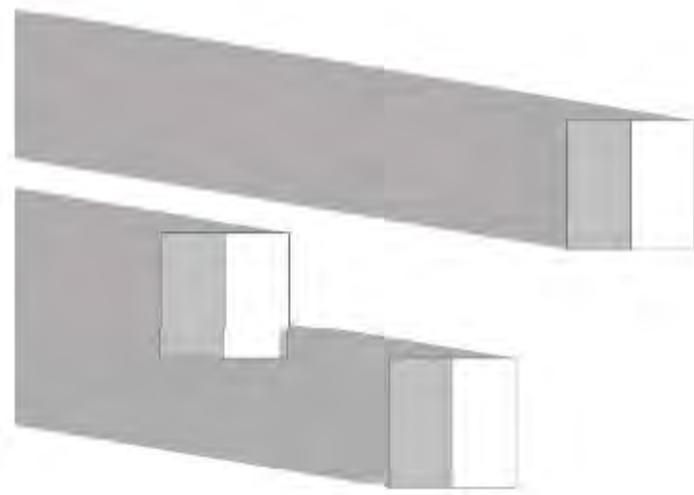
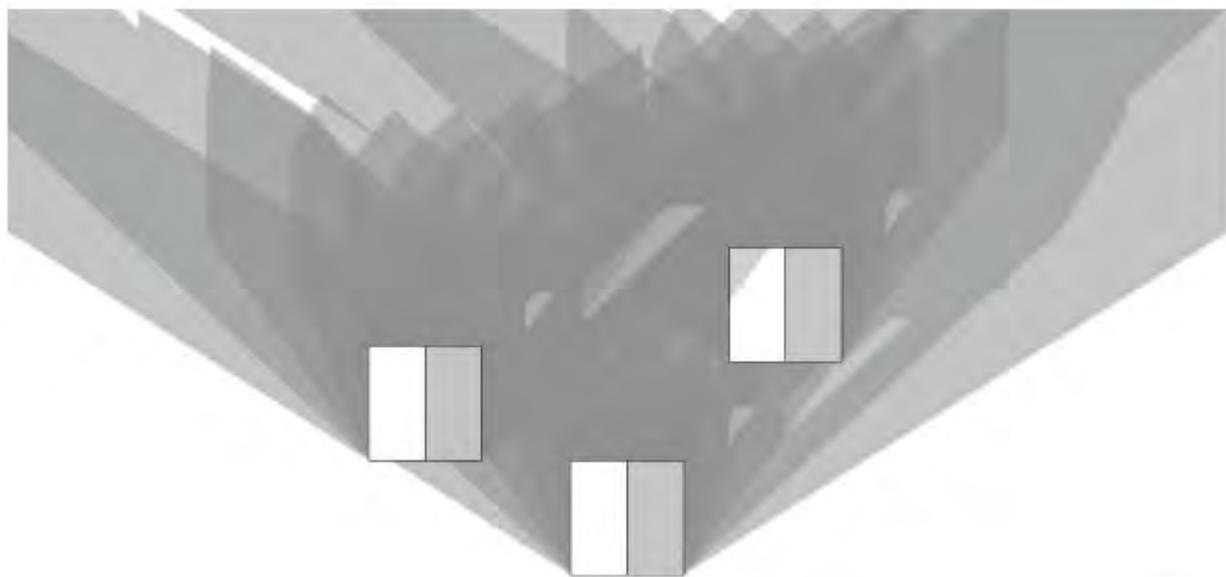
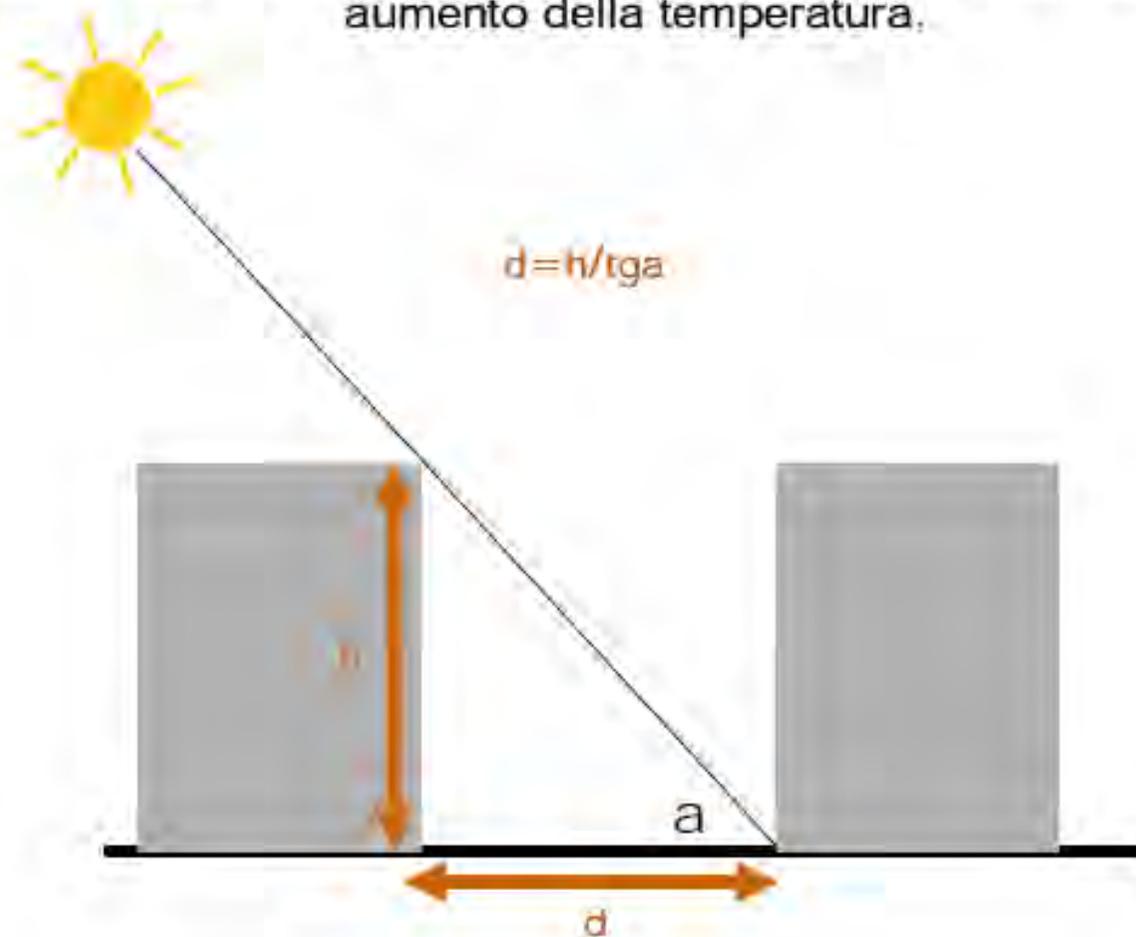


DIAGRAMMA SOLARE DI SHADOW-RANGE



La pendenza del terreno incide direttamente sulla verifica delle ombre portate di qualsiasi elemento posto sull'area. Più la pendenza del terreno tende ad essere perpendicolare alla direzione dei raggi solari, minore sarà la superficie d'ombra creata. Pendii orientati a Sud ricevono migliore apporto di insolazione, con un conseguente aumento della temperatura.



Ai fini di un buon soleggiamento è importante calcolare il rapporto tra la larghezza della rete viaria e l'altezza degli edifici.



Una corretta distanza reciproca fra gli edifici consente il reale sfruttamento del soleggiamento invernale garantendo il diritto al sole di ogni immobile

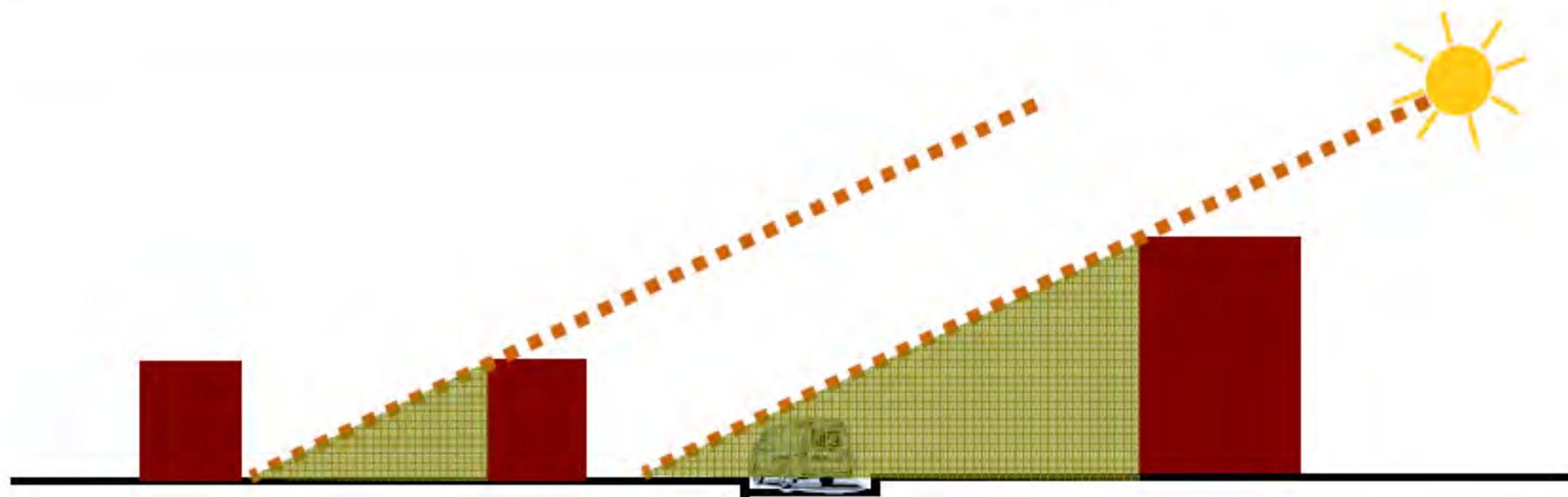
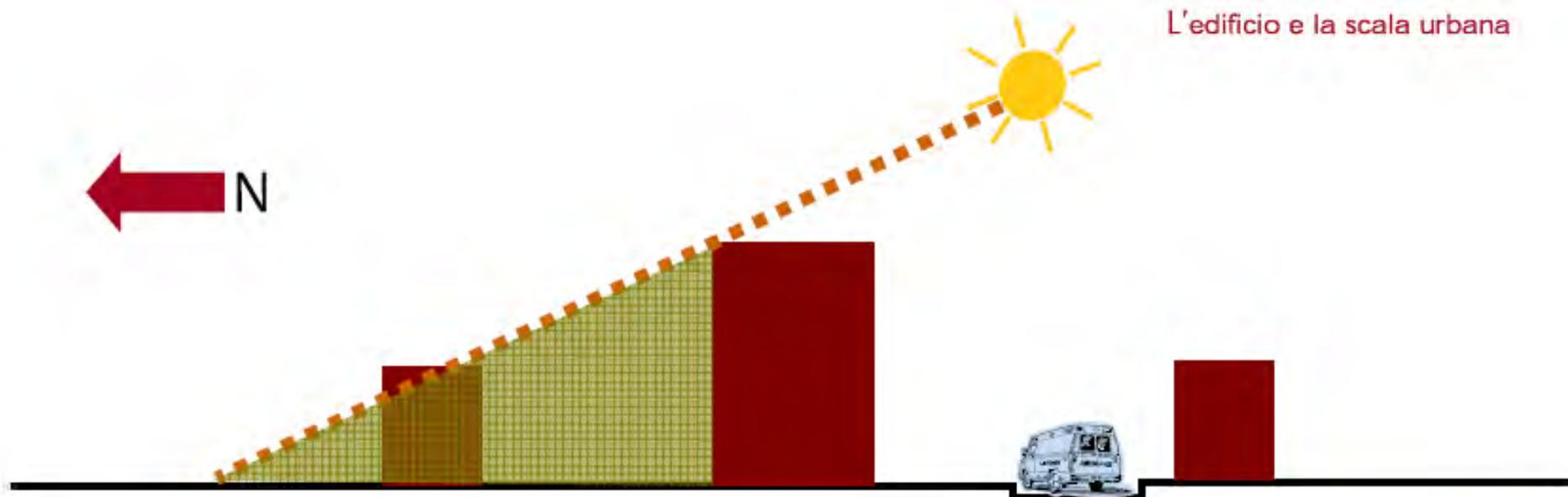
captazione = esposizione sud. In inverno quando il sole è basso sull'orizzonte e l'apporto energetico favorevole (a 44° di Latitudine Nord il 21 dicembre, solstizio d'inverno, il sole ha un'altezza di circa 23° sull'orizzonte) tale lato riceve il massimo illuminamento

In estate, quando l'apporto energetico è sfavorevole -tende a provocare surriscaldamento- il sole alto (21 giugno, solstizio d'estate, circa 70° sull'orizzonte) incide con forte inclinazione sulle superfici verticali che risultano quindi maggiormente protette dall'esposizione diretta

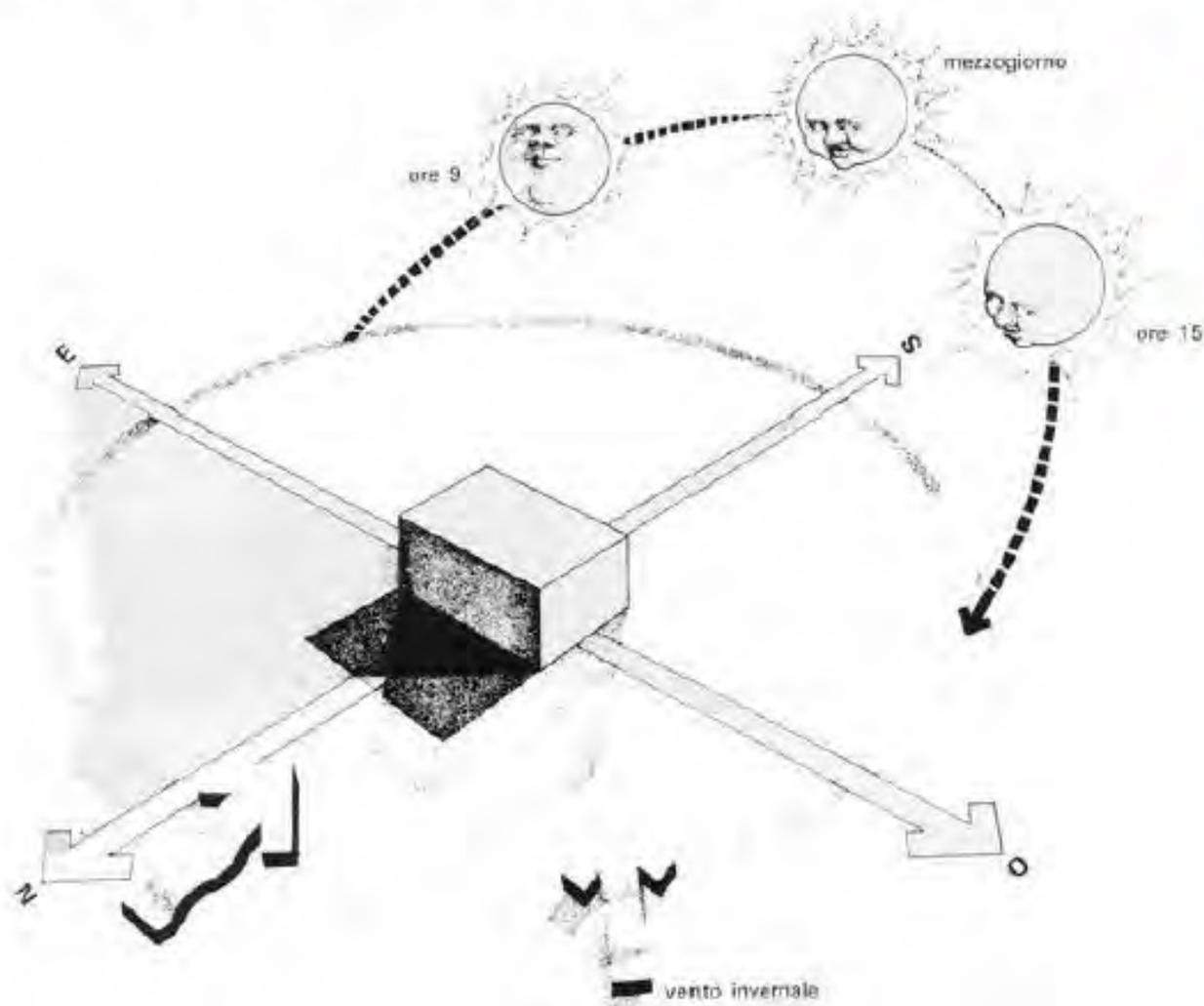


Le esperienze condotte hanno dimostrato come la percentuale di superficie trasparente negli edifici passivi non debba superare il 40 % di quella complessiva del lato meridionale per non causare perdite eccessive per trasmissione o surriscaldamenti

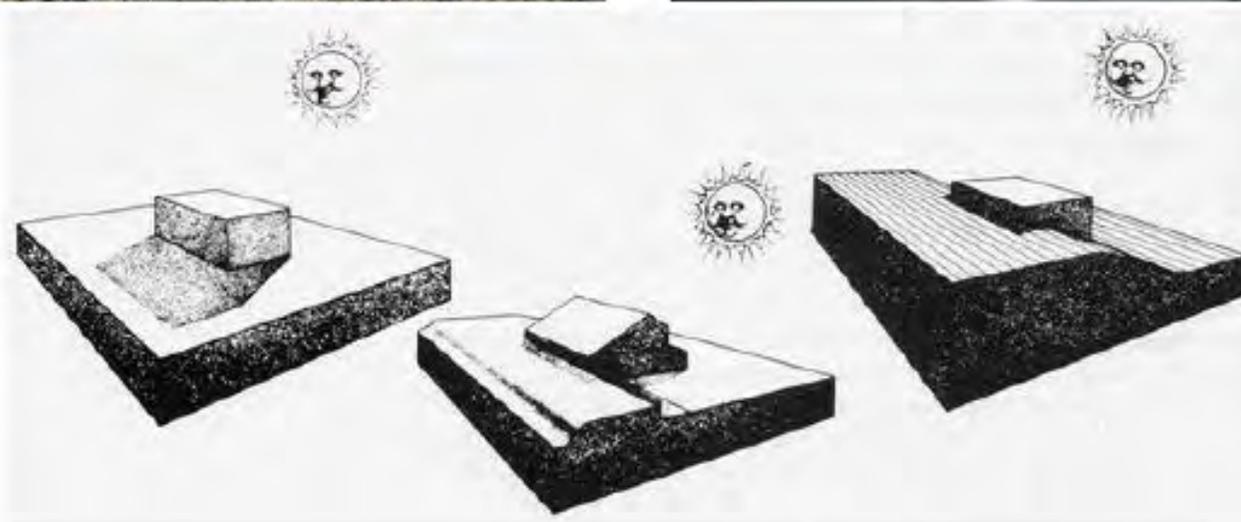
L'edificio e la scala urbana



Gli spazi aperti situati a Nord della costruzione risulteranno tanto più in ombra quanto maggiore sarà l'altezza del prospetto rivolto a Nord;



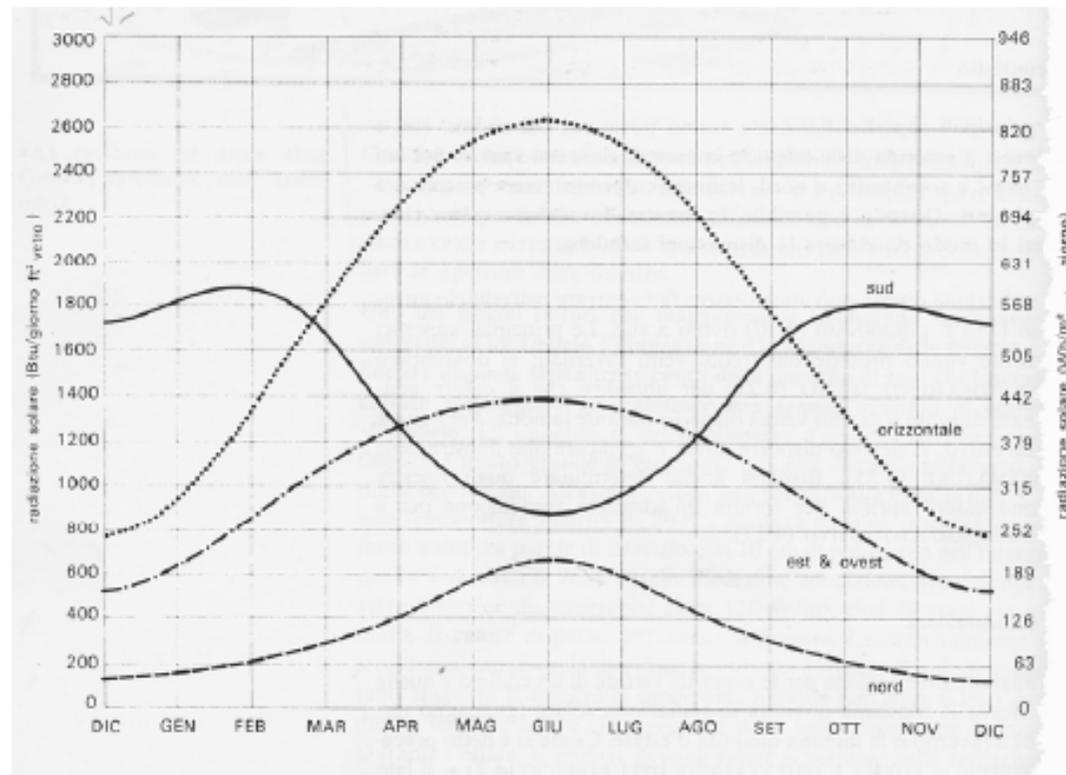
Si può intervenire studiando un'altezza minore delle fronti Nord o prevedendo di addossare la parete Nord su di un rialzo di terreno.



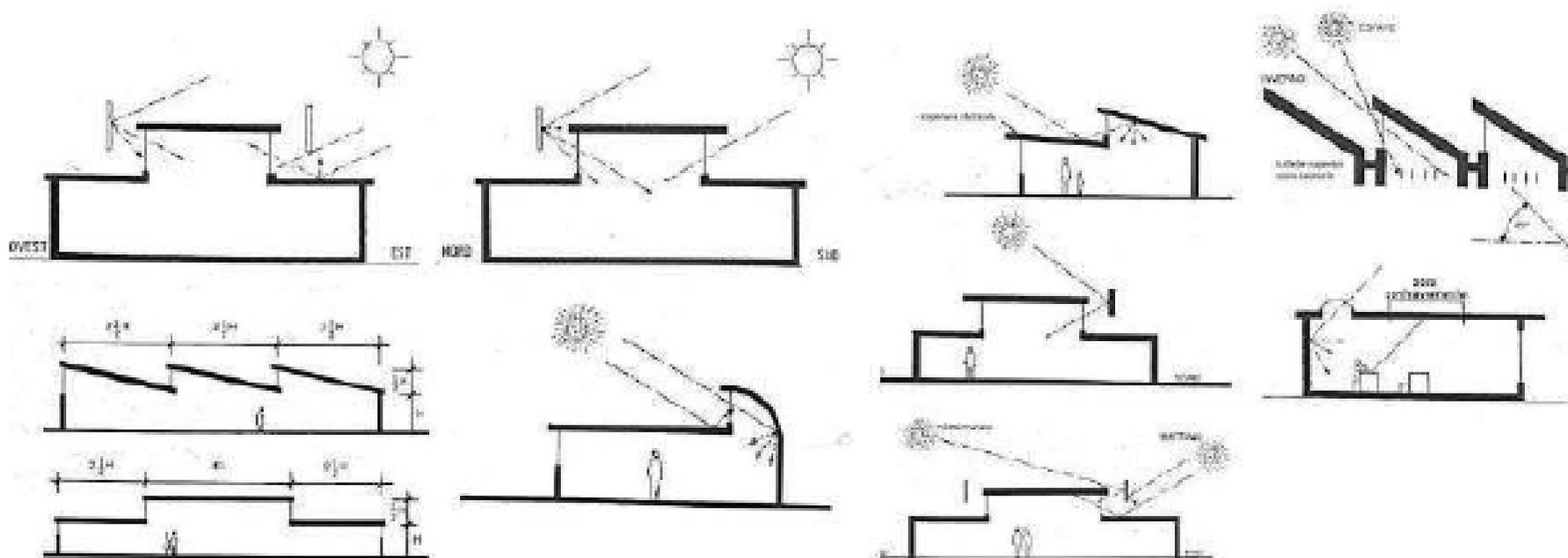
Una volta localizzato il punto più opportuno all'interno del sito si cercherà di orientare l'edificio in modo da mitigare gli effetti delle variazioni climatiche.

I fattori principali che determinano la scelta di un orientamento sono la radiazione solare, la temperatura dell'aria e l'andamento dei venti dominanti

Per questo è importante analizzare l'andamento del sole e calcolare le variazioni di quantità di energia solare incidente su una determinata superficie.



SISTEMI DI TRASMISSIONE DELL'ENERGIA SOLARE

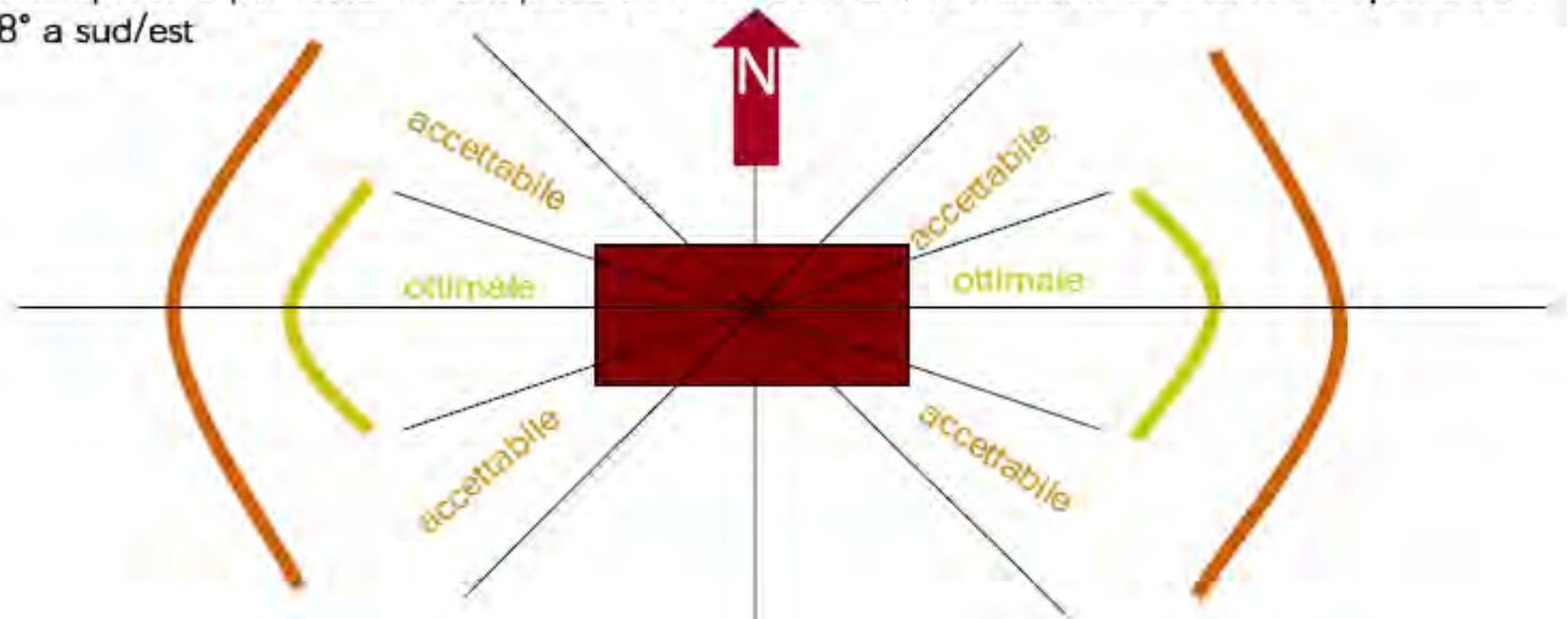


Si può indicativamente osservare che la massima intensità solare ricevuta dalle diverse esposizioni avviene rispettivamente:

- esposizione EST: dalle ore 6:00 alle 9:00
- esposizione SUD: dalle ore 9:00 alle 15:00
- esposizione OVEST: dalle ore 15:00 alle 18:00
- esposizione NORD: dalle ore 6:00 alle 7:00 e dalle ore 18:00 alle 19:00

Secondo studi e sperimentazioni l'asse est-ovest garantisce i migliori risultati, in termini di bilancio energetico tra periodi sottoriscaldati e quelli surriscaldati.

In climi temperati e per latitudini comprese tra i 35° ed i 45°, l'orientamento ottimale è quello tra i 17°/18° a sud/est



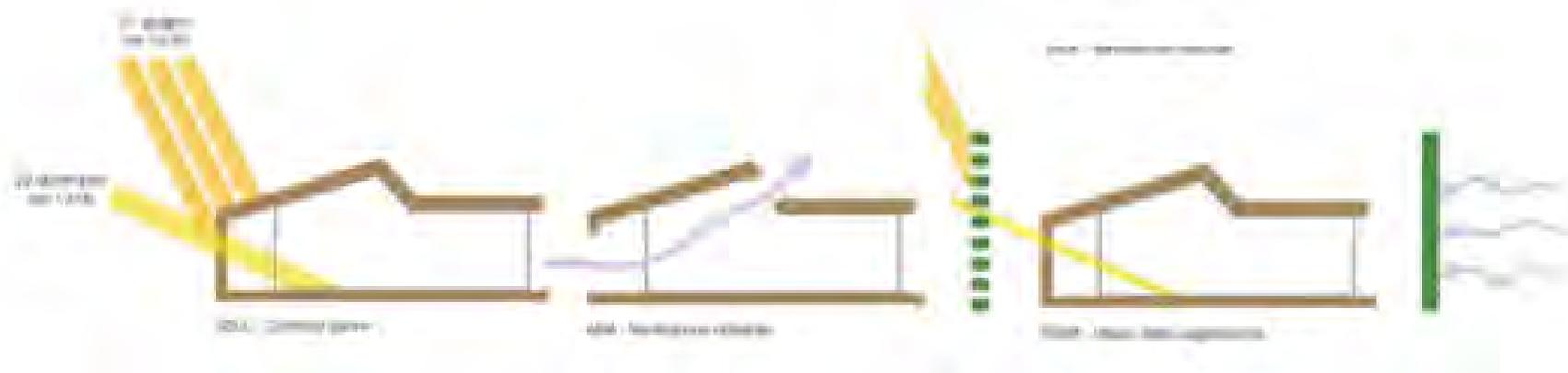
ORIENTAMENTO DELL'EDIFICIO

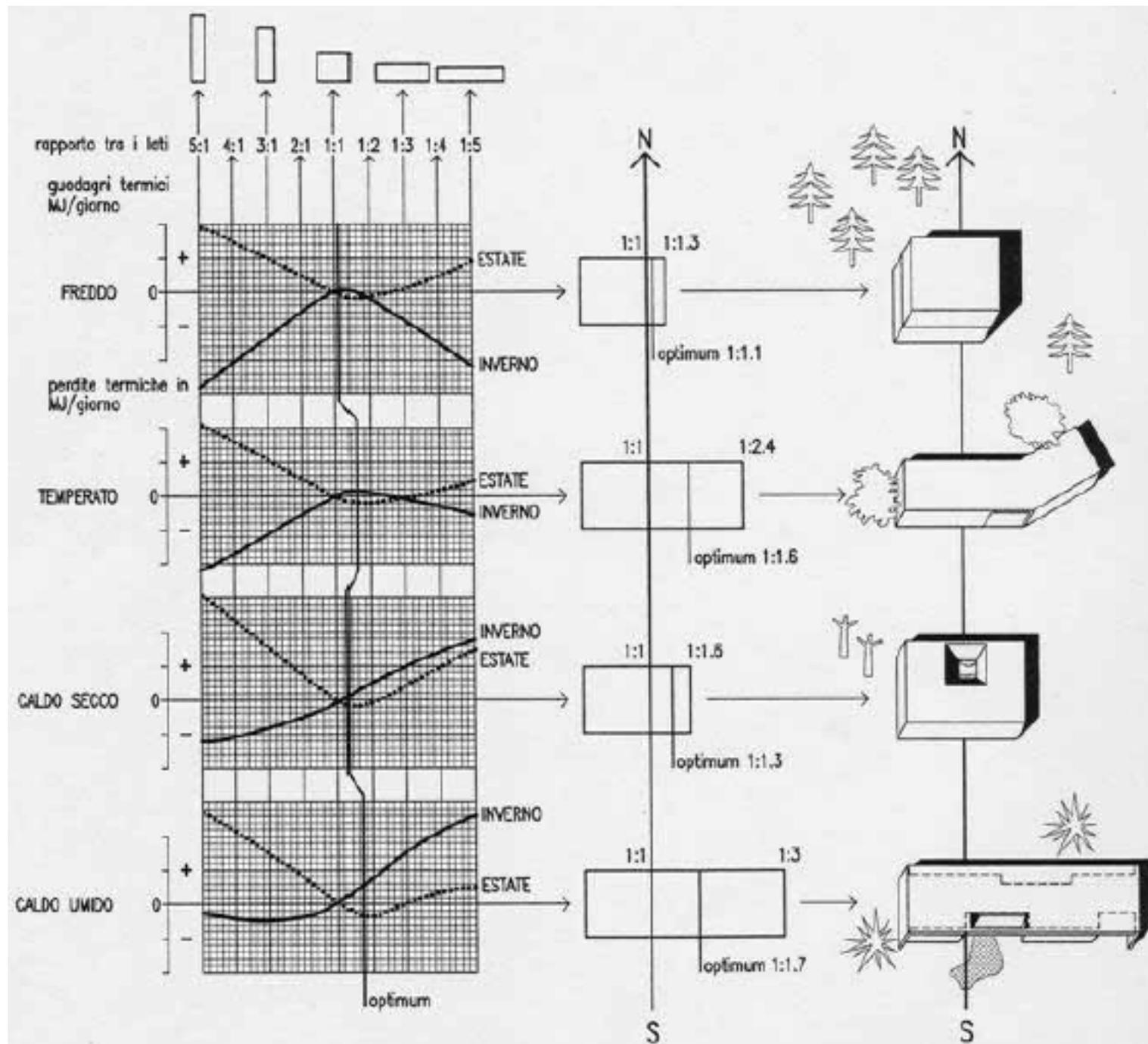
Le **superfici esposte a Sud e Sud-Est** hanno migliore guadagno termico invernale, ma richiedono il controllo del surriscaldamento estivo.

Le **superfici orientate a Est** hanno guadagno termico invernale e non richiedono protezione estiva per evitare il surriscaldamento.

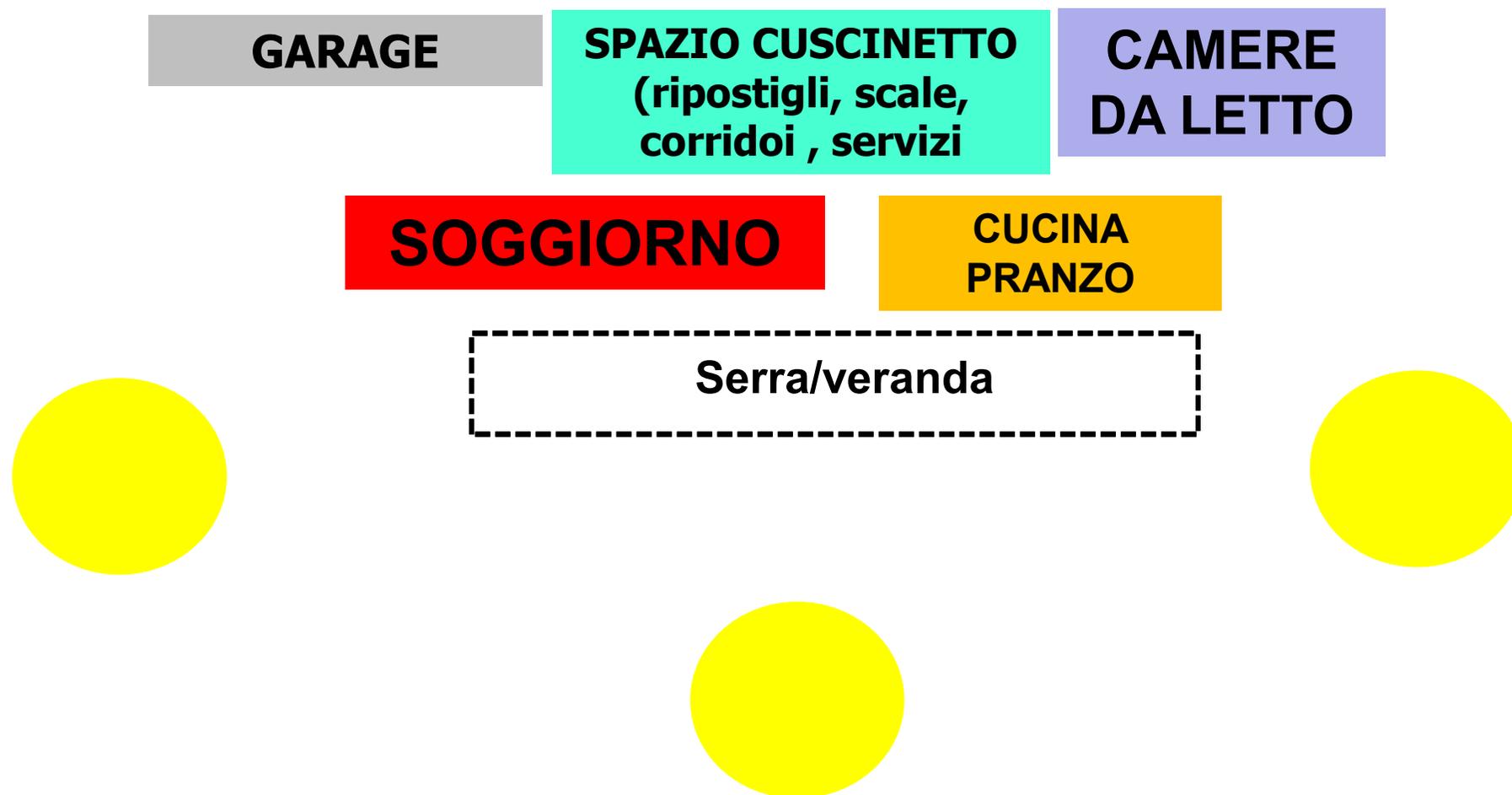
Le **superfici orientate a Ovest** richiedono protezione estiva nelle ore pomeridiane per evitare i fenomeni di surriscaldamento.

Per le **superfici orientate a Nord** è opportuno limitare le superfici vetrate per diminuire la dispersione termica, mantenendo una porzione di apertura tale da favorire la luminosità naturale.

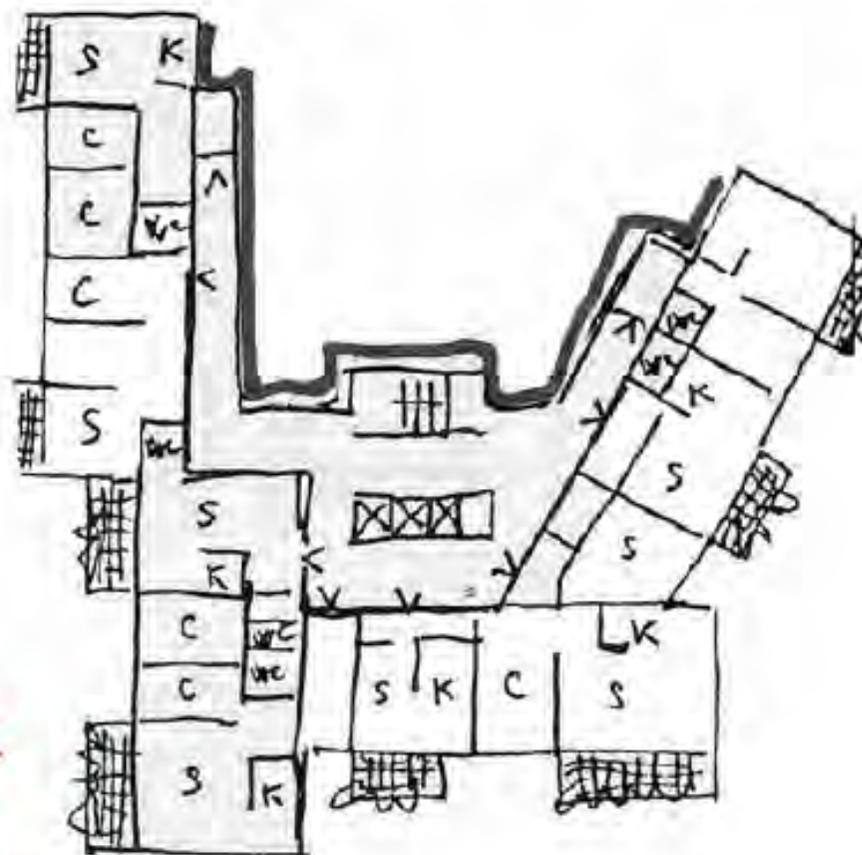
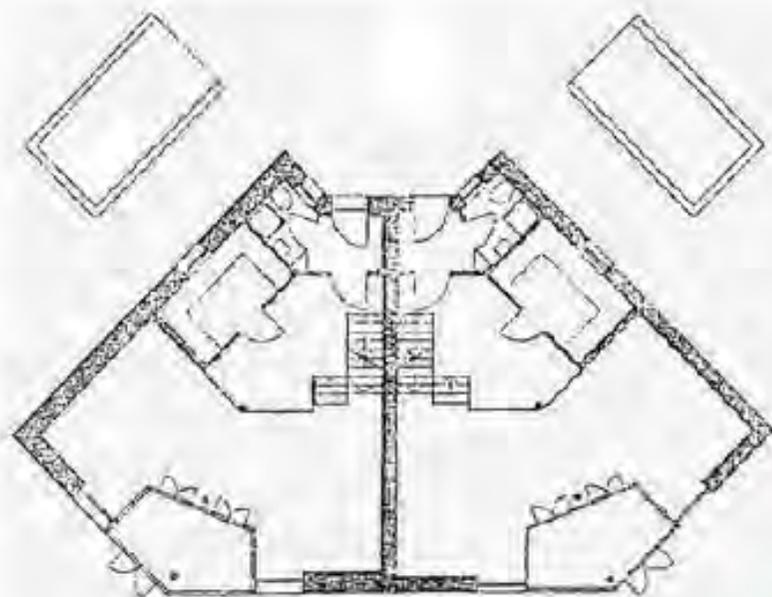


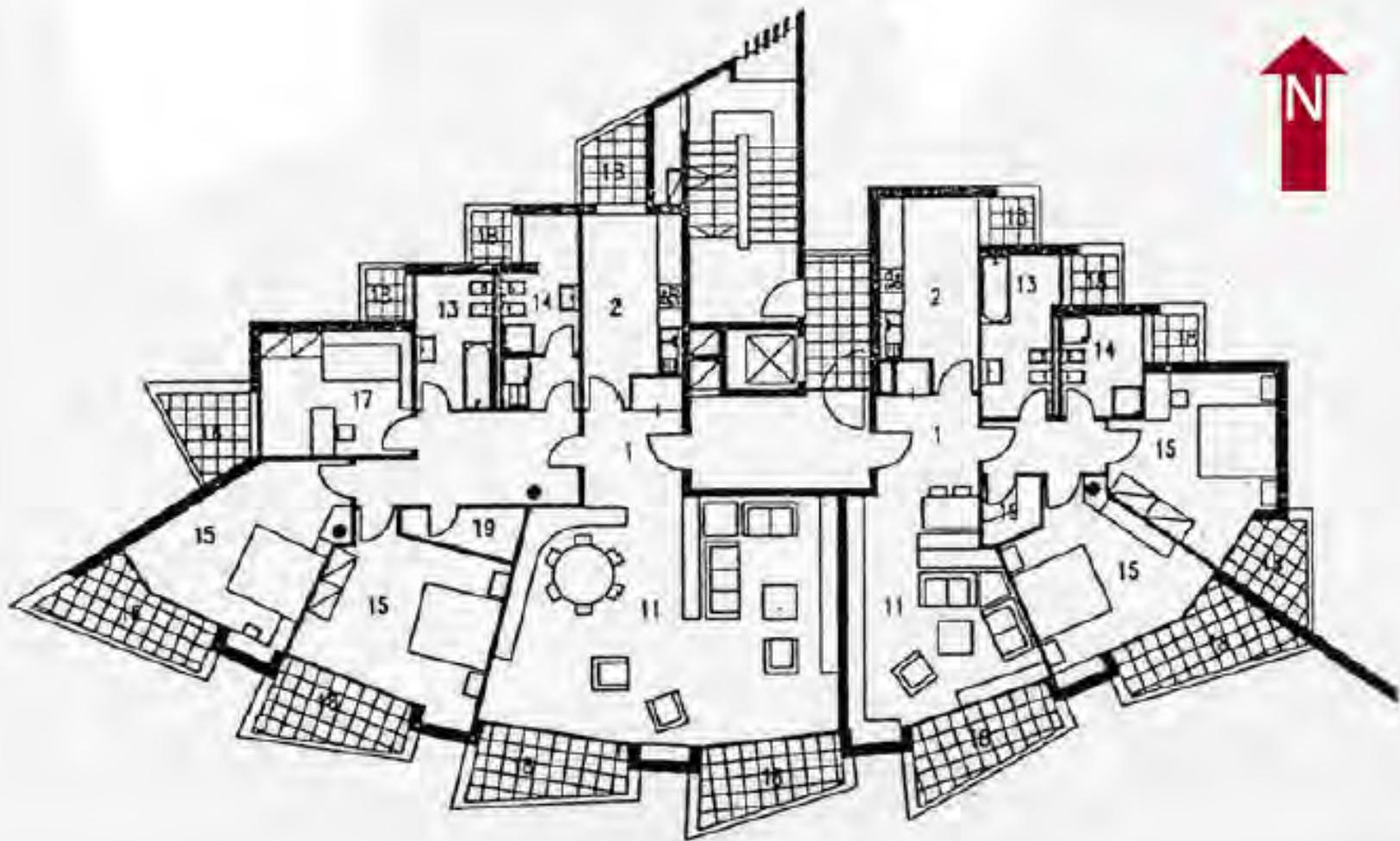


Fondamentale importanza ha l'organizzazione e la distribuzione degli spazi e delle funzioni interne

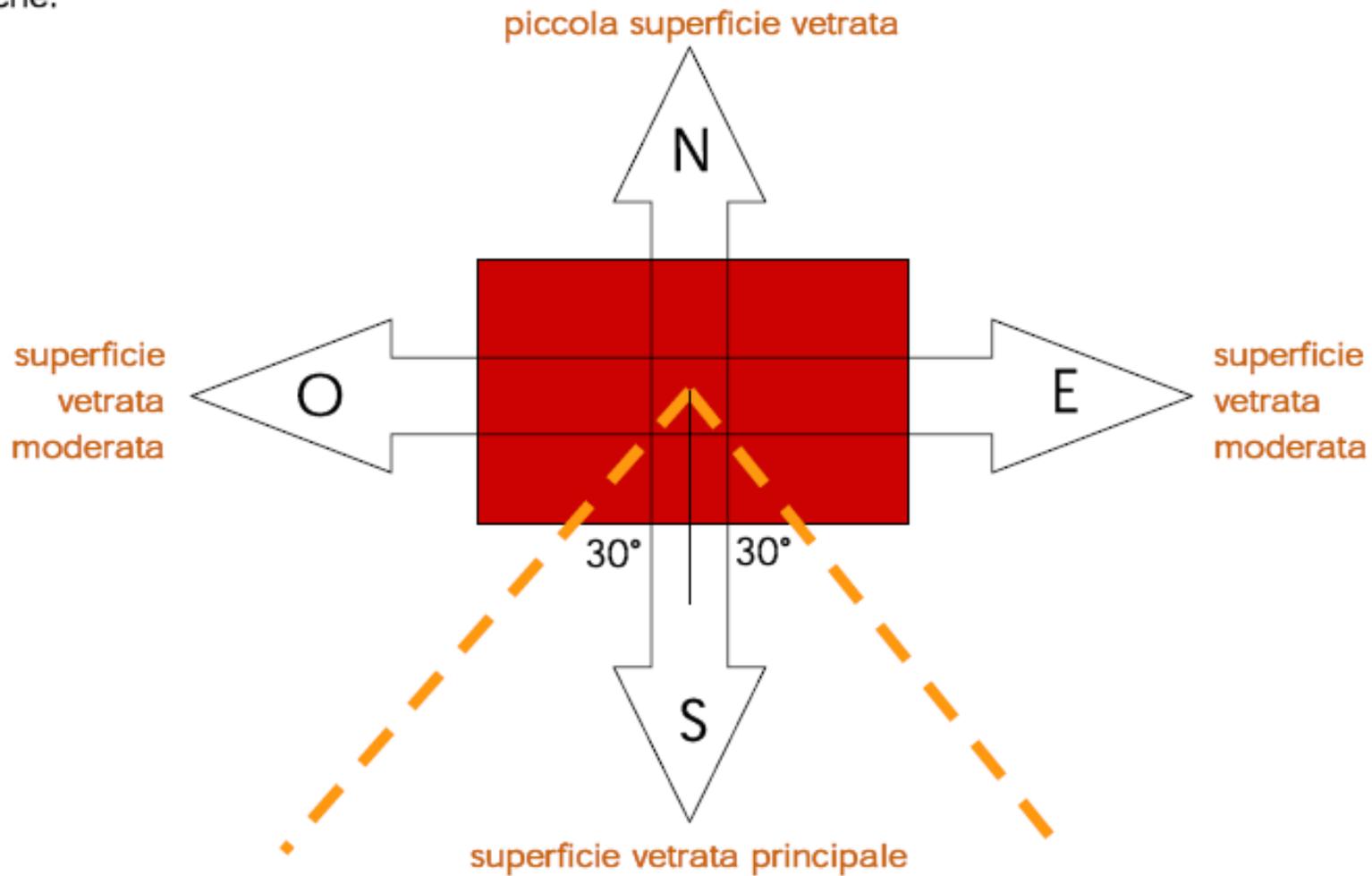


Inoltre attraverso con un'attenta organizzazione degli spazi interni si può ottenere una conformazione dell'organismo tale da rendere più compatto il fronte orientato verso le esposizioni maggiormente disperdenti producendo notevoli vantaggi energetici.



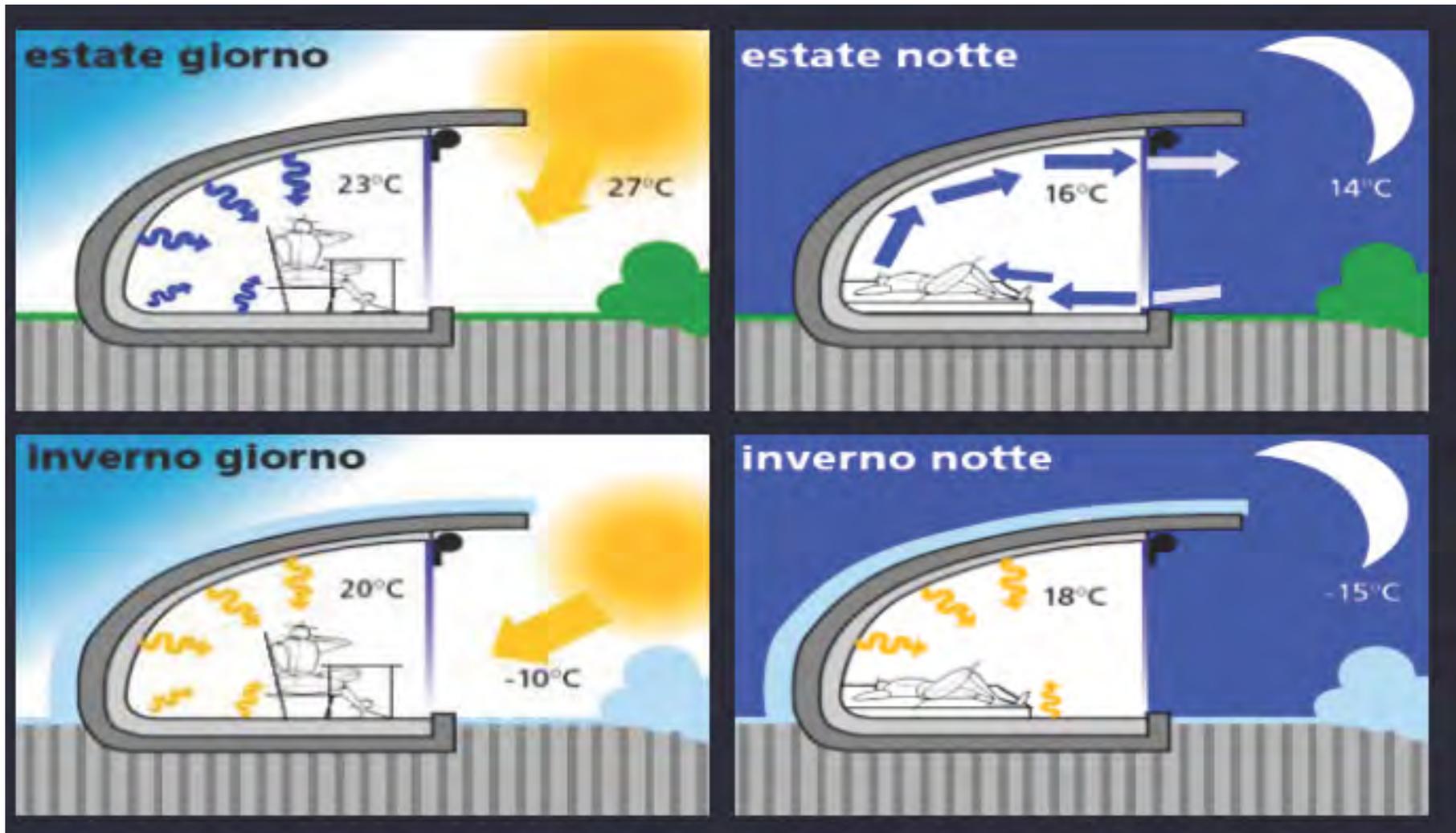


Le superfici vetrate vanno preferibilmente disposte sui lati sud-est, sud e sud-ovest a seconda delle esigenze interne di ciascuno spazio. Sui lati est ovest e soprattutto nord le finestre devono essere piccole e a doppi vetri. La realizzazione di finestre rientranti contribuisce a ridurre le dispersioni termiche.



UTILIZZO DELL'ENERGIA SOLARE = PRIVILEGIARE APERTURE VERSO SUD CON PROTEZIONE SOLARE

FINESTRE EST/OVEST CONTRIBUISCONO POCO AL RISCALDAMENTO INVERNALE, MA CAUSANO SURRISCALDAMENTO ESTIVO (SCHERMATURE)



UTILIZZO DELL'ENERGIA SOLARE PASSIVA

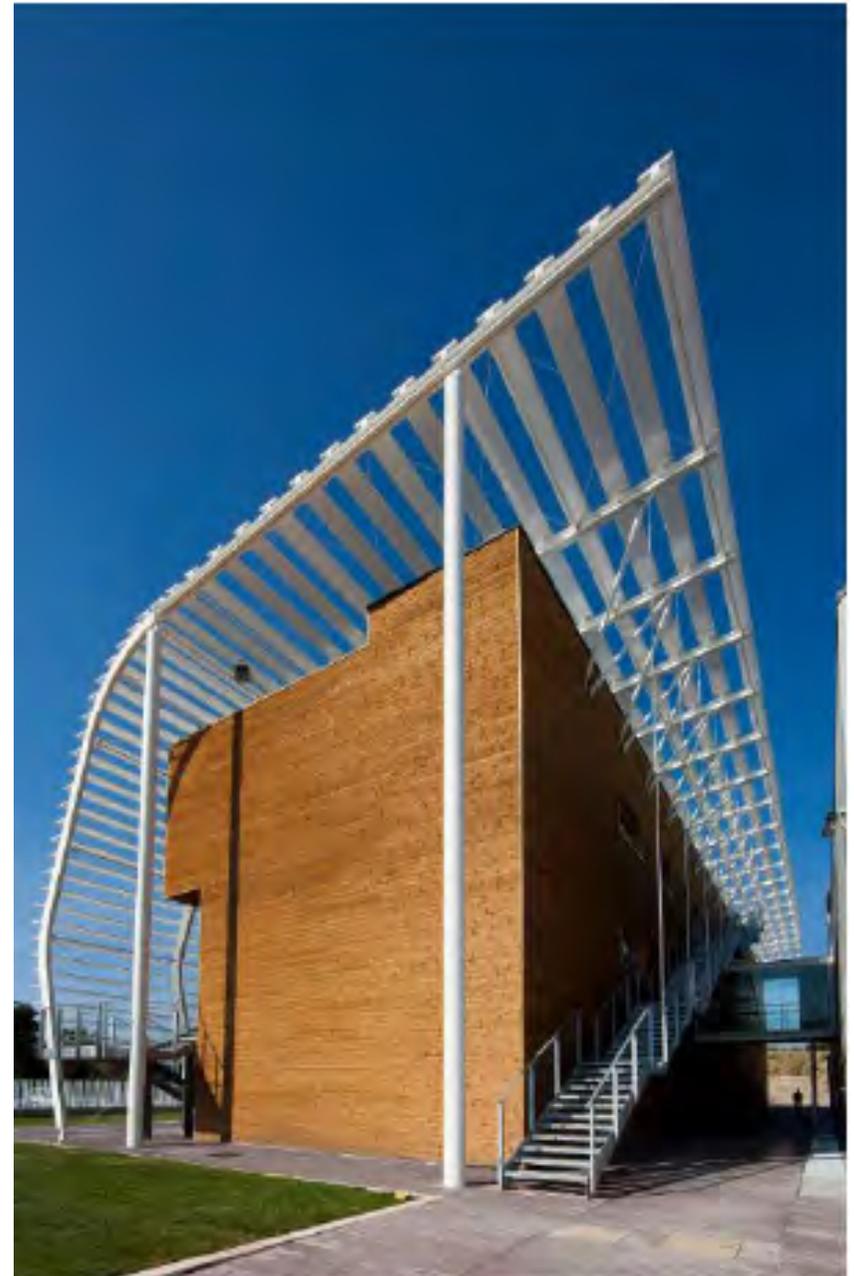


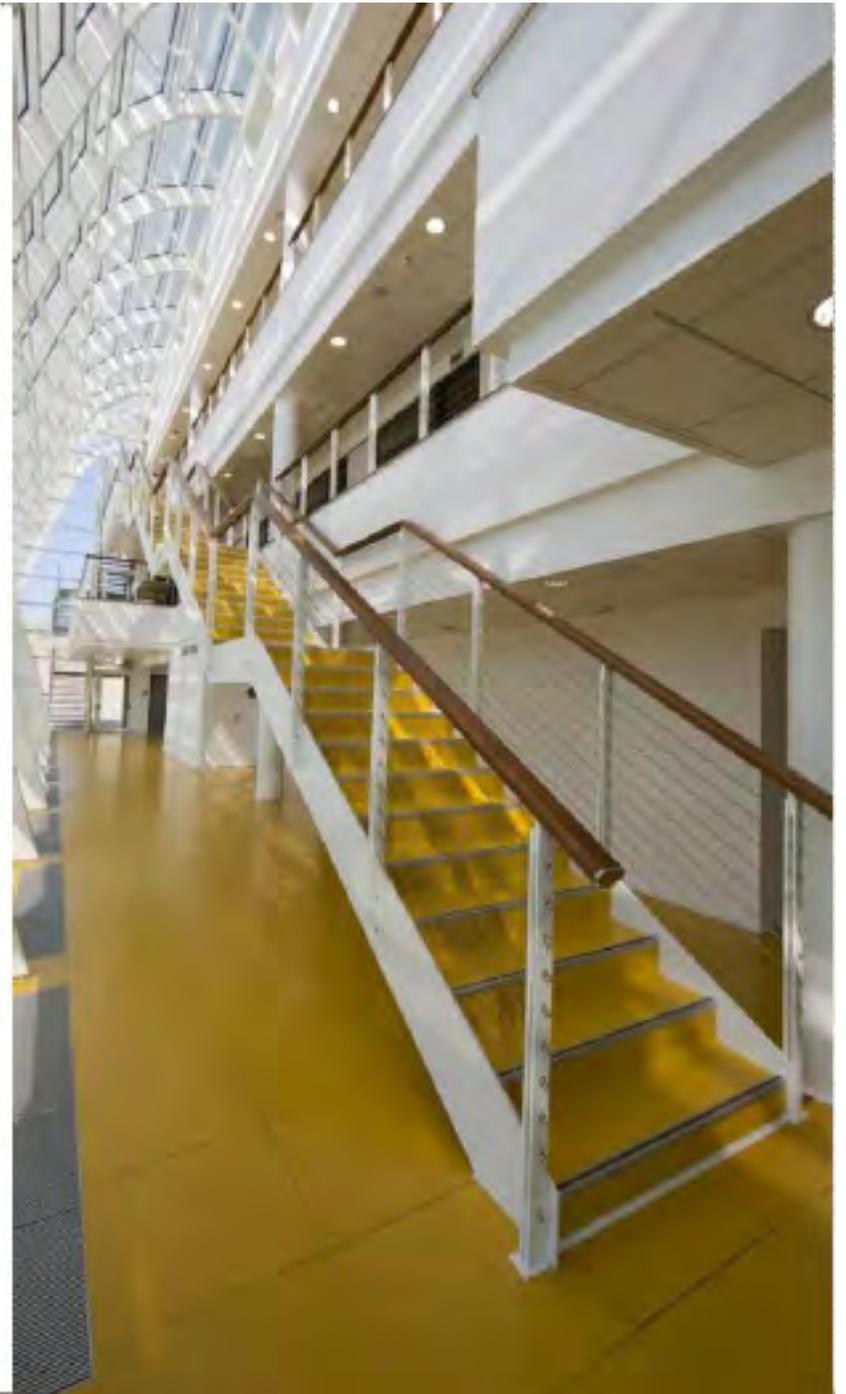
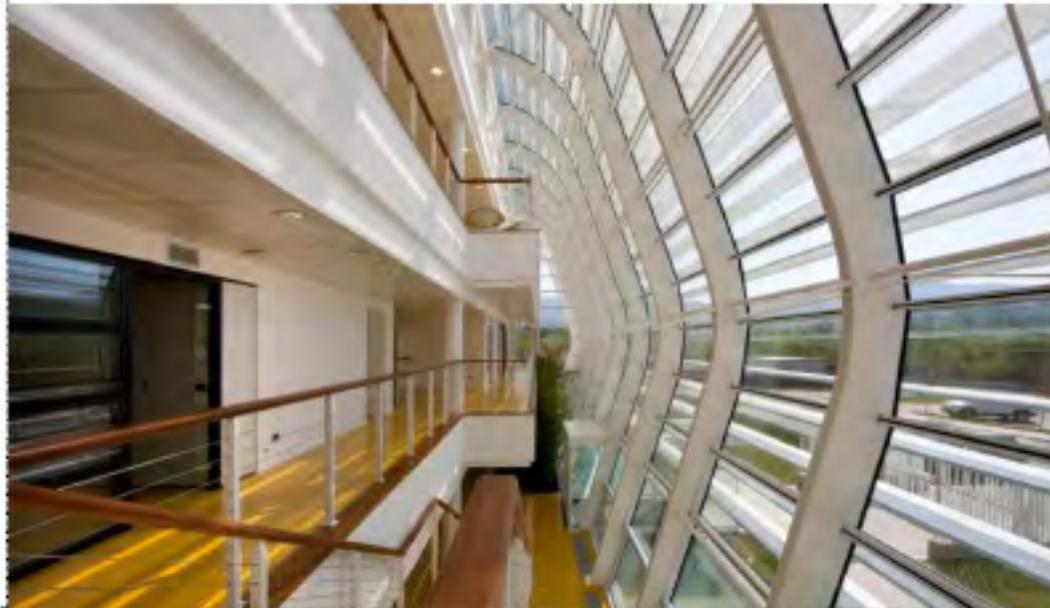
Le parti trasparenti devono essere adeguatamente isolanti: in climi freddi sono utilizzati serramenti con telaio isolato termicamente e vetrate a doppia intercapedine (triplo vetro) con gas inerti costituite da vetri speciali a bassa emissività molto trasparenti, (che lascino passare più del 50-60% della luce incidente), $U < 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$

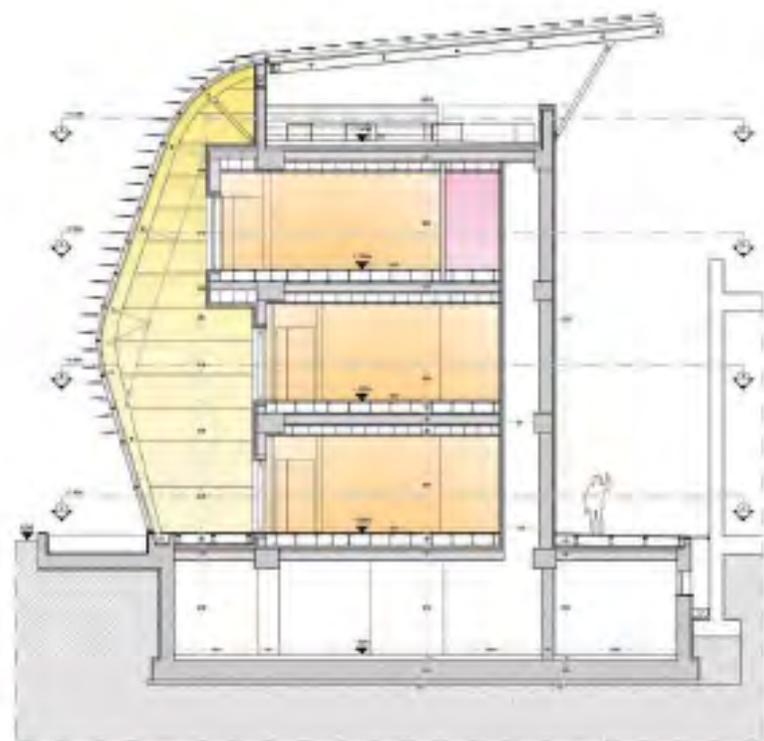
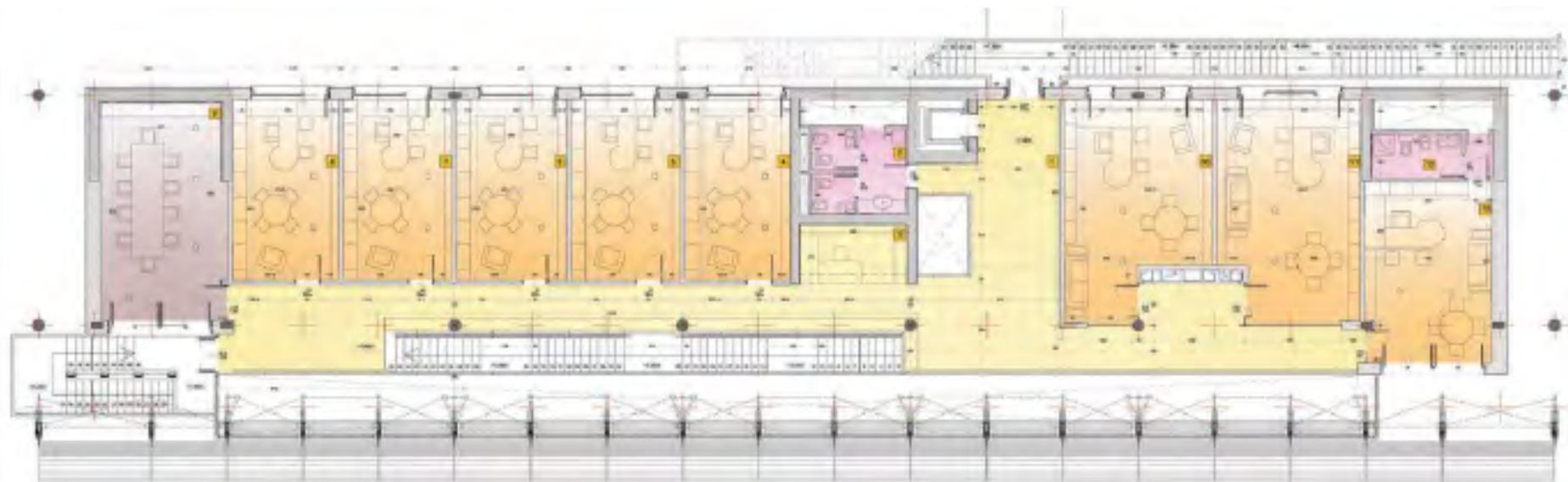
Nella situazione mediterranea però il clima più mite può consentire l'uso di serramenti dalle prestazioni intermedie e meno costosi, con una trasmittanza di $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ dei quali almeno il 50% deve essere ombreggiato

New HQ ARCHIMEDE Solar Energy

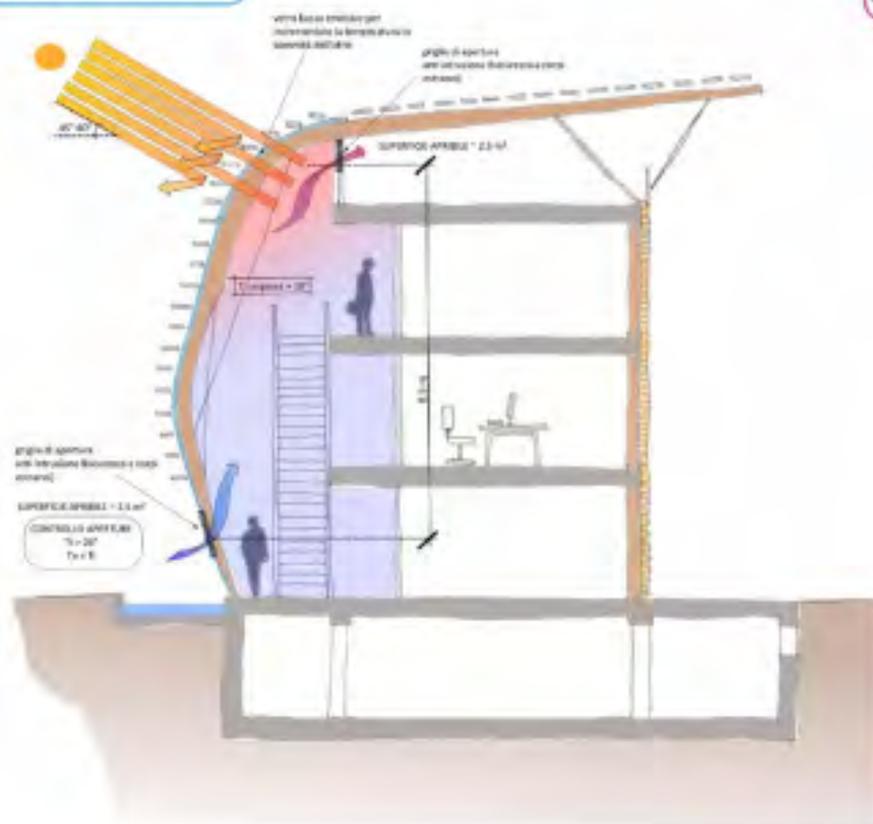
Il progetto NEW HQ ARCHIMEDE SOLAR ENERGY di Paolo Verducci punta ad abbattere il fabbisogno di energia termica (rispetto ad un edificio standard) e di ottenere un edificio tendente a emissioni zero. Questo avviene tramite una scelta consapevole che parte dalla progettazione **tipologico-distributiva** (orientamento, forma architettonica, posizionamento corpi scala e ballatoi interni), alla quale si aggiunge un mix integrato di **strategie passive** (ventilazione naturale e ibrida ed illuminazione naturale), una selezione di **materiali a basso impatto ambientale** ed in ultimo vi è la dotazione impiantistica.



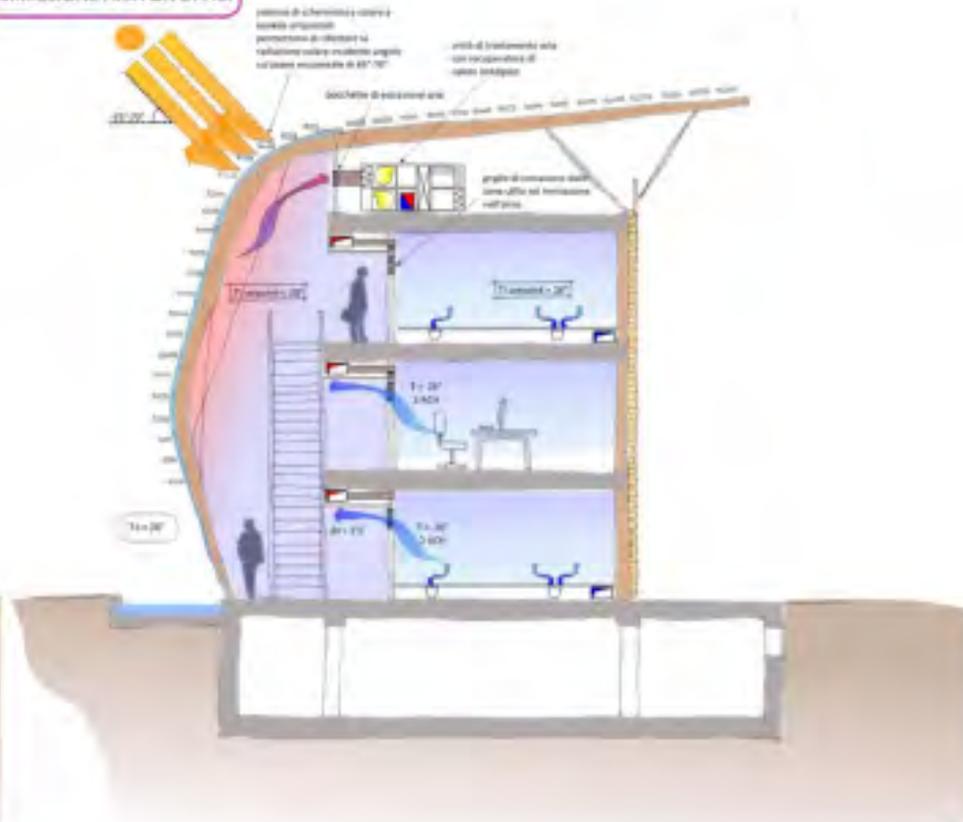




VENTILAZIONE NATURALE

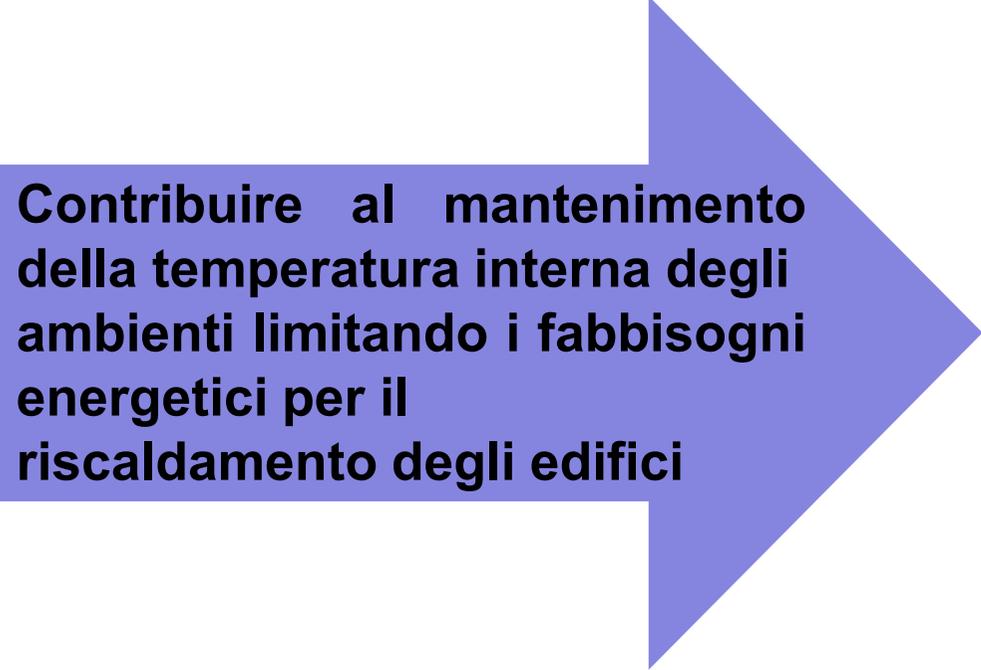


IMMISSIONE ARIA DA UFFICI



STRATEGIE DI CONTENIMENTO DEI CONSUMI INVERNALI

Al fine di favorire gli apporti termici dovuti all'irraggiamento solare durante il regime invernale

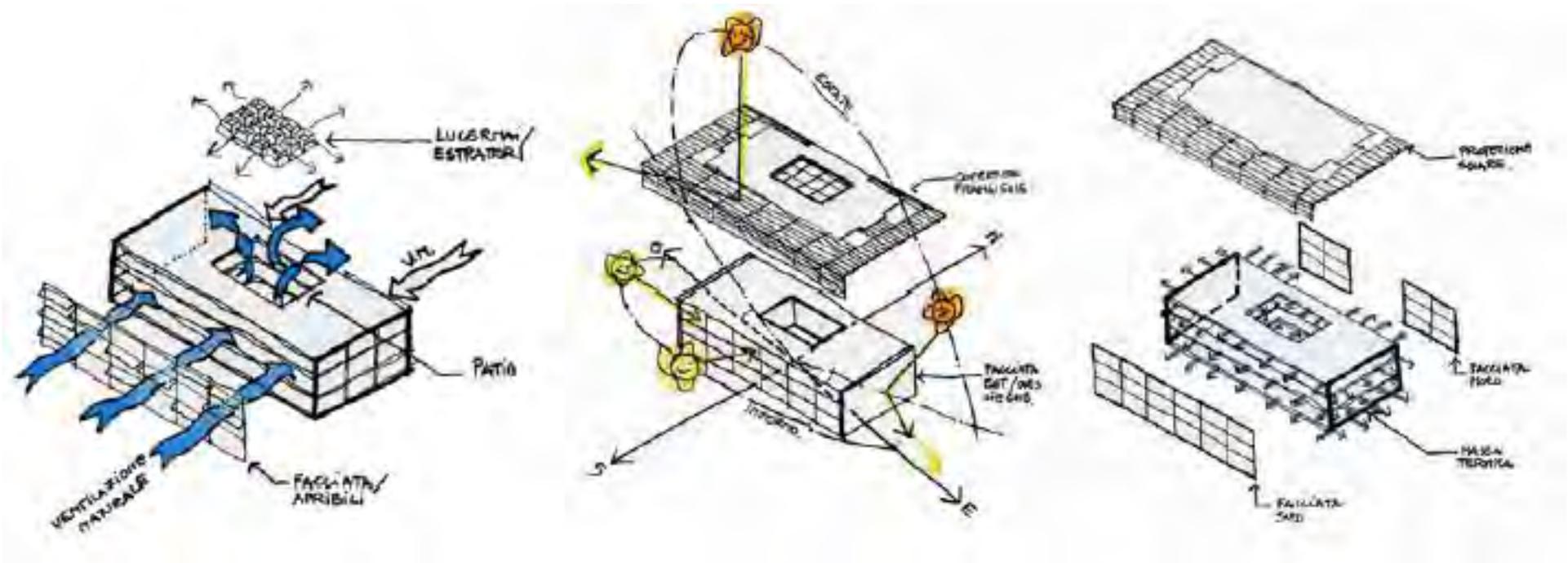


Contribuire al mantenimento della temperatura interna degli ambienti limitando i fabbisogni energetici per il riscaldamento degli edifici

Favorire l'apporto di calore per irraggiamento solare attraverso le superfici vetrate

Isolamento per attenuazione del flusso termico in uscita

SISTEMI SOLARI PASSIVI



Per sistema solare passivo si intende una configurazione che consente di captare una parte dell'energia radiante solare che raggiunge l'involucro dell'edificio e di convertirla in calore, immagazzinarla e distribuirla all'interno degli ambienti. Tale processo avviene senza il ricorso a sistemi meccanici che prevedono lo sfruttamento di altra forma di energia ausiliaria ma sfruttando unicamente i fenomeni naturali di **CONVEZIONE, CONDUZIONE ED IRRAGGIAMENTO**

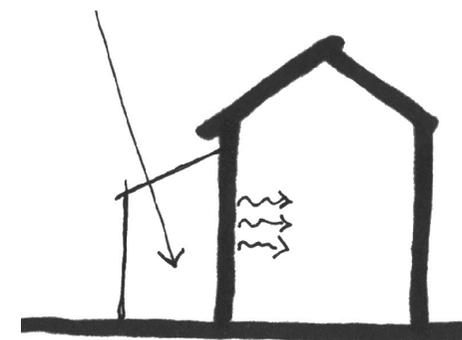
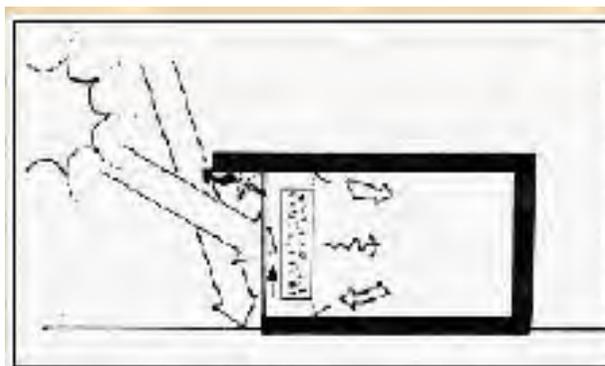
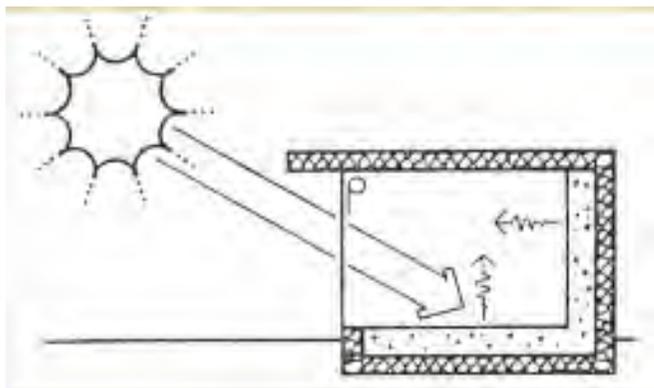
SISTEMI ATTIVI	SISTEMI PASSIVI
<p>Impianti che si basano sulla radiazione solare come fonte energetica ma necessitano di dispositivi meccanici per l'utilizzo e la distribuzione</p> <p>Captazione, accumulo e trasporto dell'energia solare, tramite:</p> <ul style="list-style-type: none">* collettori* accumulatori* sistemi di distribuzione e/o utilizzatori	<p>Non hanno elementi meccanici per la raccolta del calore: i flussi termici avvengono naturalmente grazie alla captazione, accumulo e trasporto dell'energia solare, tramite:</p> <ul style="list-style-type: none">* conduzione* convezione* irraggiamento

SISTEMI ATTIVI

SISTEMA	UTILIZZO	FINALITA'
Collettori solari	singoli edifici o alloggi complessi edilizi	Produzione di acqua calda per uso sanitario o riscaldamento
Pannelli fotovoltaici	singoli edifici o alloggi complessi edilizi	Produzione di corrente elettrica
Centrali solari	per numerosi utenti	Produzione di corrente elettrica

SISTEMI PASSIVI

A GUADAGNO DIRETTO	A GUADAGNO INDIRETTO	MISTI
Sfruttamento del calore solare accumulato grazie all'inerzia termica naturale delle pareti e del soffitto e del pavimento dell'ambiente.	Sfruttamento del calore solare accumulato da una massa ad alta inerzia termica posta tra il sole e l'ambiente da riscaldare	Sfruttamento del calore solare accumulato da pareti, pavimento e soffitto dell'ambiente e di una massa ad alta inerzia termica.
SISTEMI	SISTEMI	SISTEMI
Serre a guadagno diretto	Parete di Trombe Roof pond	Serre con muro di accumulo

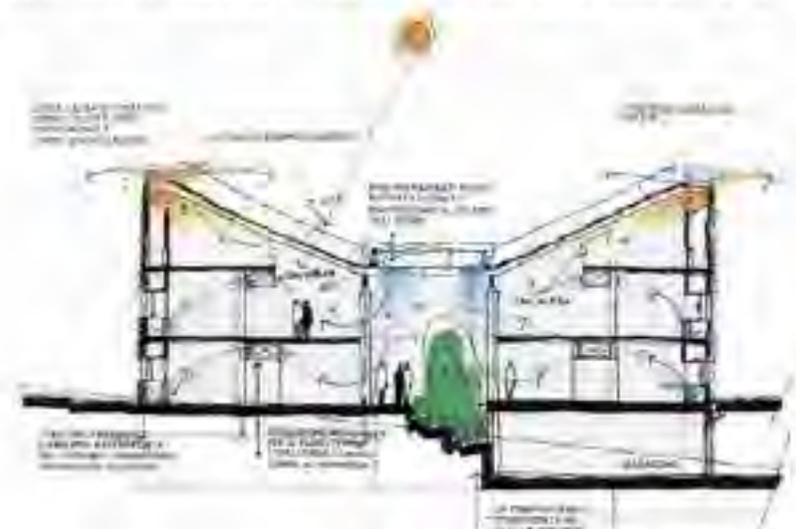
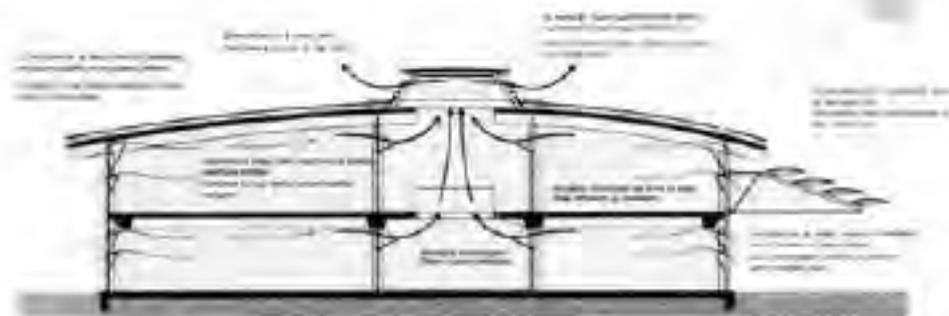


Sistemi solari passivi

Utilizzando sistemi solari passivi la captazione, l'espulsione, l'accumulo e la distribuzione dell'energia vengono effettuate da elementi o conformazioni dell'organismo architettonico, anche attraverso una combinazione opportuna di quattro componenti fondamentali:

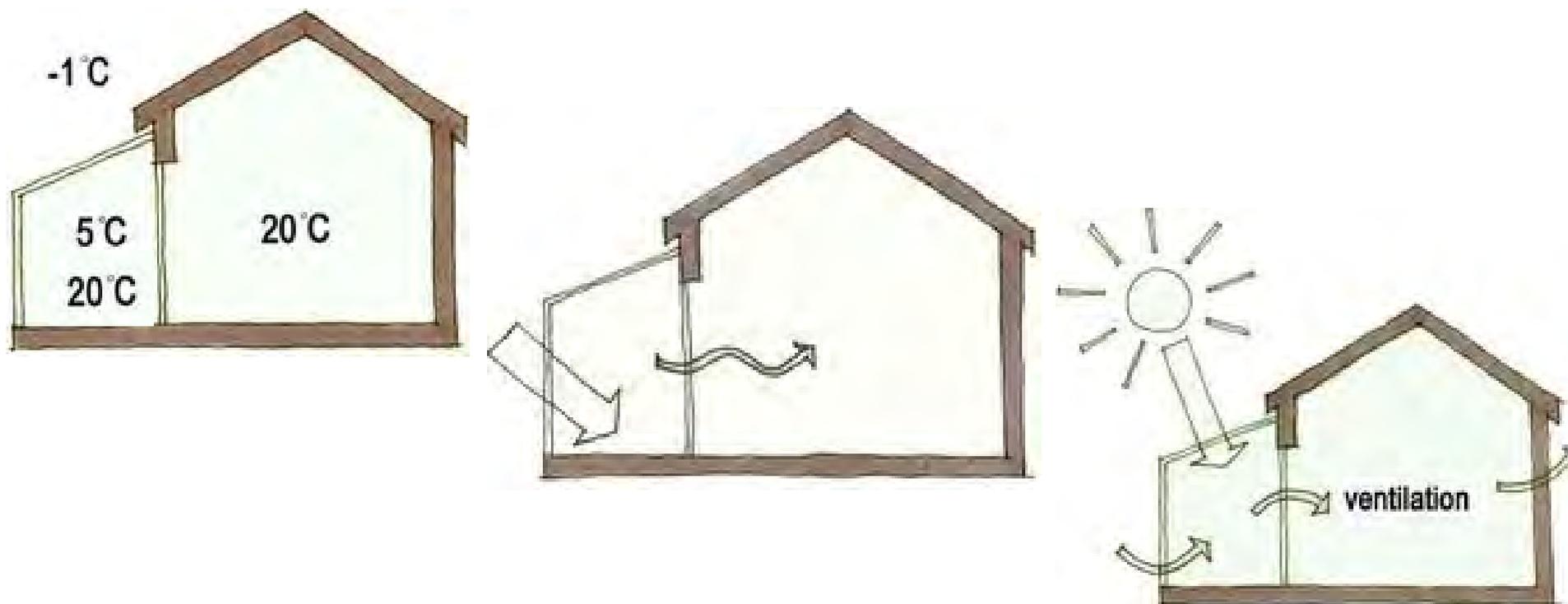
- le superfici trasparenti
- le capacità termiche (di muri, solai, pavimenti)
- la coibentazione
- i sistemi di schermatura (fissi o mobili)

I sistemi solari passivi sono semplici nella concezione e nell'uso in quanto composti da poche parti mobili o meccaniche (costituite da finestre apribili e sistemi di oscuramento) tali quindi da richiedere nessuna o poca manutenzione; inoltre sfruttando risorse energetiche naturali (pulite) ed illimitate (inesauribili) non producono inquinamento e non richiedono nessun costo di trasporto o distribuzione di energia.



Inverno: permette di trasformare le radiazioni, catturate attraverso le sue superfici vetrate, in calore che viene convogliato nelle stanze adiacenti e svolge anche una funzione di spazio-filtro riducendo le dispersioni di calore verso l'esterno.

Estate: previene fenomeni di surriscaldamento degli ambienti esposti a Sud grazie al sistema di ventilazione naturale attivato dall'apertura degli infissi e dalla presenza di elementi che ombreggiano la serra stessa (tende e piante).



EFFETTO SERRA

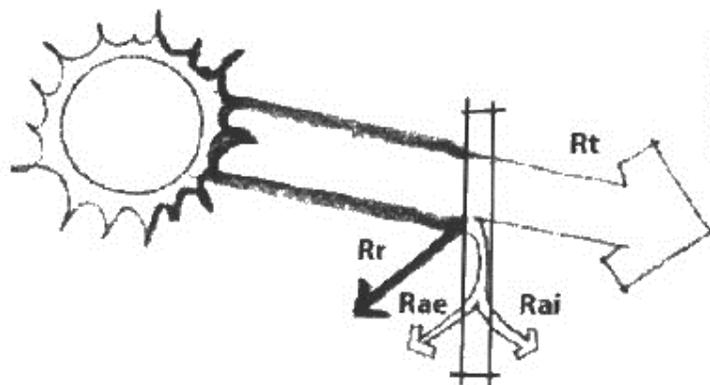
Una parte dell'energia radiante viene intrappolata all'interno di uno spazio confinato parzialmente o totalmente da superfici trasparenti

1. Quando la radiazione solare colpisce la superficie trasparente:

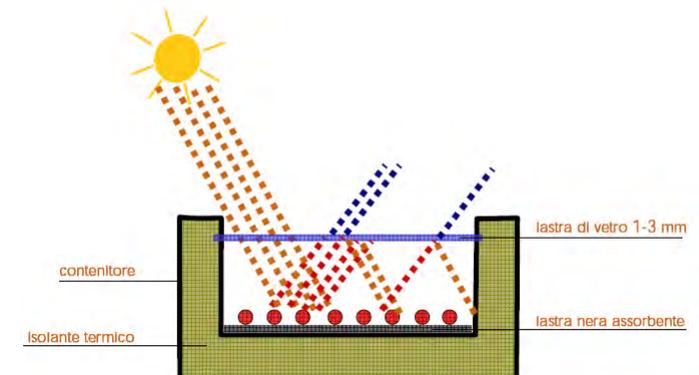
Una parte viene riflessa (R_r) - dipende dal materiale e dall'angolo di incidenza dei raggi

Una parte assorbita e ri-emessa verso l'esterno (R_{ae}) e in parte verso l'interno (R_{ai})

Una parte viene trasmessa all'interno (R_t) – sono avvantaggiati materiali molto trasparenti con superficie esterna non riflettente (elevato fattore solare)



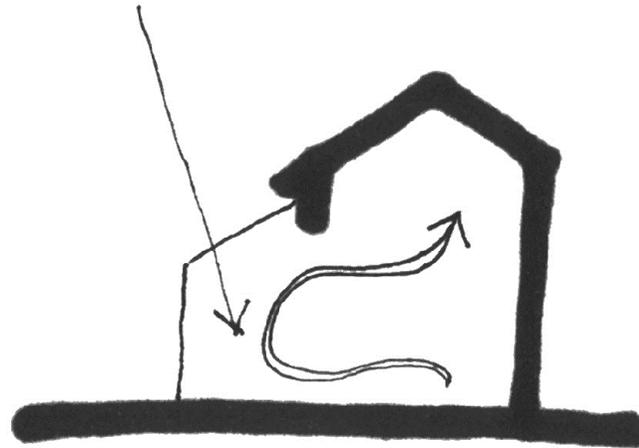
R_r radiazione riflessa
 R_{ae} radiazione assorbita e ri-emessa all'esterno
 R_{ai} radiazione assorbita e ri-emessa all'interno
 R_t radiazione trasmessa all'interno



TIPOLOGIE DI FUNZIONAMENTO

SISTEMI SOLARI PASSIVI A GUADAGNO DIRETTO

La serra è direttamente collegata al locale retrostante e ne diviene estensione: il guadagno solare avviene direttamente all'interno dello spazio abitato

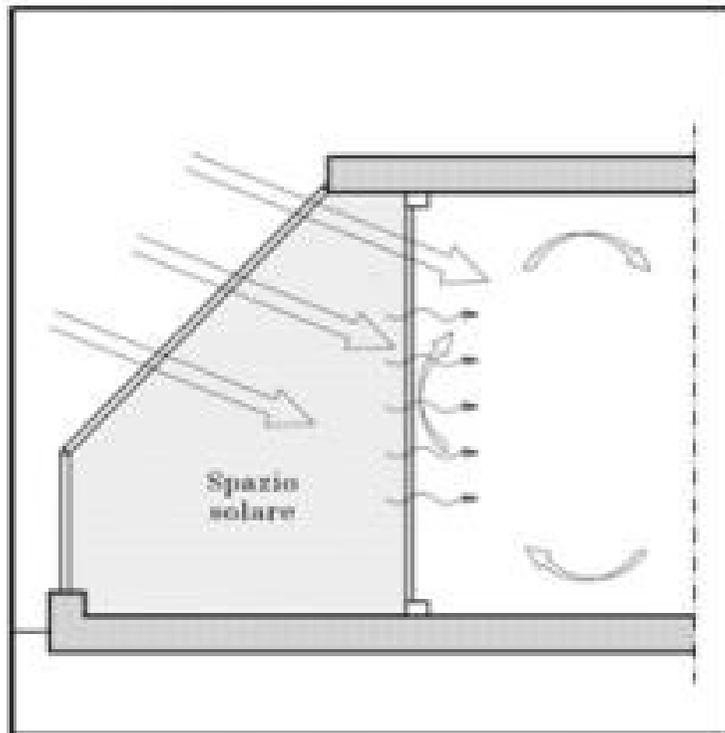


REQUISITI FONDAMENTALI:

VETRI AD ELEVATE PRESTAZIONI (MINIMIZZARE LE DISPERSIONI – mai vetri singoli)

OMBREGGIAMENTO DELLA PARTE VETRATA NEL PERIODO ESTIVO

Sistemi con parete divisoria trasparente (guadagno diretto)



La mancanza della massa termica rende utilizzabile per destinazioni funzionali degli ambienti che richiedono una immediata utilizzazione dell'energia solare disponibile. No accumulo termico.

Caratteristiche di funzionamento:

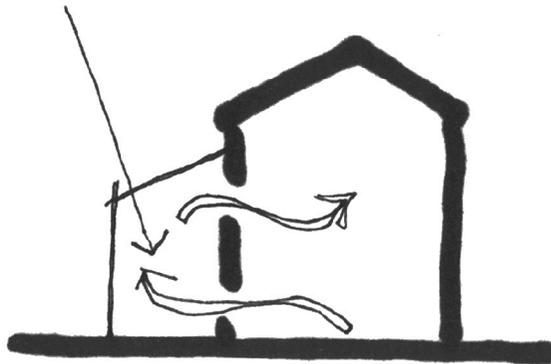
- L'energia prodotta si trasmette, attraverso la trasmittanza del diaframma di separazione spazio solare – spazio abitato, in maniera rapida verso gli ambienti interni, senza alcun ritardo o sfasamento dell'onda termica.
- Al cessare del contributo solare, durante il periodo serale e notturno, il sistema fornisce energia solo in minima parte (accumulo a pavimento). Tali caratteristiche di funzionamento rendono adatta questa configurazione, ad edifici che necessitano di una utilizzazione del calore durante il periodo giornaliero di funzionamento, piuttosto che per edifici residenziali, in cui il rilascio termico serale e notturno è una fase di funzionamento desiderata.

SISTEMI SOLARI PASSIVI A GUADAGNO INDIRETTO O ISOLATO

Il calore viene generato in un ambiente confinante a quello abitato ovvero la serra solare, non riscaldata, è separata dall'ambiente abitato tramite un muro massivo termoaccumulatore. Lo scambio di calore può avvenire secondo due principi applicabili separatamente o congiuntamente

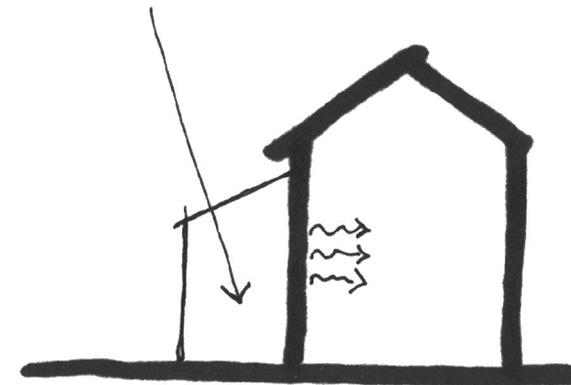
SCAMBIO CONVETTIVO

Lo scambio avviene per convezione, sfruttando le differenze di temperatura e di pressione generate dal surriscaldamento dell'ambiente, attraverso serramenti interni o griglie regolabili



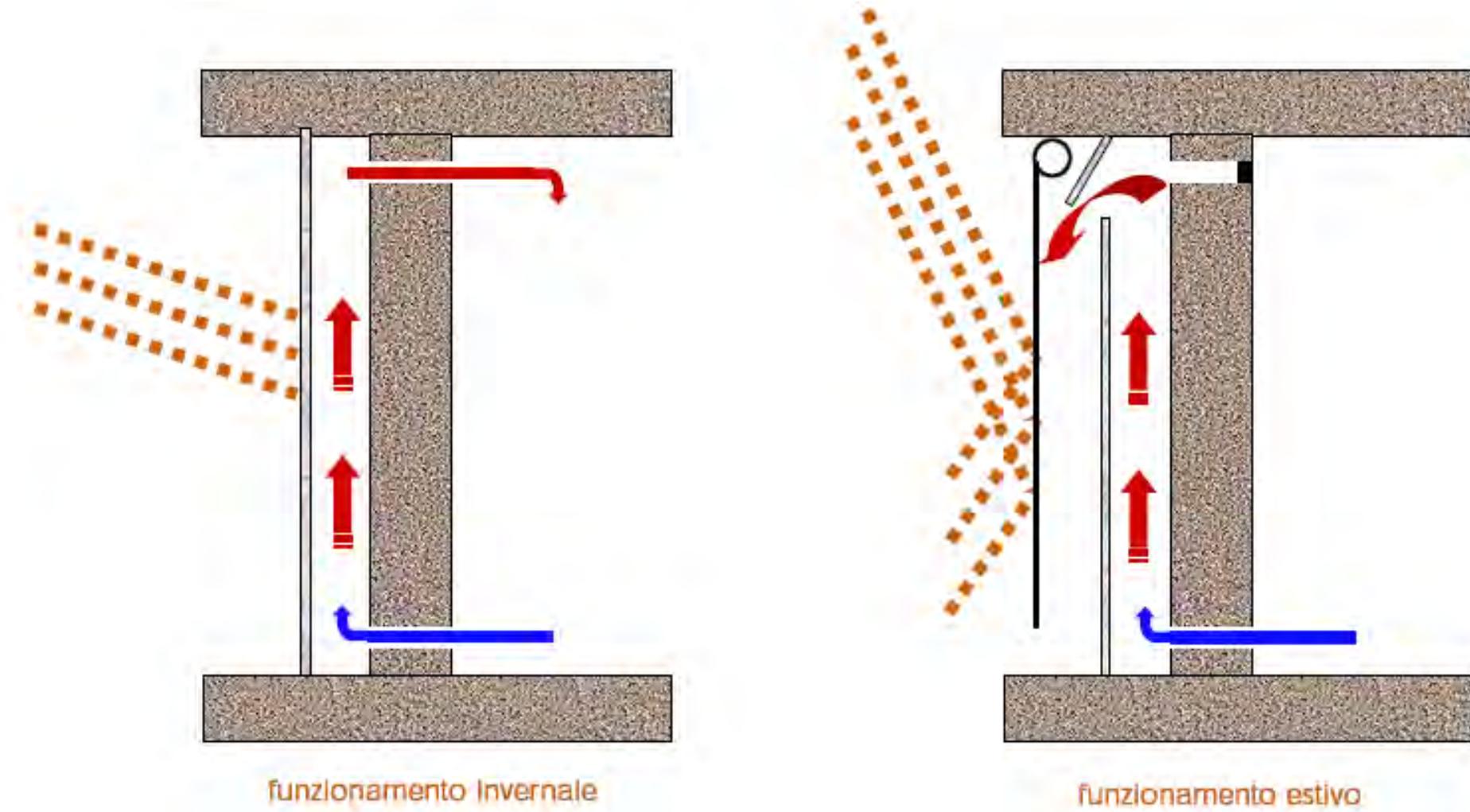
SCAMBIO RADIANTE

Scambio per radiazione attraverso la superficie di divisione, costituita da una parete di accumulo non isolata



GUADAGNO INDIRETTO

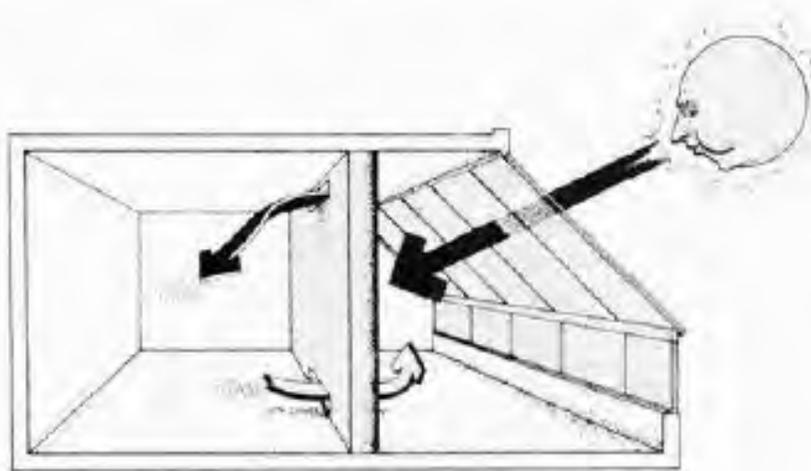
La radiazione solare incide su una massa di accumulo termico posta tra il sole e l'ambiente
(Es . Muro di trombe, facciata ventilata..)



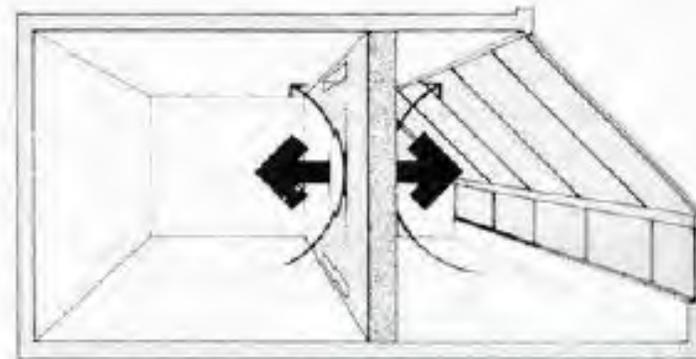
GUADAGNO ISOLATO

La massa captante e la massa termica sono isolate dagli spazi abitati

Es . Serre solari

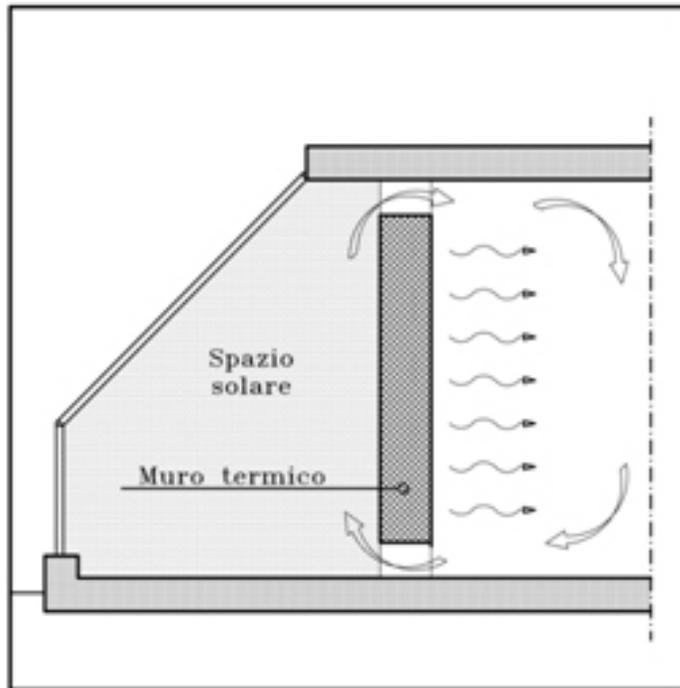


GIORNO



NOTTE

Serre con accumulo in muro termico a guadagno isolato



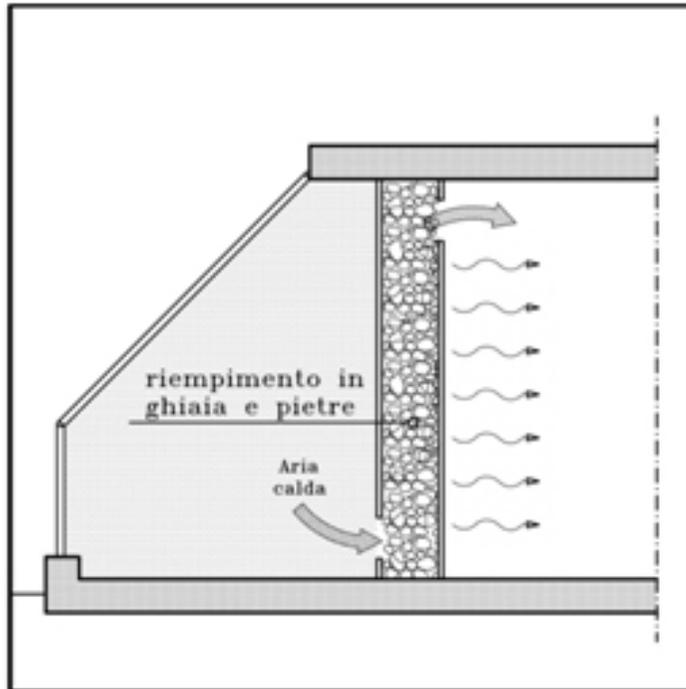
La specifica configurazione prevede una parete termica che divide lo spazio solare dagli ambienti interni dell'edificio

In questo caso la quantità di calore trasmessa agli ambienti interni è condizionata in larga parte dalle caratteristiche fisico-tecniche della parete termica (materiale costitutivo, caratteristiche dimensionali, ecc.).

Caratteristiche di funzionamento:

- Il calore si trasmette all'interno in funzione della trasmittanza del muro, assicurando il guadagno termico anche di notte tramite l'irraggiamento dell'energia termica accumulata.
- Attraverso specifiche aperture di comunicazione con lo spazio interno (localizzate nella parte bassa e nella parte alta del muro) si può incrementare il guadagno termico favorendo un funzionamento analogo a quello del muro trombe.

Serre con sistema tipo rock-bed wall



Il sistema è caratterizzato da una parete divisoria spazio solare-ambiente interno realizzata con un riempimento in ghiaia e/o pietrame sciolto.

Caratteristiche di funzionamento:

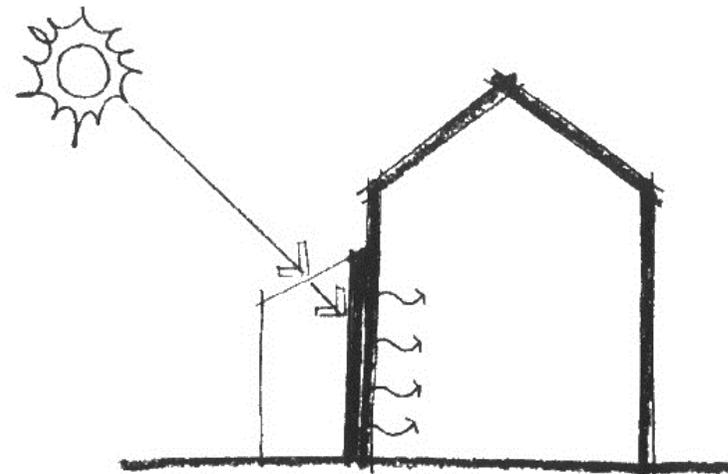
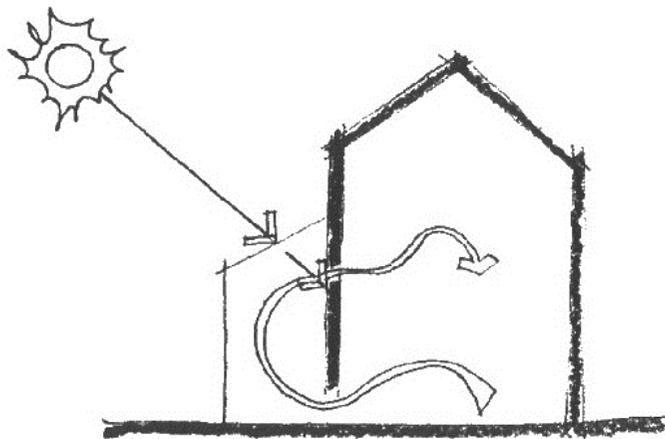
- La trasmissione del calore all'interno della parete di accumulo avviene essenzialmente per convezione: l'aria calda presente nello spazio-serra viene veicolata all'interno della parete determinando il riscaldamento del materiale di accumulo in essa disposto.
- Aperture realizzate in alto nella faccia interna della parete possono contribuire a conferire calore allo spazio interno tramite l'ingresso in ambiente di aria calda.

INVERNO GIORNO

La configurazione prevede la totale chiusura dell'involucro trasparente, la captazione dell'energia radiante, la cessione all'ambiente per guadagno diretto, per scambio convettivo e/o radiativo.

Nel caso di scambio **convettivo**, le aperture presenti sulla parete, in configurazione aperta, lasciano entrare il calore proveniente dalla serra quando la temperatura dell'aria è uguale/superiore a quella degli ambienti. Il fenomeno può avvenire per convezione naturale o tramite ventole meccaniche elettrocomandate.

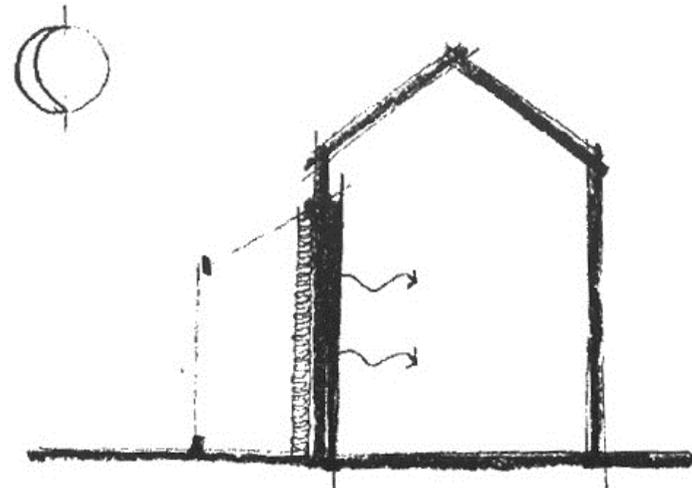
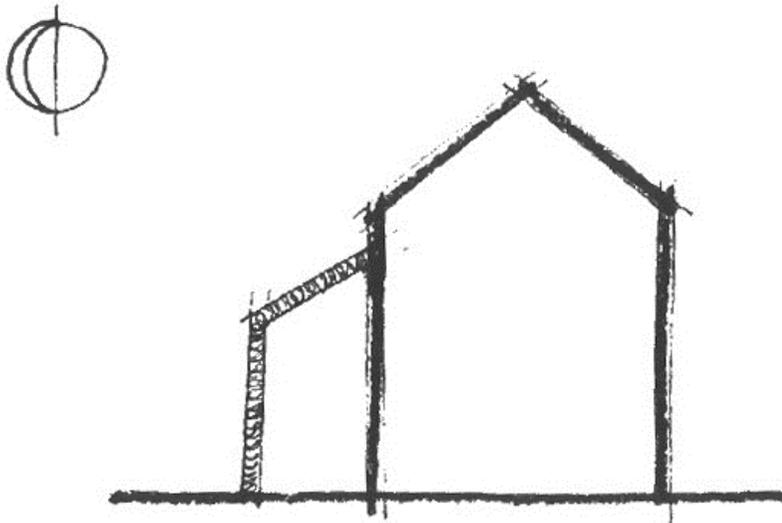
Nel caso di scambio **radiativo**, il muro massivo di separazione tra la serra e l'ambiente, che di giorno capta il massimo dell'energia termica, irradia verso l'ambiente retrostante più freddo l'energia termica accumulata.



INVERNO NOTTE

La configurazione invernale notturna prevede che vengano minimizzate le dispersioni termiche verso l'esterno: a tal fine è di buon ausilio l'utilizzo di sistemi isolanti mobili (pannelli o tende).

Tali sistemi sono di maggior efficacia se applicati sul lato esterno dell'involucro trasparente in caso di serre a guadagno diretto mentre in caso di serre a guadagno isolato, tali sistemi andranno applicati sul muro stesso. In caso di scambio convettivo le aperture saranno chiuse, onde evitare passaggio di aria calda dagli ambienti abitati alla serra.



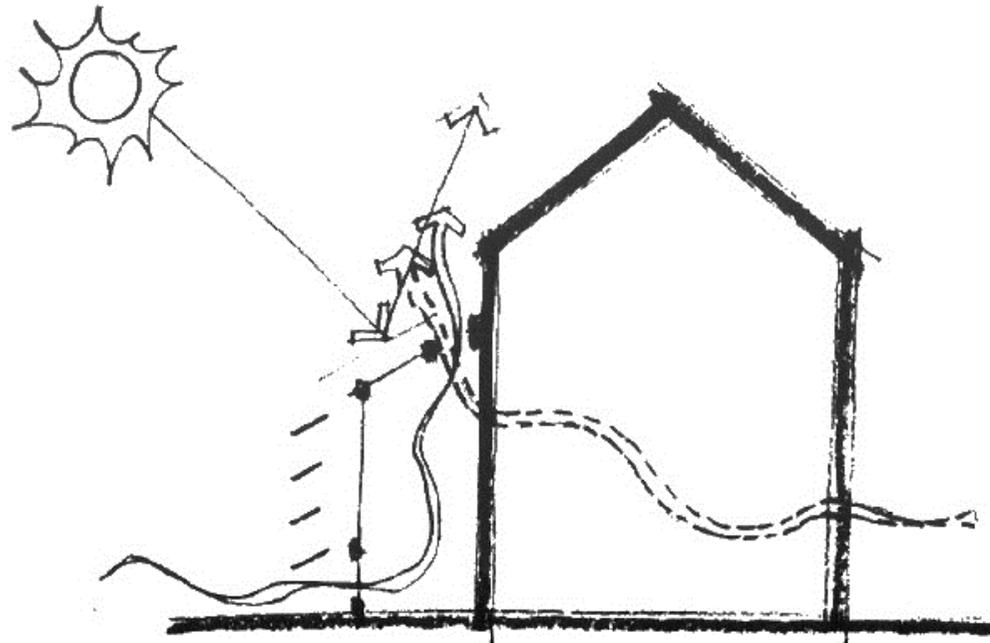
ESTATE GIORNO

La principale problematica del sistema serra solare durante la stagione estiva è legata al surriscaldamento del volume.

A tale scopo è necessario escludere qualsiasi tipo di guadagno solare e sfruttare l'effetto "tampone" dell'involucro che può creare fenomeni di sfasamento e smorzamento dell'onda termica.

Escludere il contributo dell'aria calda proveniente dall'esterno, pertanto la configurazione corretta prevede che i serramenti dell'involucro vetrato siano chiusi così come le aperture di ventilazione, in caso di serra isolata, sul muro di separazione.

In caso di depressione favorevole si può sfruttare la serra come camino solare (moto d'aria ascendente in grado di creare raffrescamento)

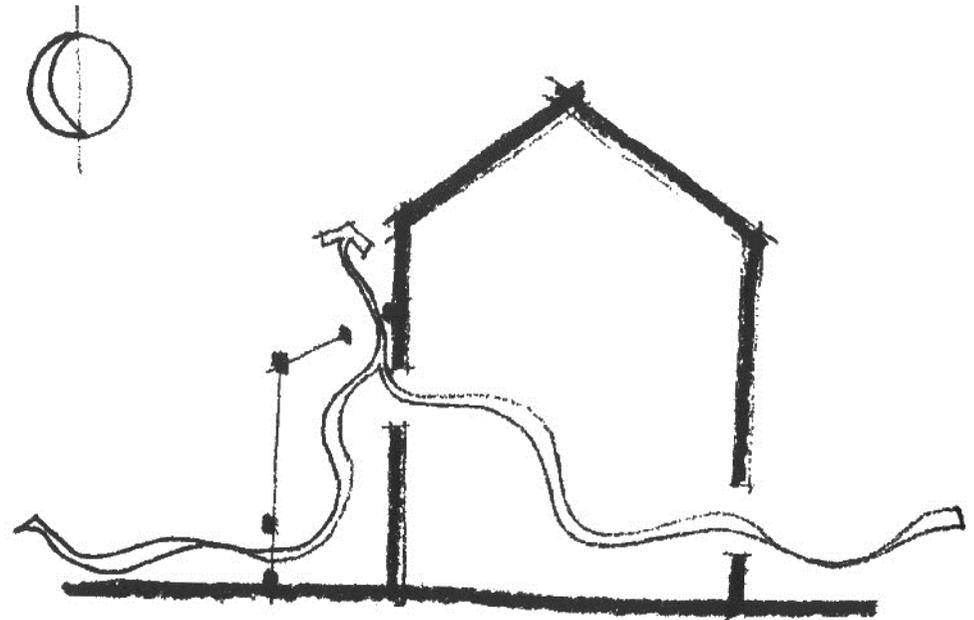


ESTATE NOTTE

Durante le ore notturne estive la funzione della serra è quella di dissipare il calore sia sotto forma di radiazione che per convezione: a tale scopo è sempre consigliabile dotare l'involucro vetrato di parti apribili studiate in maniera opportuna per lo sfruttamento della ventilazione trasversale per il raffrescamento.

Nel caso di serra a scambio convettivo, le aperture nel muro saranno aperte per favorire il passaggio dell'aria fresca.

E'conveniente avere schermature mobili in modo che possano essere ritirate per favorire la ventilazione.





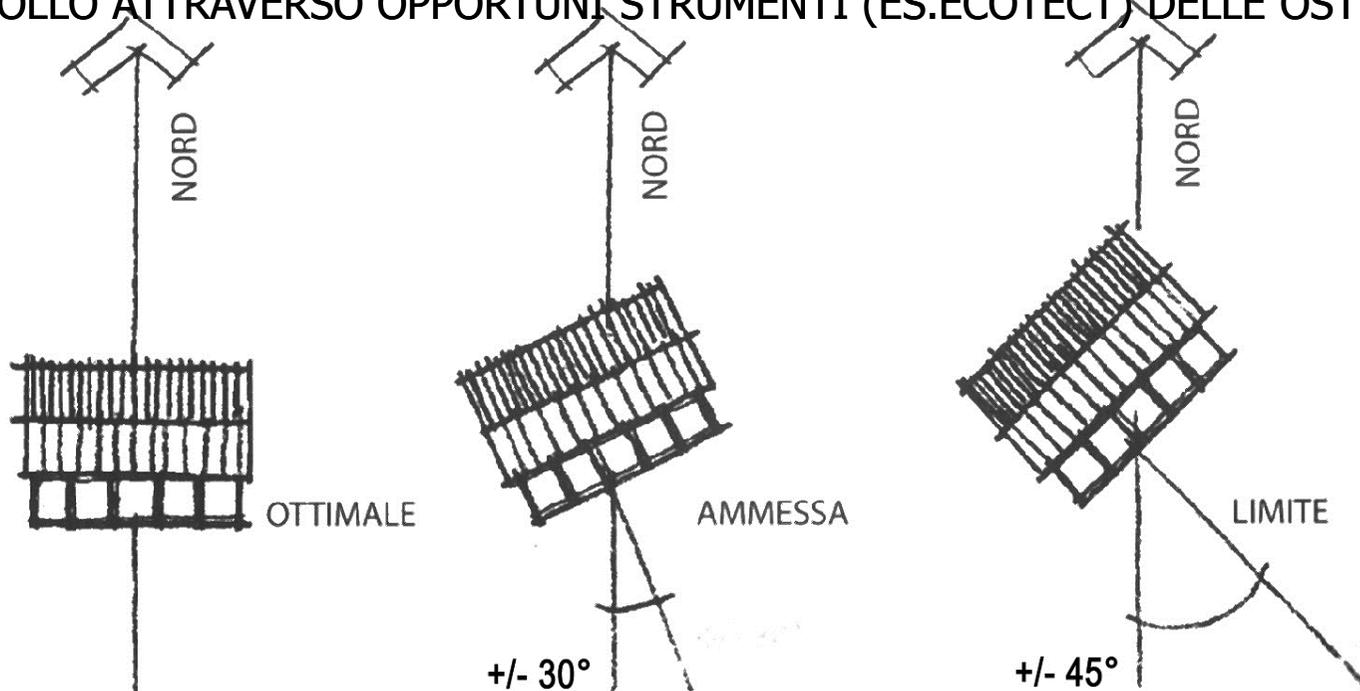
ORIENTAMENTO

Orientamento ottimale a Sud, con una tolleranza di più o meno 30/40 gradi.

Attenzione agli orientamenti Est ed Ovest (minore incidenza invernale, maggiore surriscaldamento estivo)

Una esposizione a Nord non pone problemi di surriscaldamento, ma riceve nei mesi invernali radiazioni solari in quantità molto modesta

CONTROLLO ATTRAVERSO OPPORTUNI STRUMENTI (ES. ECOTECT) DELLE OSTRUZIONI



COIBENTAZIONE

ISOLAMENTO DALL'ESTERNO



PANNELLI ISOLANTI A BILICO O A SOFFIETTO

Riducono la convezione dell'aria fredda sulla superficie esterna del vetro (se crea camera d'aria con il vetro non superiore ai 2 mm)

Efficienza migliorata se la superficie interna è riflettente all'infrarosso (metallizzata)

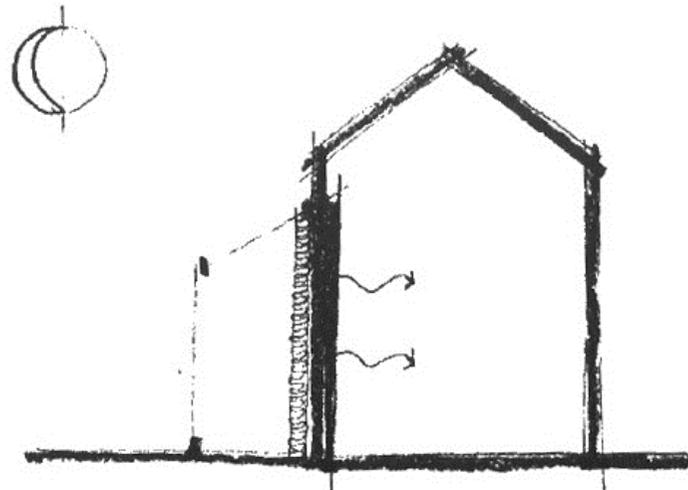
Degrado

COIBENTAZIONE

SERRA A GUADAGNO ISOLATO

Massa termica a pavimento/parete (parete di separazione con alta resistenza termica)

- ISOLAMENTO SOLAIO A TERRA
- IMPERMEABILIZZAZIONE SOLAIO A TERRA
- ISOLAMENTO MOBILE SUL LATO VERSO LA SERRA DELLA PARETE DI ACCUMULO (scambio radiante)
- IN CASO DI SOLO SCAMBIO CONVETTIVO POSSO ISOLARE STABILMENTE LA PARETE DI SEPARAZIONE (devo tener conto che si esclude però la componente radiante)

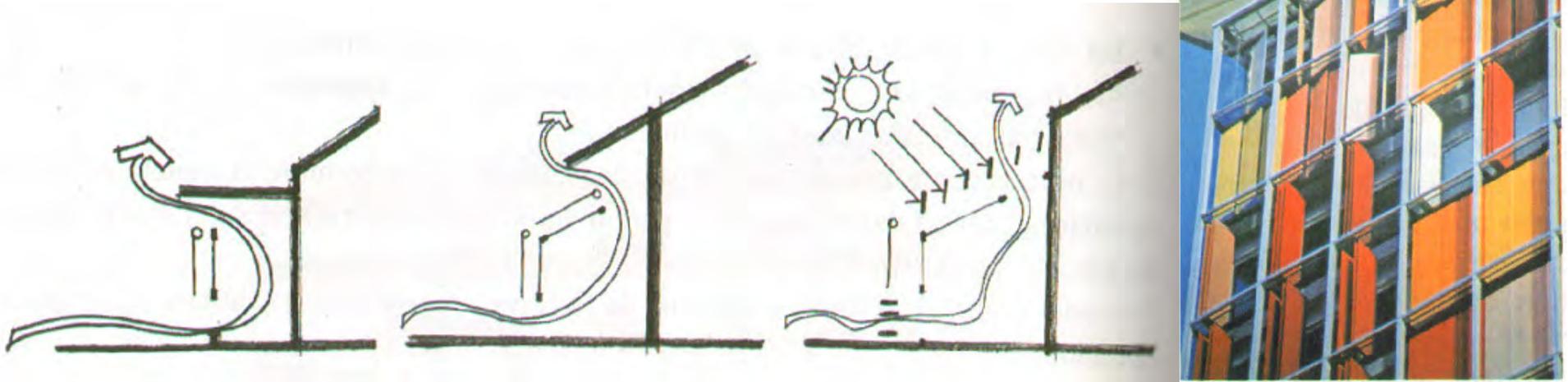


SCHERMATURE

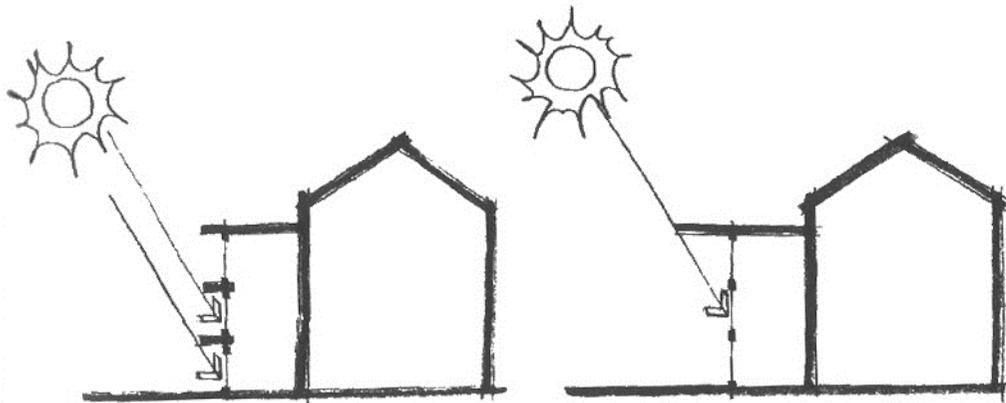
La serra deve essere munita di schermature per la protezione delle superfici trasparenti dai raggi solari nei periodi caldi.

Tali schermature possono essere di moltissimi tipi quali tende, veneziane, pannelli, vegetazione.

Affinché siano efficaci, è opportuno che siano collocate all'esterno delle superfici trasparenti e che siano di colore chiaro.



SCHERMATURE FISSE



Elementi rigidi in alluminio – legno di profondità
variabile 20-40 cm
Schermature verdi



Necessita di una progettazione "ad hoc" attraverso diagrammi solari e maschere di ombreggiamento

SCHERMATURE MOBILI



Teli di tessuto bianco avvolgibili a rullo
Teli colorati in materiale plastico (pvc o altri)



PER SFRUTTARE IL RE- IRRAGGIAMENTO INTERNO E RIDURRE LE DISPERSIONI DURANTE LA NOTTE SI POSSONO UTILIZZARE TENDE DOTATE DI SUPERFICI INTERNE RIFLETTENTI

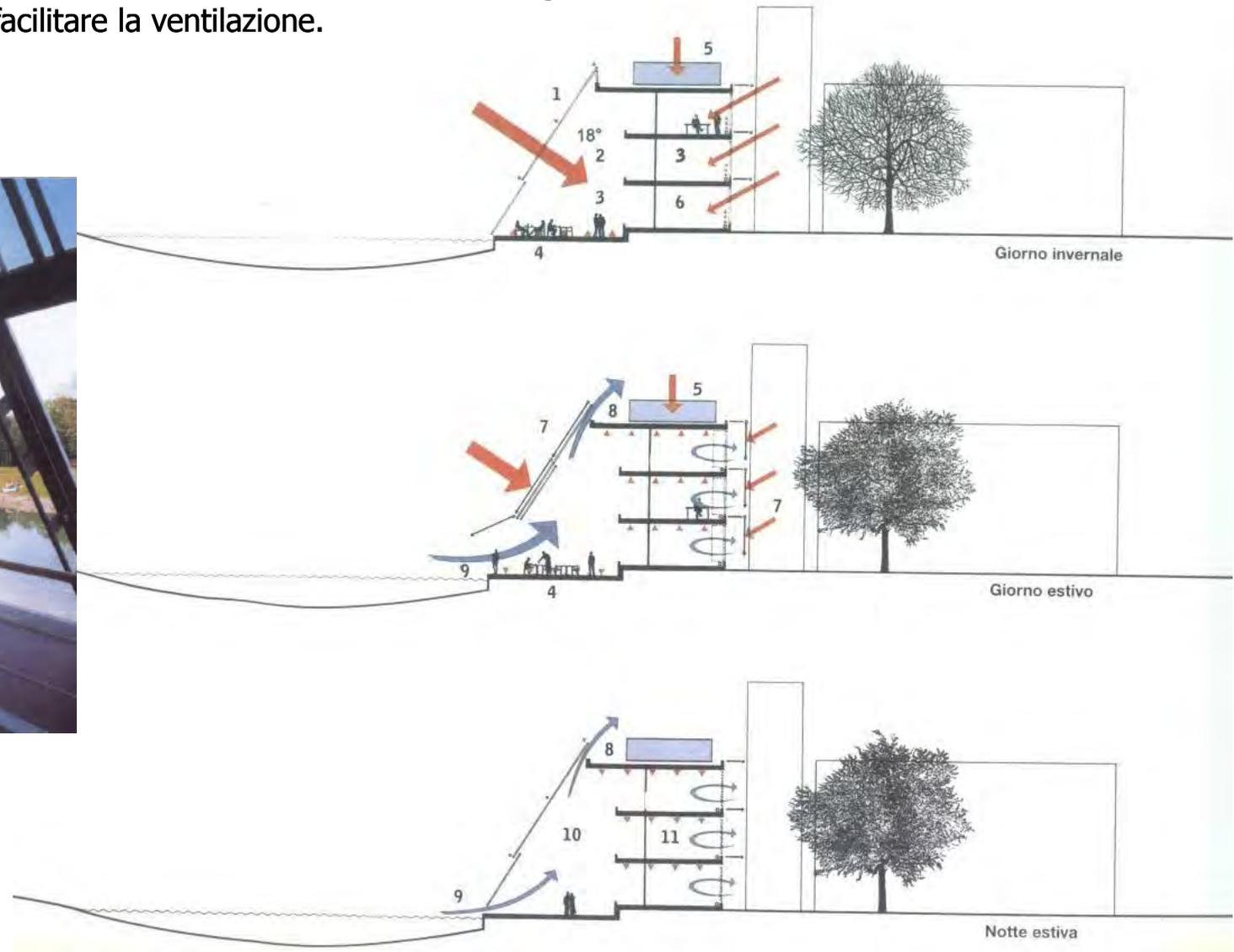
Parco della scienza a Gelsenkirchen
Germania

Kiessler + Partner, 1995



cuscinetto termico nei confronti dell'edificio retrostante.

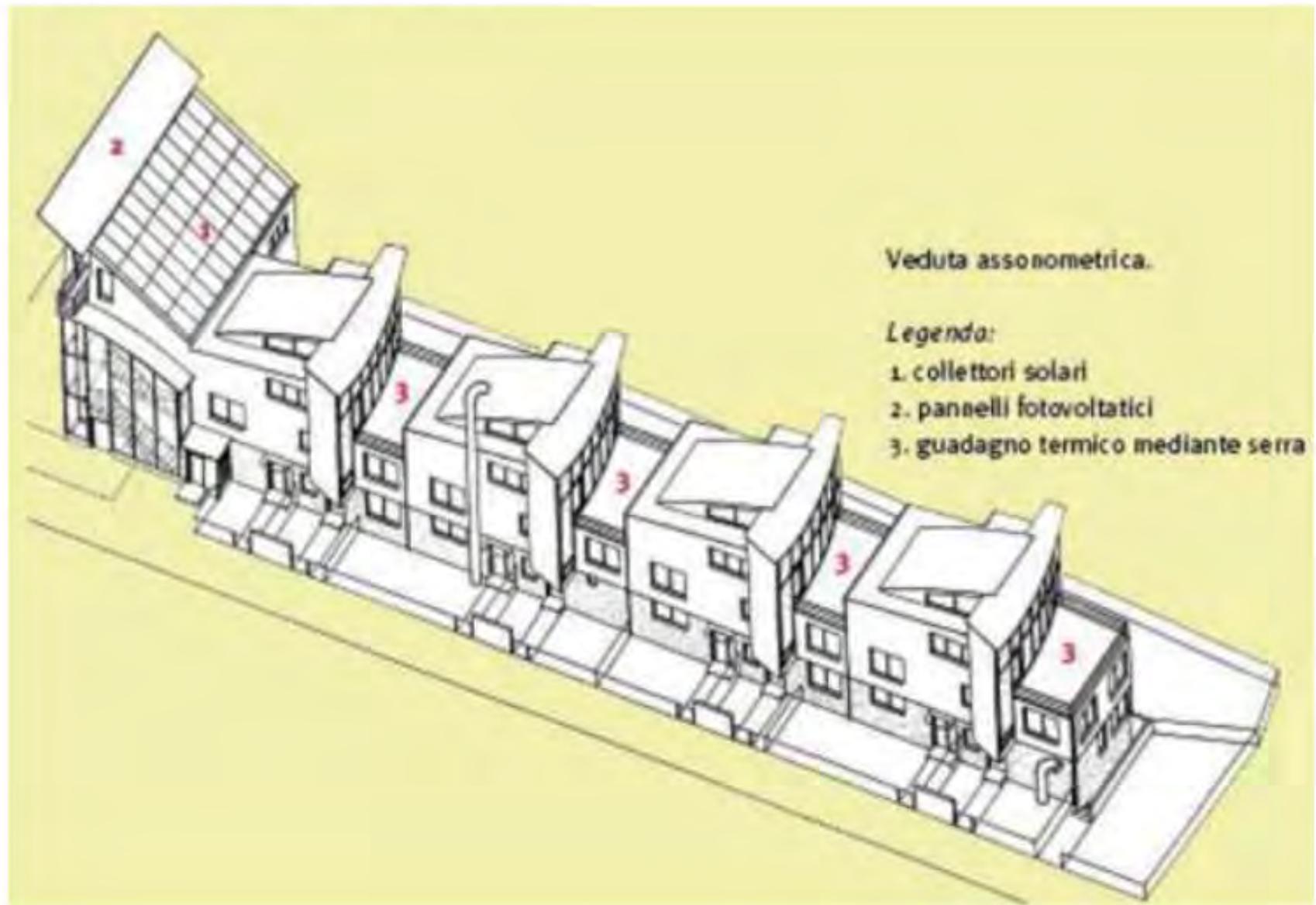
La facciata è vetrata con vetro termoisolante "Thermoplus" e può adattarsi ai cambiamenti stagionali. D'inverno i pannelli inferiori vengono chiusi, mentre in estate scivolano verso l'alto come grandi finestre a ghigliottina per facilitare la ventilazione.

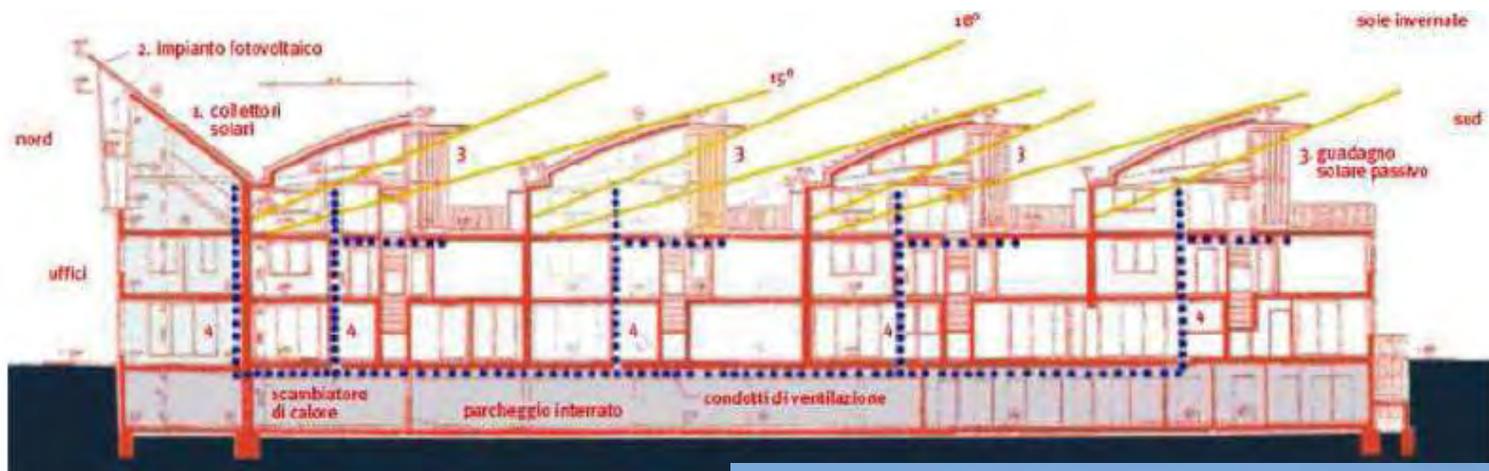


- Hans Scharoun/Bernhard Hermkes
- Facoltà di Architettura, Berlino



Georg W. Reinberg
Complesso residenziale, Vienna





STRATEGIE DI CONTENIMENTO DEI CONSUMI ESTIVI

DUE APPROCCI FONDAMENTALI



**Massima riduzione
dell'accumulo di calore**

**Riduzione degli apporti per trasmissione
dell'involucro (Q_t)
(protezione dell'involucro dall'irraggiamento +
inerzia termica)**

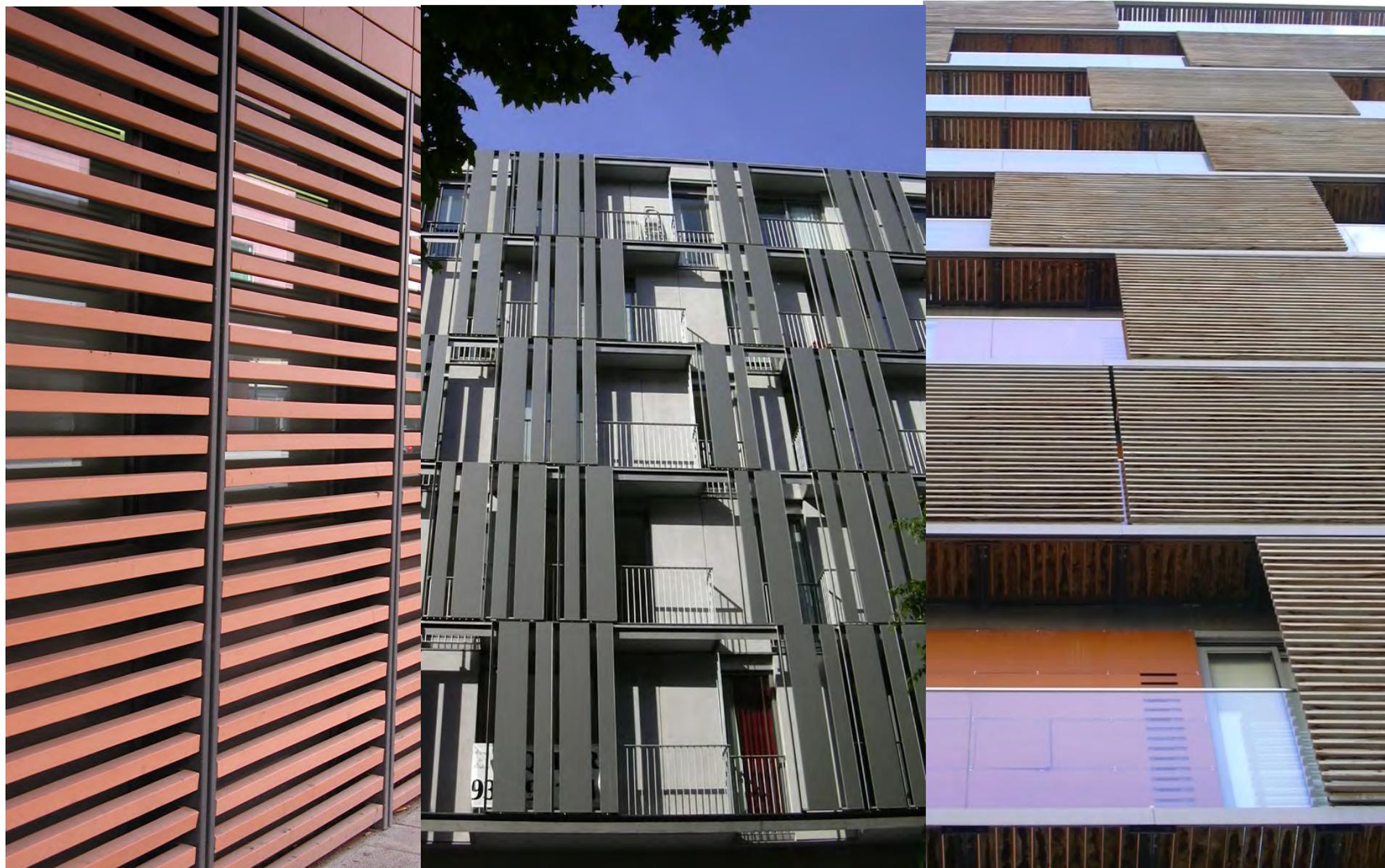
**Eliminazione degli apporti solari dovuti
all'irraggiamento diretto (Q_s)
(sistemi di schermatura)**



**Massimo incremento della
ventilazione naturale**

**Incremento della dissipazione del calore
tramite ventilazione naturale
(ventilazione trasversale, schemi tipologici,
soluzioni tecniche)**

STRATEGIE DI RIDUZIONE DEI CARICHI TERMICI ESTIVI SISTEMI DI PROTEZIONE SOLARE



Condizioni di equilibrio termico estivo:

$$Q_{en\ est} = Q_t + Q_v + Q_i + Q_s$$

dove:

Q_{en} = fabbisogno di energia termica ausiliaria

Q_t = apporti per trasmissione dell'involucro (tetto, pareti, vetrate, ponti termici)

Q_v = apporti (o perdite) per ventilazione (ingressi di aria calda, ventilazione raffrescante)

Q_i = apporti (guadagni) interni (persone, apparecchiature e sorgenti luminose)

Q_s = apporti (guadagni) solari (ingresso di irraggiamento diretto ed indiretto)

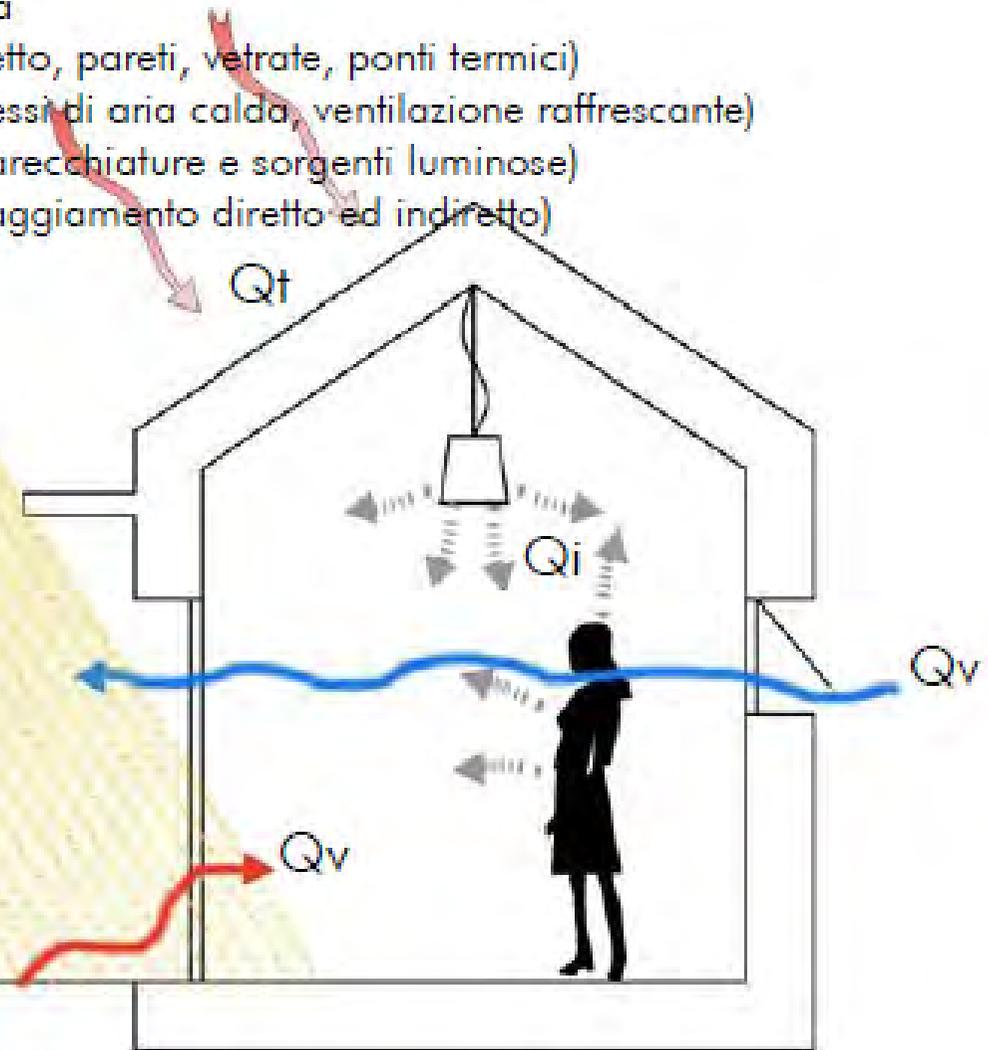
Q_s

Q_t

Q_i

Q_v

Q_v



RIDUZIONE DEI CARICHI ESTIVI

Si dovranno adottare soluzioni che garantiscano la schermatura delle aperture e/o dei serramenti verticali rivolti verso sud e verso ovest, così come dei serramenti orizzontali o inclinati (se delimitanti una zona termica) mediante sistemi schermanti fissi (aggetti, brise soleil, balconi, porticati, frangisole fissi, etc) o la installazione di schermi flessibili (ante mobili oscuranti, frangisole mobili, chiusure avvolgibili, tende esterne, etc) dei quali sia assicurata la presenza e manutenzione, tenendo anche conto delle eventuali ombre portate da altri edifici o parti dell'organismo edilizio o da elementi vegetali, piante etc. presenti nell'edificio o nell'area interessata facenti parte integrante del progetto elaborato.

Il requisito è espresso come percentuale della superficie schermata rispetto alla superficie di ciascuna apertura e/o serramento rivolto verso sud e verso ovest. Tale percentuale deve essere superiore al 50%.

La verifica del requisito deve essere effettuata con riferimento alla posizione del sole e alla radiazione solare incidente anche a est, alle ore 10, alle ore 13 e alle ore 16 del 25 giugno e del 25 luglio.

RIDUZIONE DEI CARICHI ESTIVI

A tal fine, il progettista dovrà valutare puntualmente e documentare l'efficacia dei sistemi filtranti delle superfici vetrate, tali da ridurre l'apporto di calore per irraggiamento solare.

Nel caso di edifici con un rapporto tra superficie delle chiusure opache verticali e delle chiusure trasparenti inferiori al 50% è obbligatorio garantire la riduzione dell'apporto di calore per irraggiamento solare attraverso le superfici vetrate mediante il controllo del fattore solare (g) delle vetrate non protette da sistemi di ombreggiamento, (vedi A.1), così come in tutti i casi di superfici vetrate orizzontali o inclinate.

Tipo di chiusura	Fattore di trasmissione g
orizzontale superiore	0,65
Inclinata	0,75
verticale	0,70

Tabella B.1 Fattore solare (g) della componente vetrata degli infissi esterni.

Massimizzare l'accesso della radiazione solare nel periodo invernale

Minimizzare l'accesso della radiazione solare nel periodo estivo

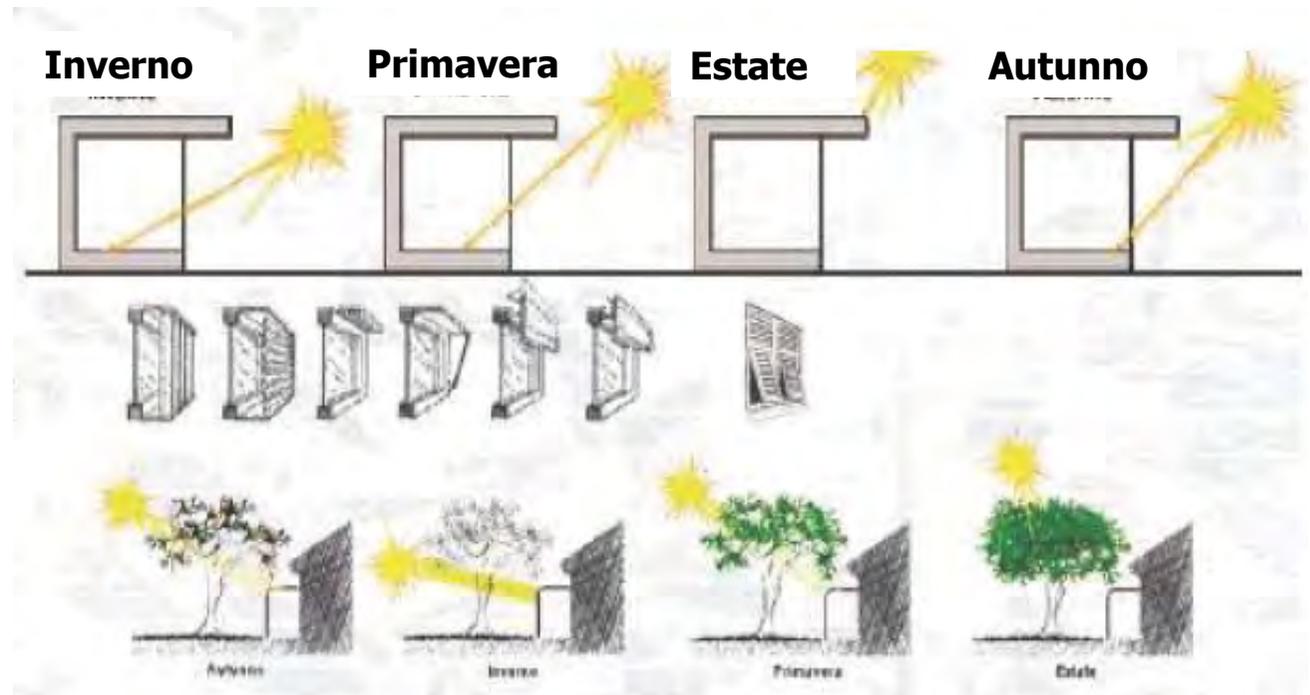
SCHERMATURE ESTERNE

SCHERMATURE INTERNE

SCHERMI FISSI

SCHERMI MOBILI

VEGETAZIONE

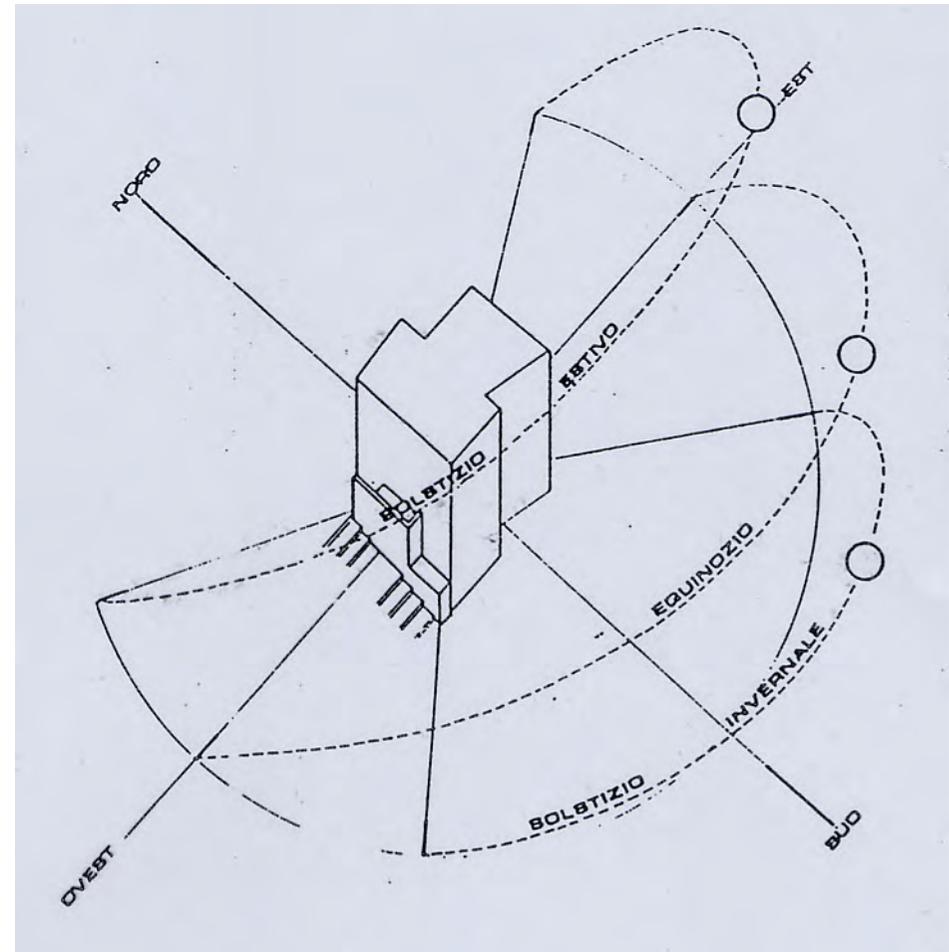


Fonte Kyoto Club.

L'OTTIMIZZAZIONE DELL'ORIENTAMENTO, DETERMINA UN GUADAGNO TERMICO INVERNALE SULLE PARETI VERTICALI

NEL NOSTRO EMISFERO L'ARCO APPARENTE PERCORSO DAL SOLE NELLA VOLTA CELESTE SI SVOLGE IN DIREZIONE SUD

MASSIMIZZARE IL MAX FLUSSO DI ENERGIA SOLARE NEI MESI AUTUNNALI ED INVERNALI E OTENERE LA MINIMA ENTRATA DI CALORE NEI MESI ESTIVI



PARAMETRI

LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

Latitudine, altezza solare, valori di irraggiamento

RADIAZIONE SOLARE INCIDENTE

E'la quantità di energia termica che giunge dal sole su una determinata area della superficie terrestre in un certo periodo di tempo. Può essere misurata in Kw/mq o in MJ/mq

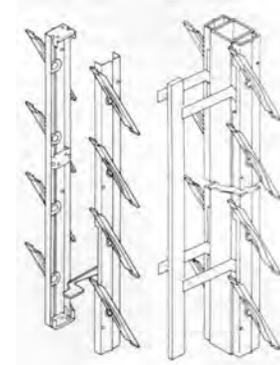
ORIENTAMENTO DELLA FACCIATA

TIPO DI SUPERFICIE DA PROTEGGERE

(es schermature mobili verranno in genere adottate per superfici vetrate mentre sistemi fissi a lamelle o pannelli per pareti opache)

TIPOLOGIA EDILIZIA E COSTRUTTIVA (tipo di vetro, ecc..)

MISURE INTEGRATE PER IL RAFFRESCAMENTO, IL RISCALDAMENTO E L'ILLUMINAZIONE NATURALE



IRRAGGIAMENTO SOLARE GLOBALE = DIRETTO + DIFFUSO + RIFLESSO

La parte della radiazione solare che attraversa l'atmosfera e giunge al suolo può essere scomposta in 3 componenti:

DIRETTA

radiazione che giunge al suolo direttamente dal disco solare. Nel centro Europa la radiazione diretta è equiparabile mediamente alla radiazione diffusa a causa della frequenza di nebbia e nuvole, ma a sud è la componente preponderante

DIFFUSA

è la radiazione che giunge al suolo dopo essere stata riflessa e in parte assorbita dalle molecole sospese in atmosfera.

RIFLESSA= ALBEDO

è la radiazione riflessa dal suolo (parte più difficile da calcolare e in genere presente solo in orari molto circoscritti), è la parte meno preponderante a meno di condizioni particolari come nel caso di una superficie ghiacciata o la presenza di un lago o del mare; spesso è possibile farne solo una stima. E' dato sia da una riflessione della luce diffusa sia da una riflessione della luce diretta.

Norma UNI 10349

Tabelle di irraggiamento solare da Riscaldamento e raffrescamento degli edifici
Contiene dati climatici di radiazione solare diffusa e diretta nelle province italiane, mese per mese e in kWh/m² giorno

<http://clisun.casaccia.enea.it/Pagine/Index.htm>

Comuni italiani

Gradi-giorno per il riscaldamento invernale

Profilo climatico dell'Italia

Radiazione solare sull'Italia

L'unità di misura usata è il MJ/m².

Per ottenere il valore in kWh/m² occorre dividere per 3.6

Per esempio, per i valori giornalieri:

$$\bar{H}_{gm} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{giorno}} \right] = \frac{1}{3.6} \bar{H}_{gm} \left[\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{giorno}} \right]$$

SCHERMATURE ESTERNE

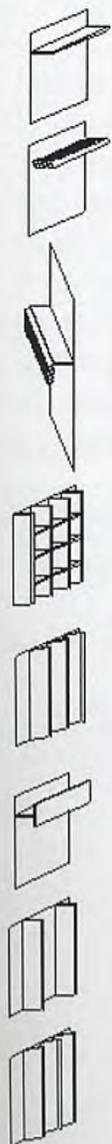
MAGGIORMENTE EFFICACI POICHE' IN GRADO DI RIDURRE L'APPORTO DI CALORE PER IRRAGGIAMENTO SOLARE ATTRAVERSO LE SUPERFICI DURANTE L'ESTATE PRIMA CHE ATTRAVERSI L'INVOLUCRO

Principali benefici:

- L'intercettazione dei raggi solari prima che questi raggiungano le superfici finestrate, riflettendone parte verso l'esterno ed una piccola quantità verso l'interno;
- Una parte della radiazione viene invece assorbita dalla schermatura stessa che, aumentando di temperatura, emette calore che viene per lo più disperso verso l'esterno grazie alla ventilazione naturale;
- L'intercettazione dei raggi solari prima che questi raggiungano le superfici opache, evitando il surriscaldamento della massa termica nei periodi estivi;
- La riflessione controllata di parte della radiazione solare, dipendentemente dalla natura del materiale impiegato, al fine di aumentare la diffusione dell'illuminamento interno;
- La diminuzione di dispersioni termiche, soprattutto nel caso di elementi mobili chiudibili durante il periodo notturno.



FISSE



elemento aggettante orizzontale
orientamento consigliato:
Sud, Est, Ovest

elemento a lamelle orizzontali
orientamento consigliato:
Sud, Est, Ovest

sistema combinato elemento
aggettante orizzontale e la-
melle verticali
orientamento consigliato:
Sud, Est, Ovest

griglia con elementi verticali
ed orizzontali
orientamento consigliato: Est,
Ovest

elementi aggettanti verticali
orientamento consigliato: Est,
Ovest

sistema aggettante orizzontale
e verticali
orientamento consigliato:
Nord, Est, Ovest

elementi aggettanti verticali
inclinate
orientamento consigliato: Est,
Ovest



elemento aggettante orizzontale
orientamento consigliato:
Sud, Est, Ovest

elemento a lamelle orizzontali con rotazione orizzontale
orientamento consigliato:
Sud, Est, Ovest

sistema a lamelle verticali
orientamento consigliato:
Sud, Est, Ovest

rotolante esterno
orientamento consigliato:
Est, Ovest, Sud-Est, Sud-
Ovest

elementi aggettanti verticali
orientamento consigliato:
Est, Ovest

alberature a foglia caduca
orientamento consigliato:
Est, Ovest, Sud-Est, Sud-
Ovest

griglia con elementi orizzontali mobili
orientamento consigliato:
Est, Ovest

MOBILI

SCHERMATURE FISSE ORIZZONTALI

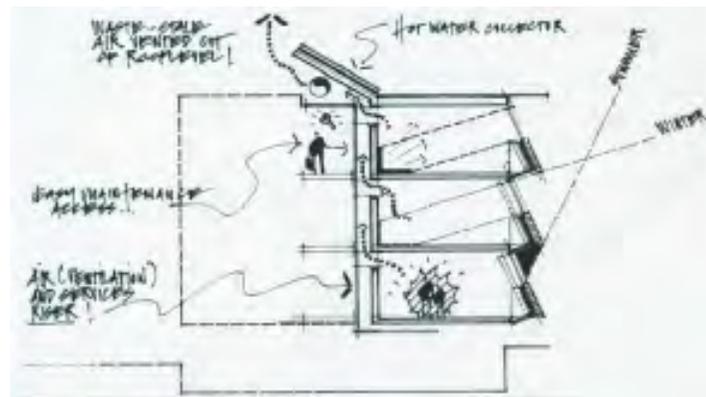
E' IL TIPO DI FRANGISOLE PIU' DIFFUSO PER IL CONTROLLO DELL'OMBREGGIAMENTO NELLE FACCIATE SUD

STAGIONE ESTIVA: PROTEGGERE IL SERRAMENTO DALL'IRRAGGIAMENTO SOLARE DIRETTO COMPROMETTENDO AL MINIMO LA VISIONE VERSO L'ESTERNO

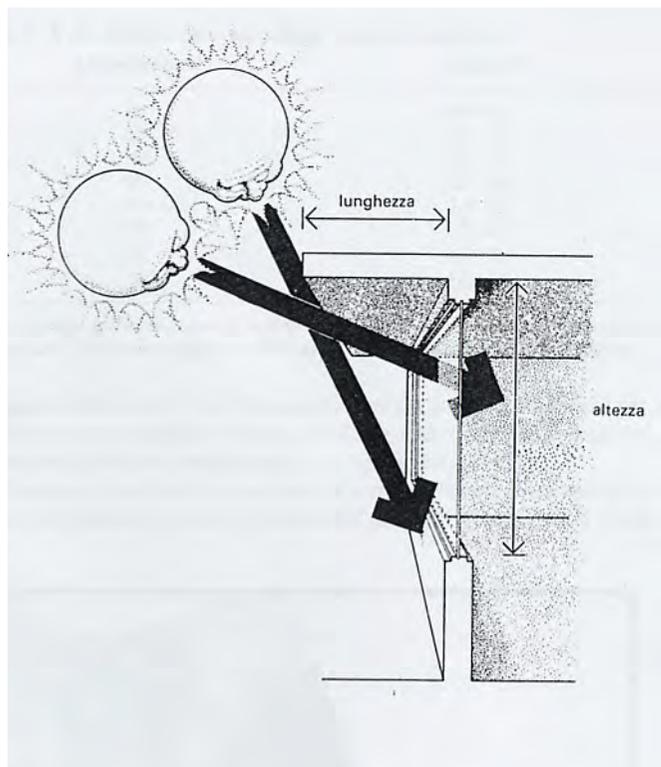
STAGIONE INVERNALE: PROTEZIONE DA AGENTI ATMOSFERICI

NELLE ZONE CALDO-UMIDE (ALTO TASSO DI RADIAZIONE DIFFUSA = 50%) SI POSSON GENERARE FENOMENI DI RIVERBERO SULLE SUPERFICI VETRATE

SISTEMI PIU' SEMPLICI:
SPORTI DI COPERTURA
AGGETTI, BALCONI
BRISE SOLEIL FISSI



DIMENSIONAMENTO DI SPORCO ORIZZONTALE



Valore più alto = schermatura del 100% a mezzogiorno del 21 giugno

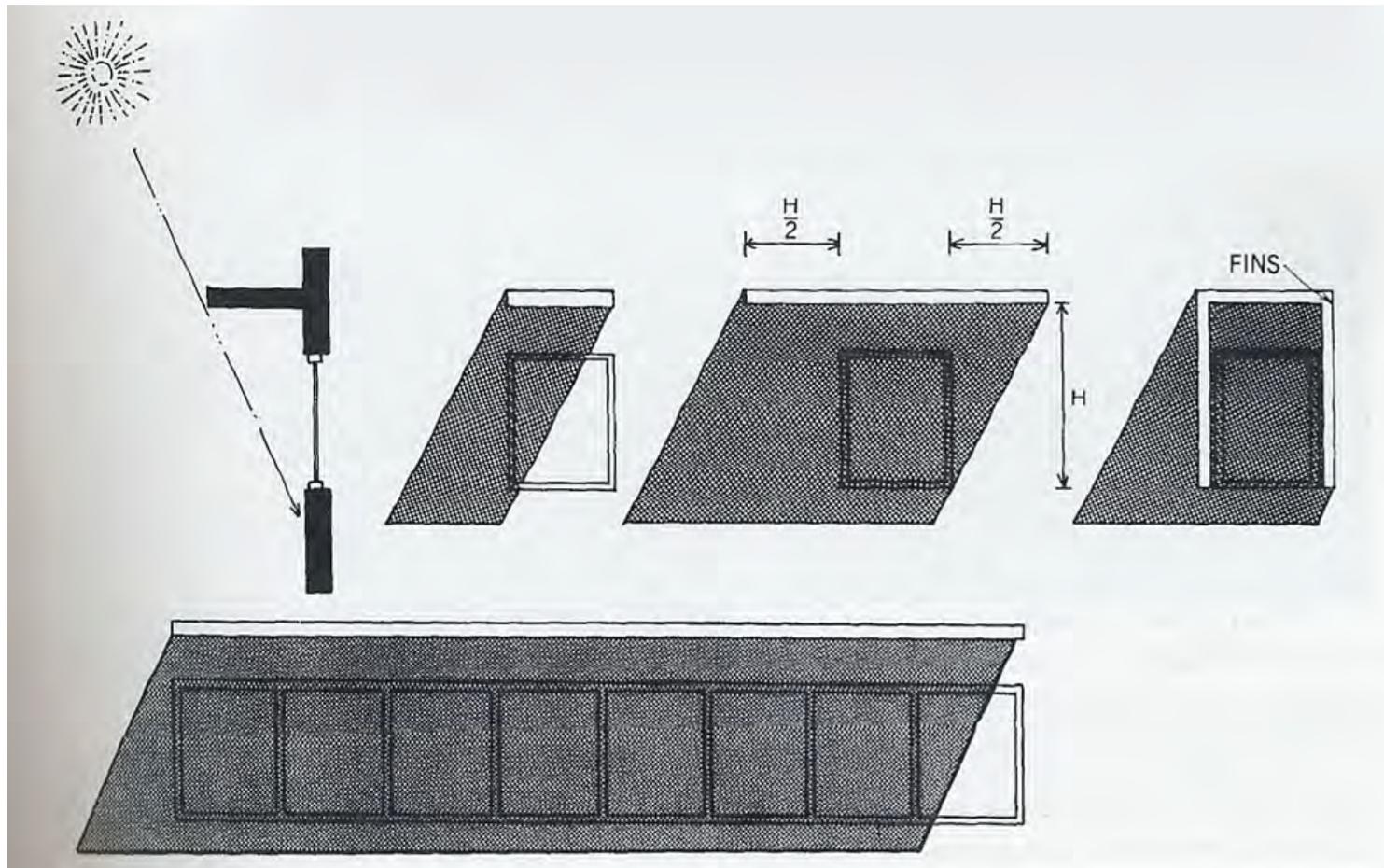
Valore più basso = fino al 1 agosto

AGGETTO ORIZZONTALE LUNGO CIRCA UN QUARTO DELL'APERTURA NELLE LATITUDINI MERIDIONALI (36°N) E UNA META' DELL'ALTEZZA DELL'APERTURA NELLE LATITUDINI SETTENTRIONALI (48°N) POICHE' IL SOLE SEGUE UN PERCORSO PIU' ALTO ATTRAVERSO LA VOTA CELESTE ESTIVA

$$\text{LUNGHEZZA DELL'AGGETTO} = \frac{\text{ALTEZZA DELL'APERTURA}}{\text{FATTORE F}}$$

LATITUDINE NORD	FATTORE F
28°	5,6-11,1
32°	4,0-6,3
36°	3,0-4,5
40°	2,5-3,4
44°	2,0-2,7
48°	1,7-2,2
52°	1,5-1,8
56°	1,3-1,5

Nel caso di finestra a sud, se l'aggetto soprastante è della stessa larghezza della finestra non consente una totale ombreggiatura. Il sole infatti prima di mezzogiorno si trova a sud-est e dopo mezzogiorno a sud-ovest. Per essere efficace l'aggetto deve essere più largo del serramento.





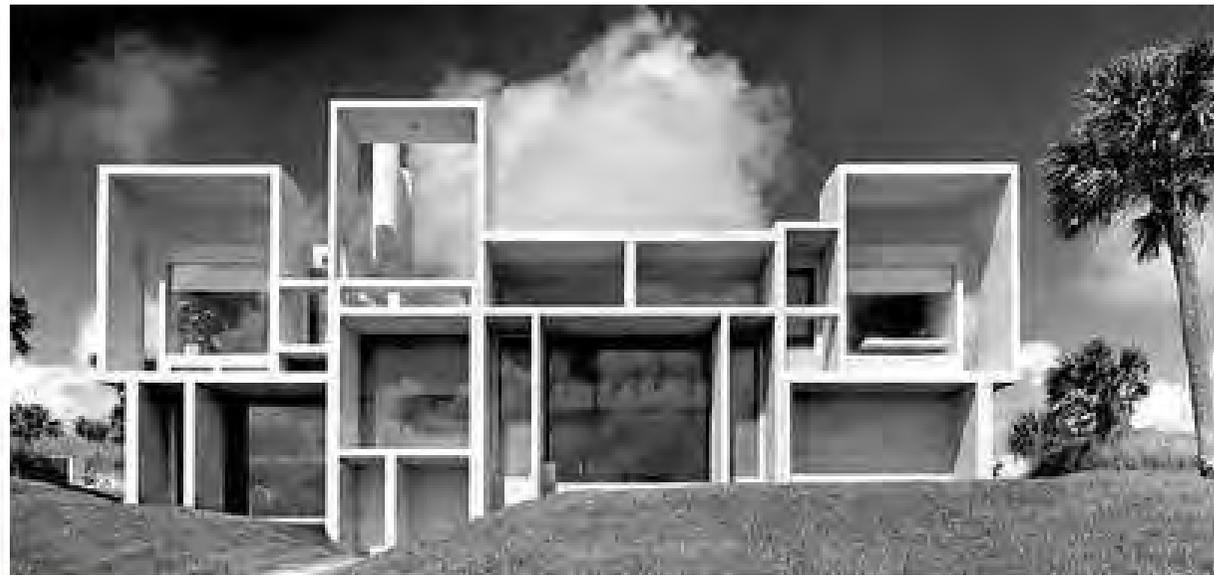
Nel caso di frangisole a lamelle fissi è molto importante progettare correttamente la sezione e la distanza tra gli elementi.

Viene meno la caratteristica di totale trasparenza/visibilità

ETH e-Science Lab, Zurigo Svizzera



Paul Rudolph
Milam Residence, Florida



Fran Silvestre Arquitectos
House on mountainside, Valencia Spagna

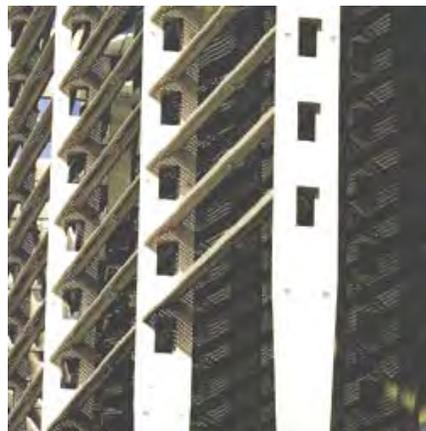
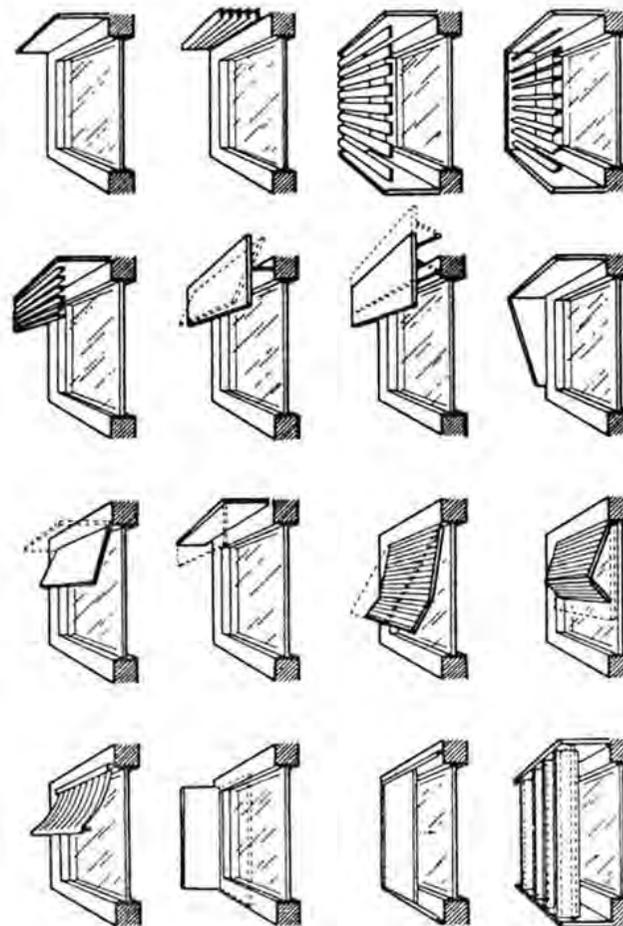


SCHEMATURE MOBILI ORIZZONTALI

La mobilità delle schermature orizzontali permette di ovviare a problematiche quali:

- Il formarsi di sovraccarichi nella parte superiore (nel caso di sporti orizzontali)
- La presenza di zone sempre in ombra
- La riduzione della visibilità all'esterno

Inoltre l'adattabilità dell'elemento continuo alle diverse condizioni climatiche – stagionali massimizza il guadagno termico da parte delle superfici vetrate



SCHERMATURE MOBILI ORIZZONTALI

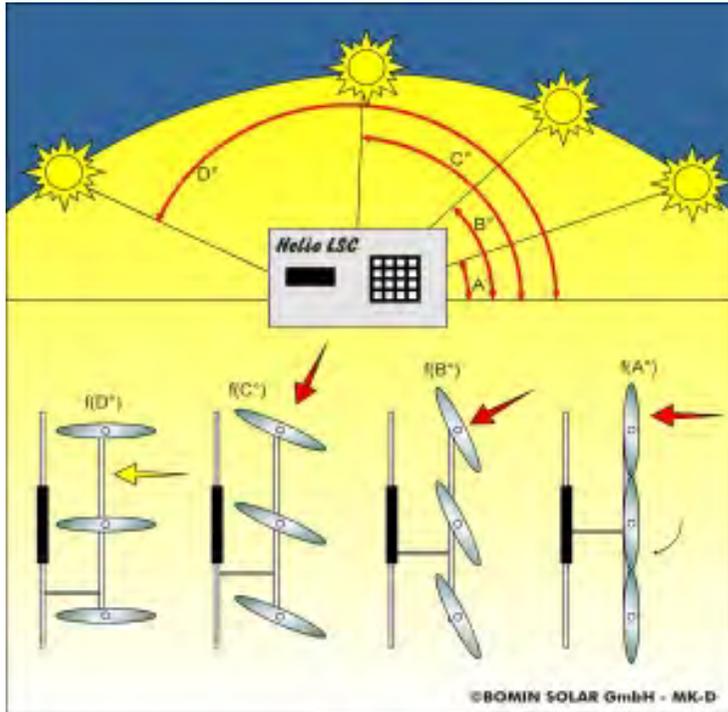


La sequenzialità degli elementi che costituiscono il frangisole permette nel periodo invernale la riflessione dei raggi solari tra gli elementi che li compongono

Nel periodo estivo la disposizione degli elementi posti a completa chiusura forma una seconda superficie parallela alla superficie vetrata riflettendo le radiazioni solari verso l'esterno

Seconda pelle = canalizzazione di aria tra i due corpi a formare una sorta di facciata ventilata che raffresca anche le lamelle





Frangisole orientabili in metallo
Sistemi Bomin- Solar

BOMIN AL^{BS} Lamellen

Extrudierte Sonnenschutz-Lamellen
aus Aluminium

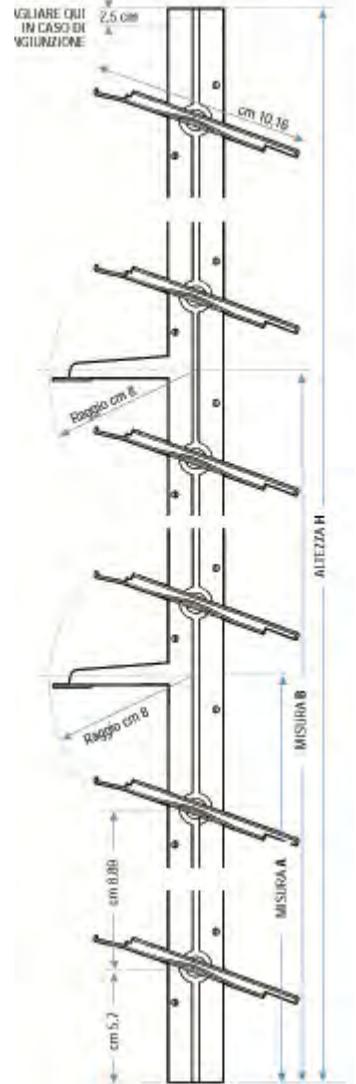
<table border="0"> <tr><td>120</td><td>430</td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td>18,84</td><td>70</td></tr> <tr><td colspan="2"> </td></tr> <tr><td>120</td><td>400</td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td>20,5</td><td>84</td></tr> <tr><td colspan="2"> </td></tr> <tr><td>160</td><td>320</td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td>53</td></tr> <tr><td colspan="2"> </td></tr> <tr><td>180</td><td>300</td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td>19,74</td><td>60</td></tr> <tr><td colspan="2"> </td></tr> <tr><td>240</td><td>300</td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td>50</td></tr> <tr><td colspan="2"> </td></tr> <tr><td>250</td><td>265</td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td>36</td></tr> <tr><td colspan="2"> </td></tr> <tr><td>500</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td>65</td><td></td></tr> </table>	120	430			18,84	70			120	400			20,5	84			160	320			30	53			180	300			19,74	60			240	300			30	50			250	265			25	36			500				65		<div style="font-size: 4em; opacity: 0.2; transform: rotate(-90deg); position: absolute; right: -100px; top: 50%; transform: translateY(-50%); pointer-events: none;">BOMIN AL^{BS}</div>
120	430																																																						
18,84	70																																																						
120	400																																																						
20,5	84																																																						
160	320																																																						
30	53																																																						
180	300																																																						
19,74	60																																																						
240	300																																																						
30	50																																																						
250	265																																																						
25	36																																																						
500																																																							
65																																																							

Breite

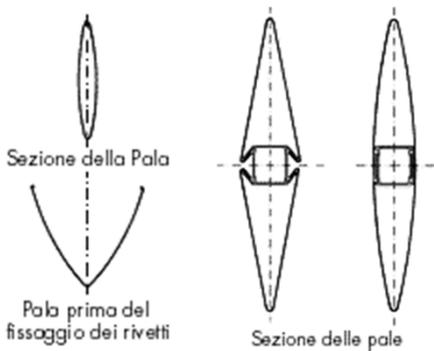
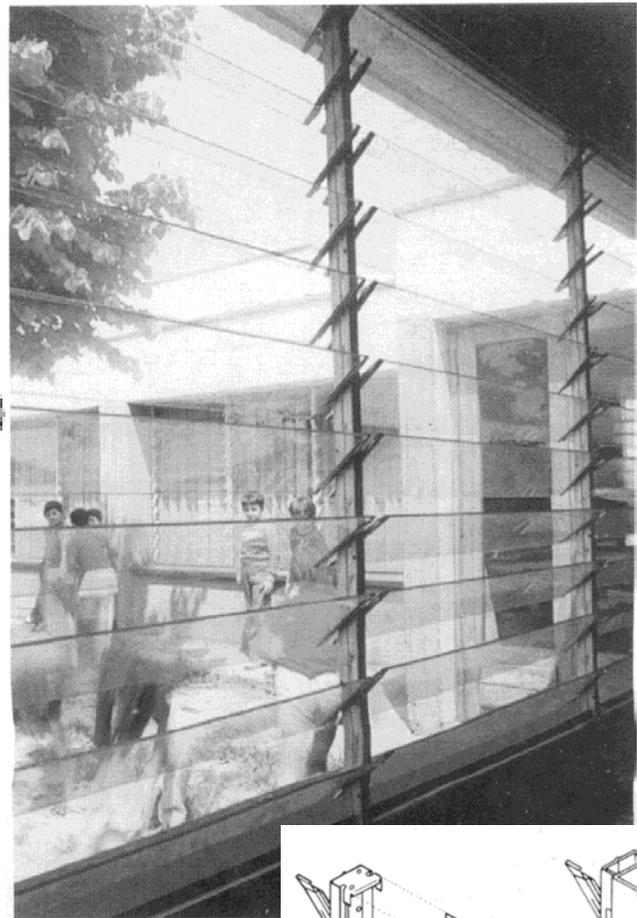
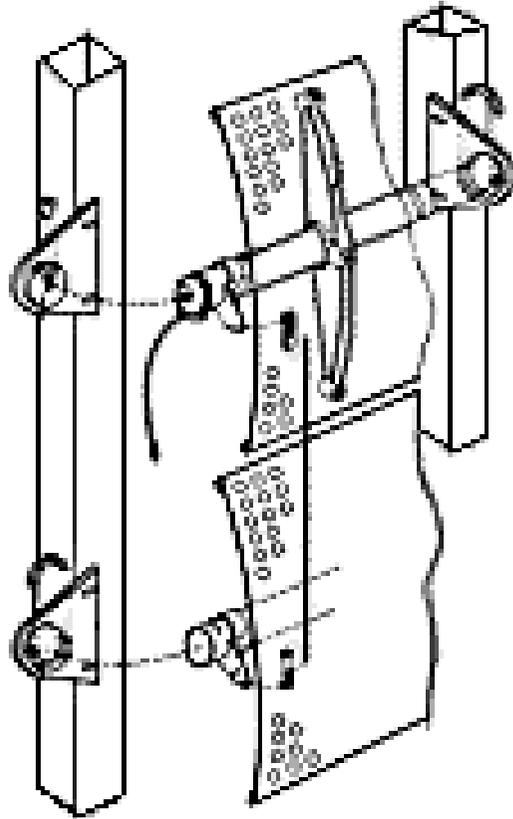
Höhe

Alle Abmessungen in mm.

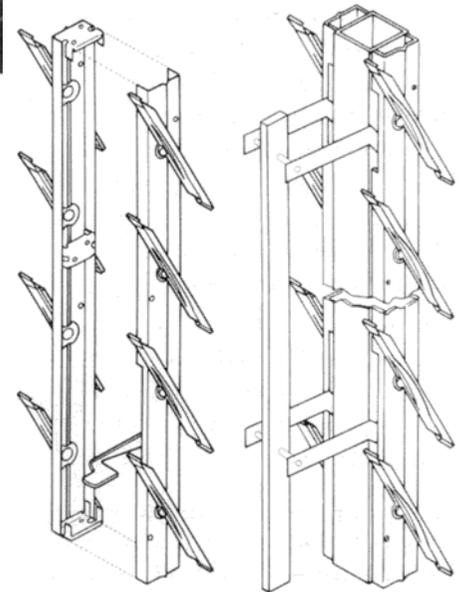
© BOMIN SOLAR GmbH/mk/2001
• Industriest. 8-10 • D-79541 Loerrach • Tel.: +49 (0) 7621-95960 • Fax: +49 (0) 7621-54368 • email: Info@Bomin-Solar.de



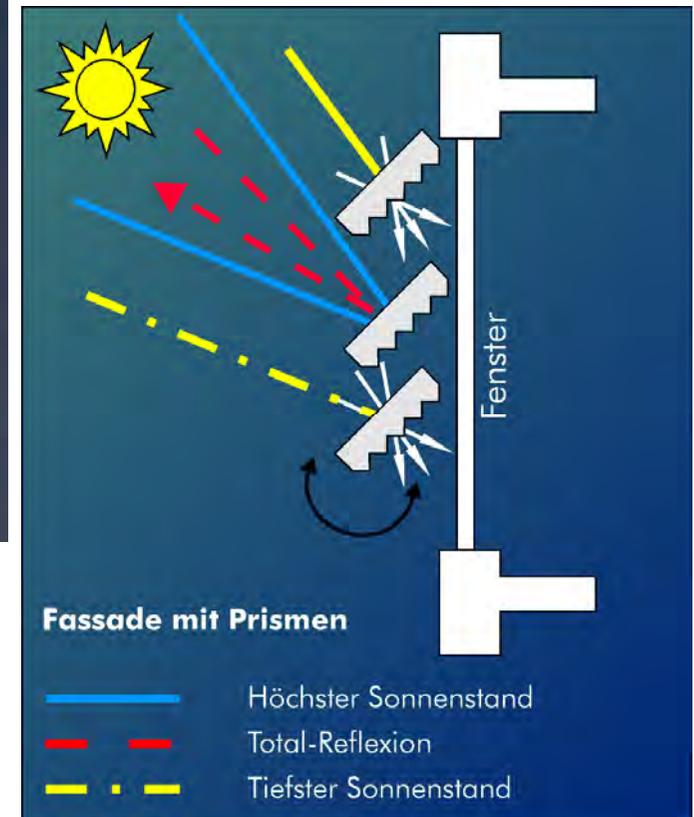
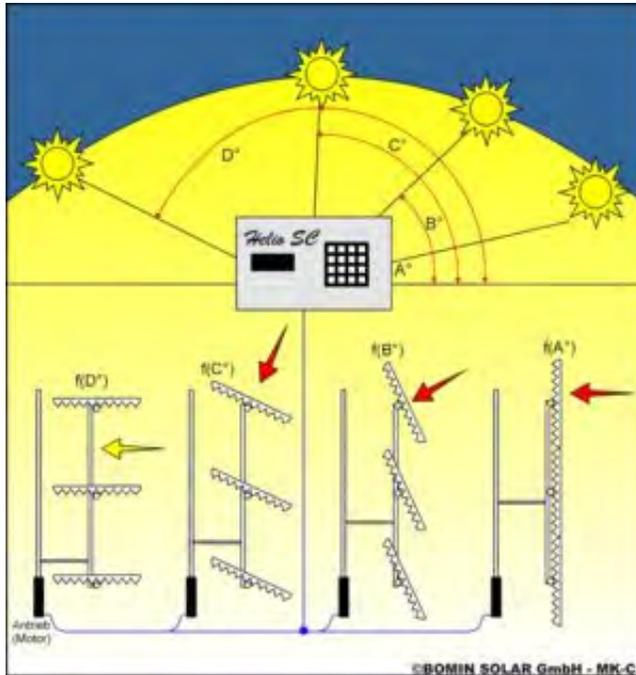
Schematische Darstellung (ohne Maßstab) - Technische Änderungen vorbehalten.



Frangisole orientabili in metallo o vetro
Sistemi Naco



Frangisole orientabili a elementi prismatici Sistemi Bomin - Solar



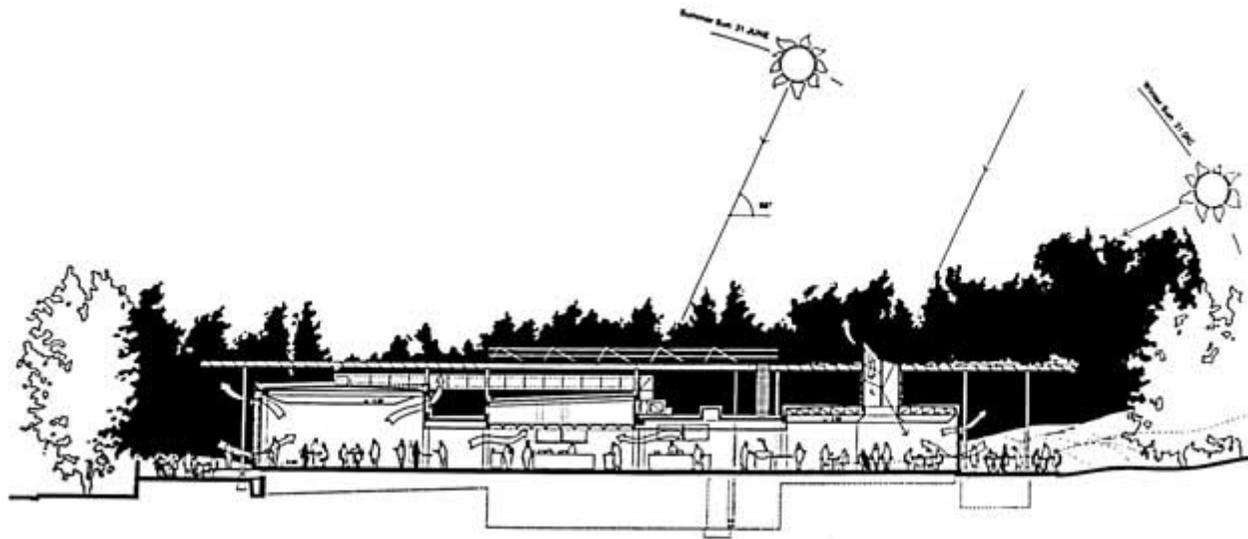
SCHERMATURE ORIZZONTALI FISSE/MOBILI IN COPERTURA

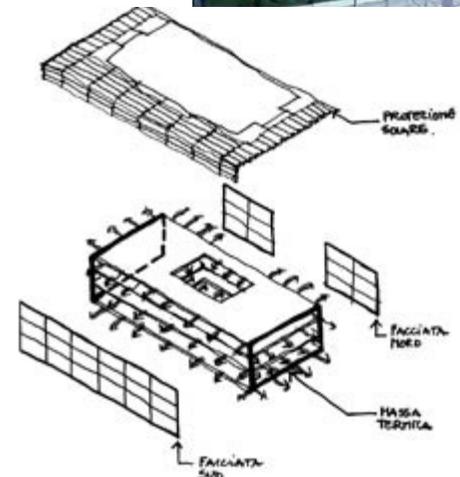
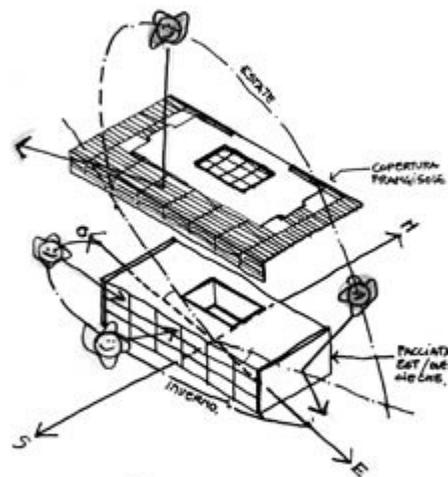
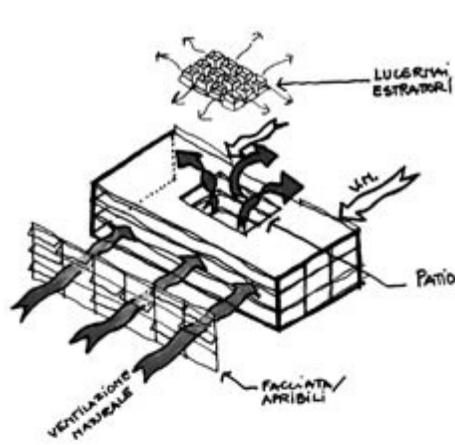
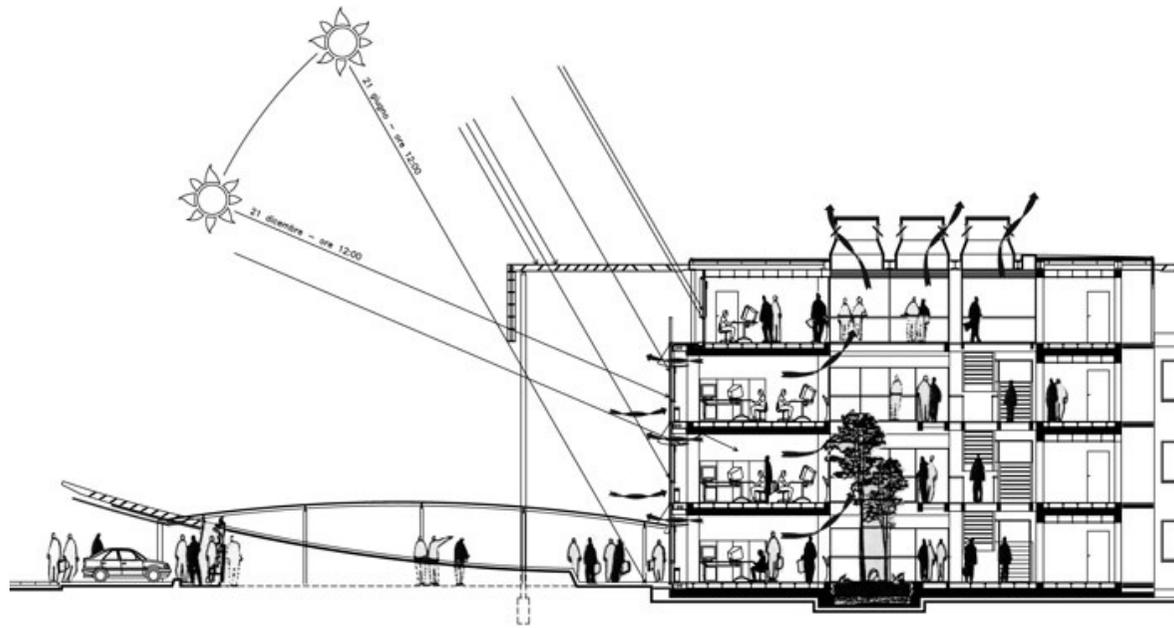
I raggi solari perpendicolari (ZENITALI) ad una superficie vetrata creano un carico termico ed un conseguente fabbisogno per il raffrescamento dell'edificio molto alto

LA RADIAZIONE INCIDENTE SU UNA SUPERFICIE ORIZZONTALE HA UN'INTENSITA' TRE VOLTE SUPERIORE A QUELLA INCIDENTE SU UNA SUPERFICIE VERTICALE

Evitare fenomeni di abbagliamento e surriscaldamento

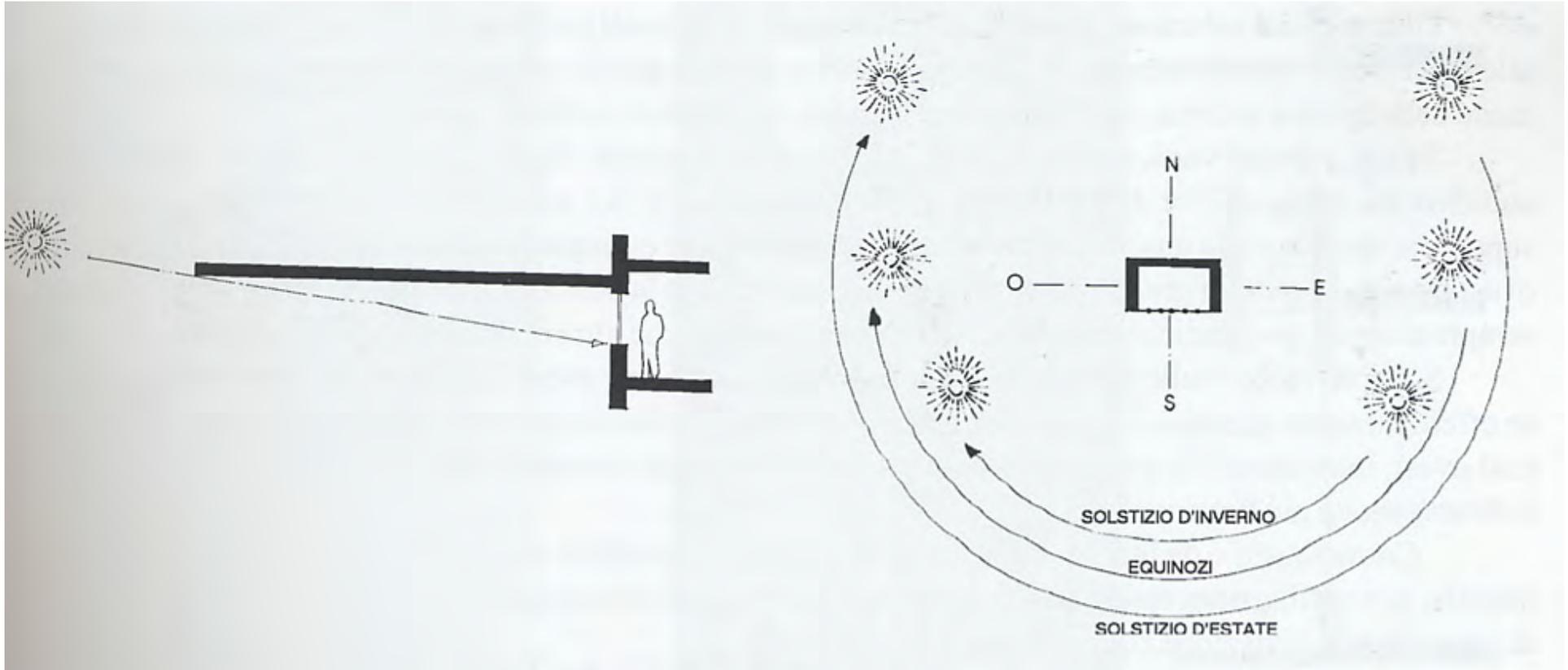








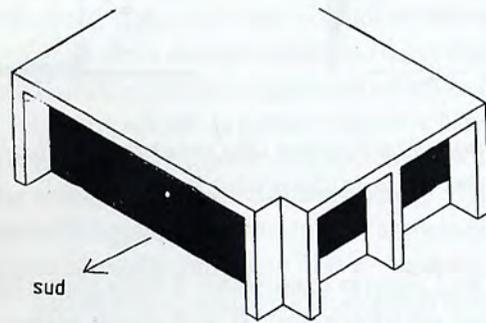
SCHERMATURE FISSE VERTICALI



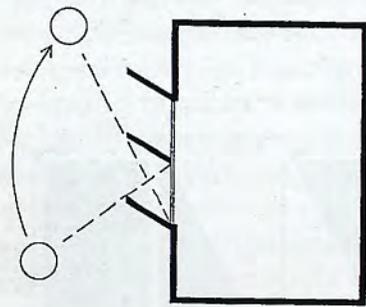
MAGGIORE EFFICIENZA NELLA DIREZIONE EST/OVEST POICHE' IN GRADO DI OSTACOLARE LE RADIAZIONI CON INCLINAZIONI LATERALI MEDIO-BASSE PRESENTI DI MATTINA O DI POMERIGGIO
NON EFFICACI PER SCHERMARE RADIAZIONI SOLARI CON ANGOLO D' INCLINAZIONE ELEVATO

SCHERMATURE FISSE VERTICALI

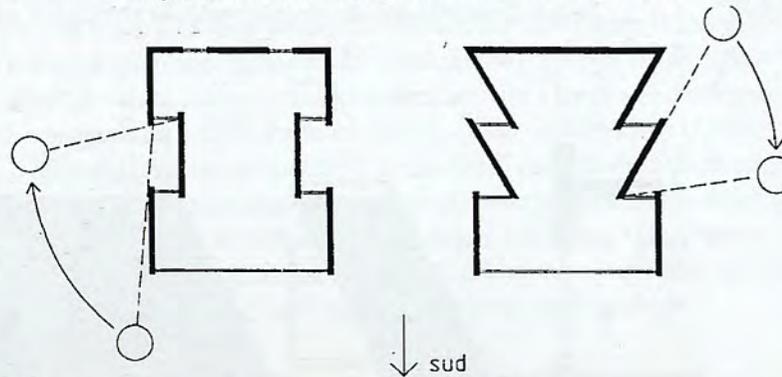
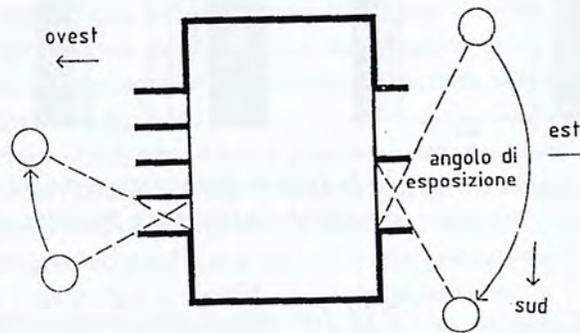
con aggetto in calcestruzzo continuo verticale.



2.17. Schema aggetto verticale inclinato.



2.18. Per ridurre la l'incidenza della radiazione solare, le finestre sulle facciate est ed ovest possono essere rivolte verso nord e sud.



L'EFFICIACIA DELLE SCHERMATURE VERTICALI SI OTTIENE QUANDO LA RADIAZIONE SOLARE NON E' CONTENUTA IN UN PIANO PARALLELO A QUELLO DEL FRANGISOLE

LA PARETE FORMA COI RAGGI SOLARI UN ANGOLO SUFFICIENTEMENTE AMPIO DA IMPEDIRE LA PENETRAZIONE DEI RAGGI SOLARI

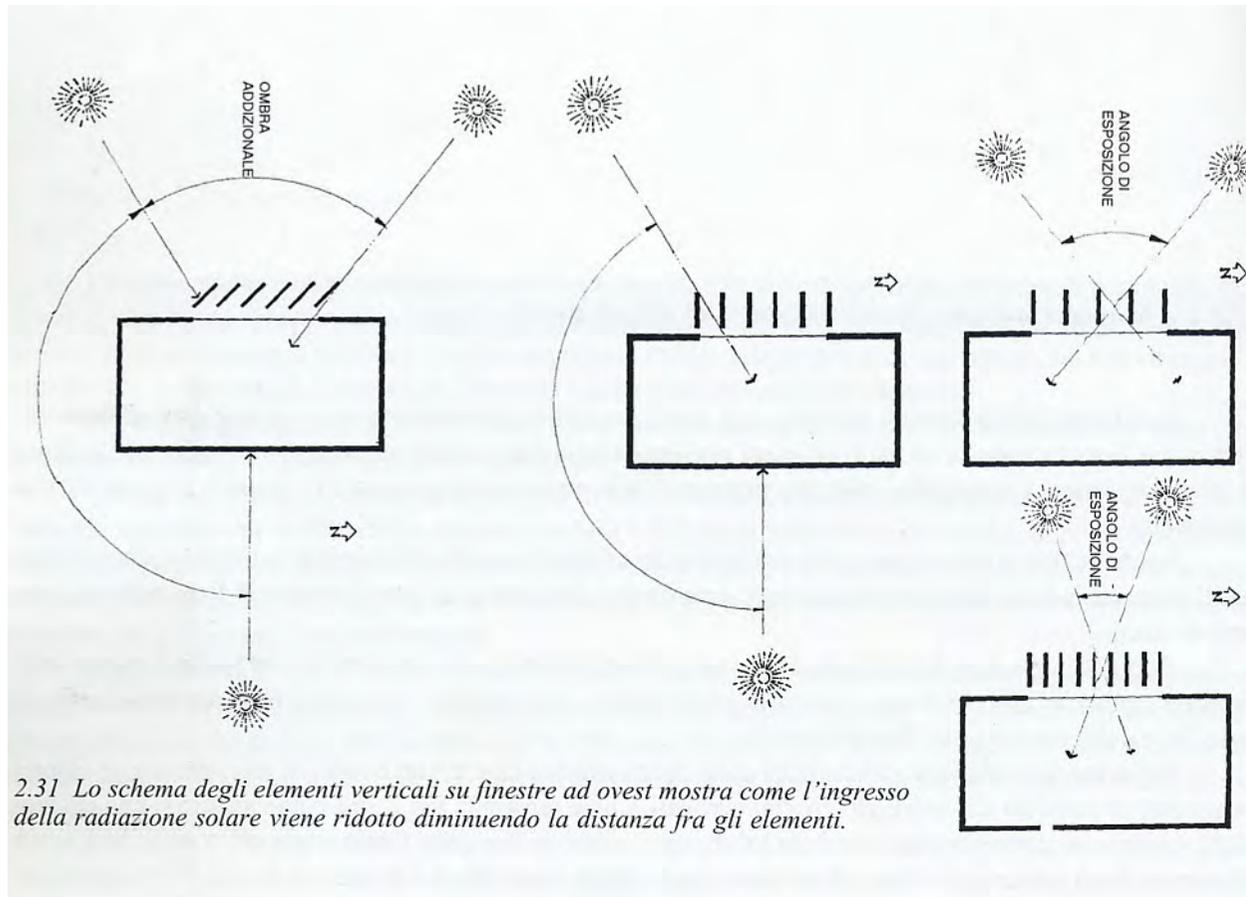
L'OMBRA PRODotta AUMENTA AL DIMINUIRE DELL'INTERSPAZIO TRA I CORPI VERTICALI

SCHERMATURE FISSE VERTICALI



IL CORPO SCHERMANTE
PUO' ESSERE INCLINATO O
SAGOMATO

INCLINAZIONE RISPETTO
ALL'ASSE MAGGIORE DELLA
SEZIONE DI BASE VERSO
NORD, OSTACOLANDO LE
RADIAZIONI PIU' FORTI E
MANTENENDO UN BUON
LIVELLO DI ILLUMINAZIONE



SCHERMATURE FISSE VERTICALI



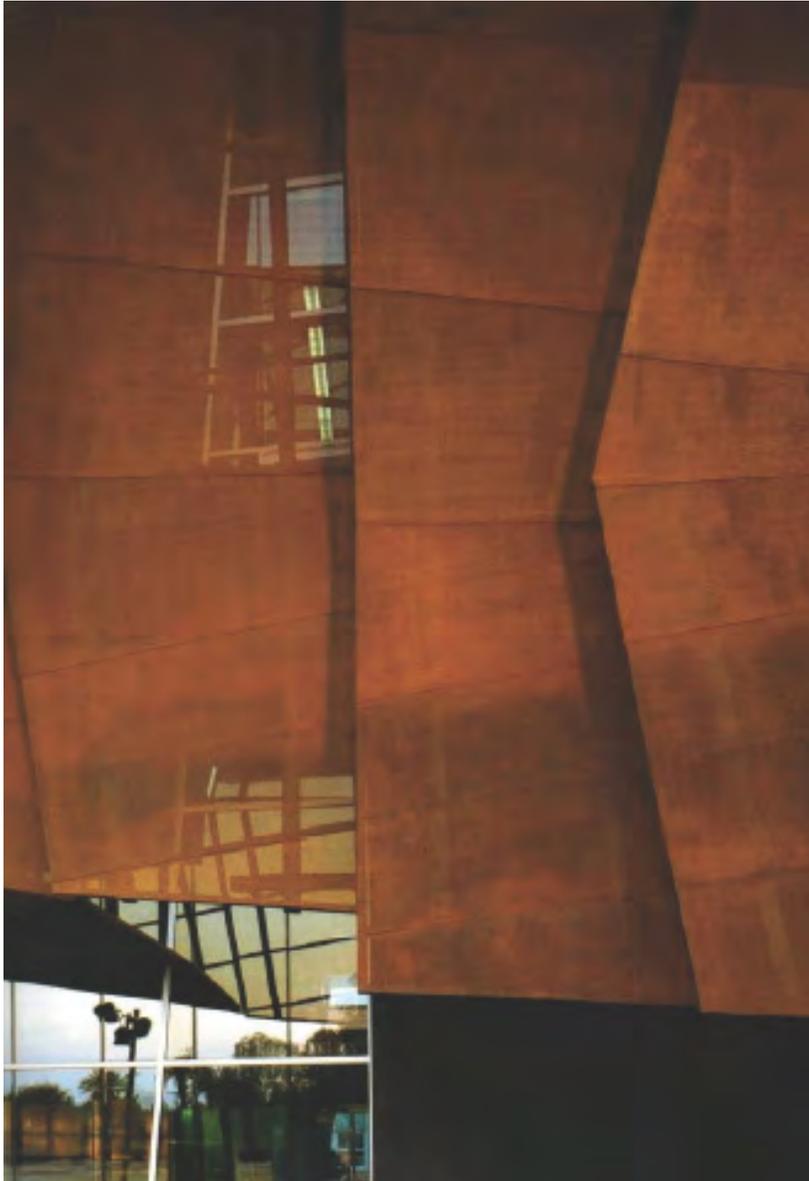
LE LAMELLE O ELEMENTI TESSILI SONO GENERALMENTE SOSTENUTE DA UNA STRUTTURA METALLICA IN PROFILI DI ALLUMINIO O DI ACCIAIO. LA SEZIONE DELLE LAMELLE PUO' ESSERE LINEARE, ELISSOIDALE O CIRCOLARE, REALIZZATA CON NERVATURE CENTRALI PER TUTTA LA LUNGHEZZA DELL'ELEMENTO PER DARE RIGIDEZZA ALLA STRUTTURA

INTERCAPEDINE AERATA PER EVITARE IL SURRISCALDAMENTO DEGLI ELEMENTI FRANGISOLE



GLI ELEMENTI A SEZIONE ELISSOIDALE POSSONO RAGGIUNGERE ALTEZZE NOTEVOLI – FINO A 30-40 M – IN QUESTO CASO SI DEVE PRESTARE ATTENZIONE ALLE SOLLECITAZIONI PROVOCATE DAL VENTO

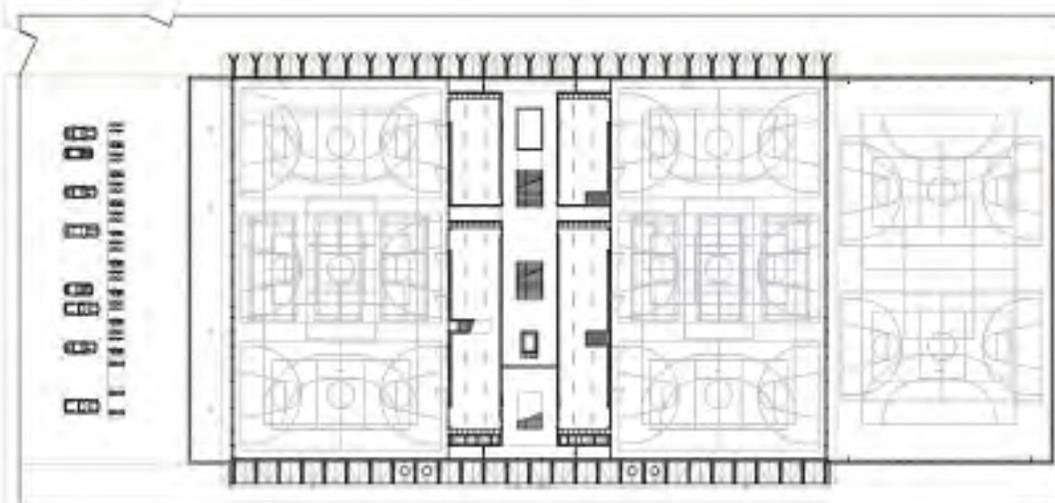
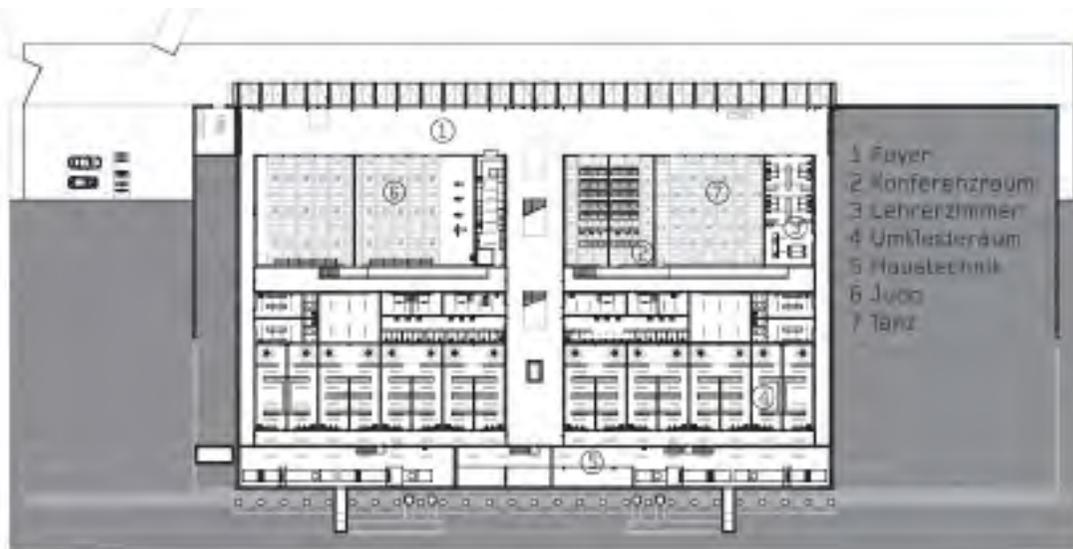
SCHERMATURE FISSE VERTICALI



Sporthausbildungszentrum a Windisch

Livio Vacchini – Eloisa Vacchini





Concetto strutturale ed architettonico

- Prefabbricazione per diminuzione dei costi di costruzione ed eventuali *empasse* in fase di cantiere;
- Raggruppamento delle due sale sportive previste dal bando di concorso in un'unica costruzione (migliorando così il rapporto S/V)



Controllo dell'irraggiamento solare

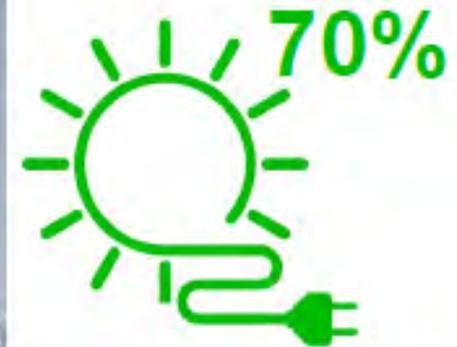
- La struttura portante funge essa stessa da brisé-soleil permettendo di rinunciare a tendaggi
Gli spazi hanno alti standard illuminanti e contemporaneamente una visione sul paesaggio fluviale circostante



Controllo delle dispersioni termiche per trasmissione

- Cappotto termico in intercapedine tra struttura portante e sottostruttura in acciaio
- Doppi vetri con vetrocamera basso-emissivi; fattore g basso;
- Ventilazione meccanica controllata



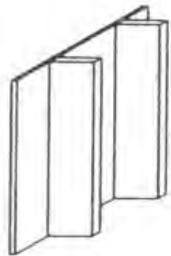


MINERGIE®

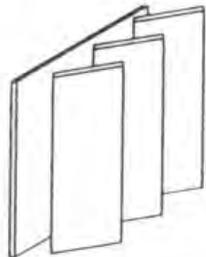
Fabbisogno di energia termica

- Il fabbisogno primario di energia termica e acqua calda sanitaria viene garantito da
 - a) Pompa di calore con sonda geotermica per 150 kW
 - b) Allaccio alla rete di teleriscaldamento di Mülimatt che garantisce 350+ 232 kW
 - c) Caldaia a gas naturale capace di coprire eventuali picchi di potenza (596 Kw)
- **Standard base Minergie raggiunto (Fabbisogno di energia coperto >60% da fonti rinnovabili)**

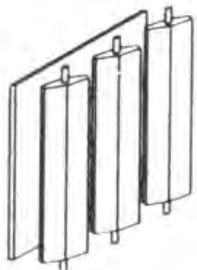
SCHERMATURE MOBILI VERTICALI



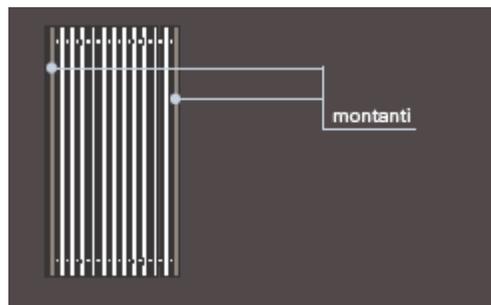
LE LAMELLE HANNO RIDOTTA DIMENSIONE E PERMETTONO UNA ROTAZIONE SULL'ASSE VERTICALE



ALTRI SISTEMI PIU' COMPLESSI PERMETTONO LO SCORRIMENTO TRASVERSALE



IN INVERNO E DURANTE LA NOTTE SI OTTENE LA TOTALE SCOMPARSA DEGLI ELEMENTI NELLE BUCATURE ED UNA TOTALE CHIUSURA RIDUCENDO LA DISPERSIONE DI CALORE DALL'INTERNO VERSO L'ESTERNO



Sede centrale AVAX S.A. Grecia Atene 1998

Uso primario: Uffici

Giorni/Ore d'impiego: 10 ore/giorno

Progettisti

A.N. Tombazis and Associates Ingegneri

Università di Atene, Dipartimento di Fisica Applicata, Prof. M.

Santamouris Appaltatori

Tecnologie per il risparmio energetico

* Alette solari (pannelli verticali in vetro stampato da schermature in seta)

* Griglie metalliche orizzontali fisse

* Persiane esterne

* Progettato per sfruttare il potenziale di luce naturale della zona

* Tecniche di raffreddamento passive/miste

* Ventilazione notturna

* Ventilatori a soffitto

* Sistema di immagazzinamento freddo



La facciata è tramata con colonne in cemento armato che sostiene un sistema di doppio rivestimento che funziona come un diaframma.

Pannelli verticali in vetro serigrafato, ruotano come alettoni per ombreggiare la facciata e permettere di regolare la radiazione solare e la luce naturale ottimizzata dall'esiguità dell'edificio.

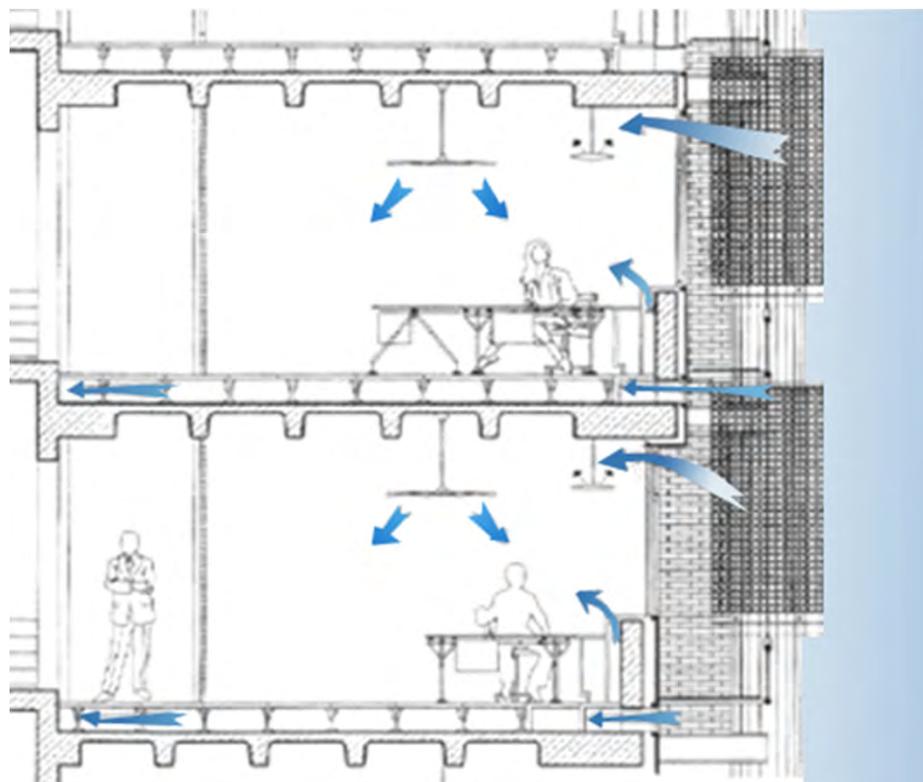
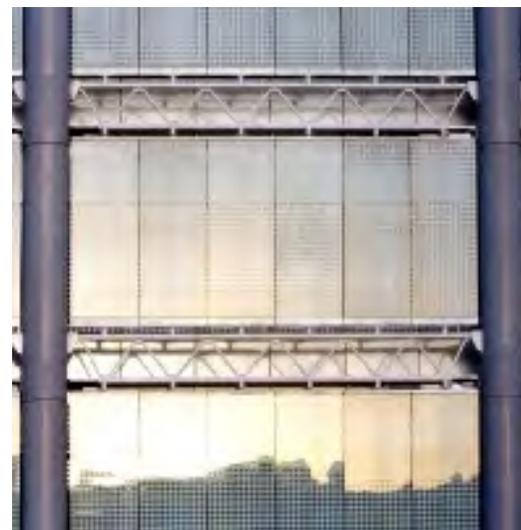
Forniscono un coefficiente di schermatura pari a 70% e ruotano automaticamente a seconda della temperatura e della radiazione solare.

	Envelope U-Values (W/m ² K)		
	Ground floor	Roof	Facades
Avax Building, Athens, Greece	0.2	1.2	0.8



L'ombreggiamento è completato da una serie di griglie parasole orizzontali

Le strategie di economia dell'energia includono una ventilazione meccanica notturna, un sistema di raffreddamento centrale (pompe di calore aria/acqua), apparecchi di riscaldamento ad alto rendimento e detettori di presenza che comandano l'illuminazione artificiale.



ORIENTAMENTO E SCHERMATURA SOLARE

FRONTE SUD

I sistemi di schermatura orizzontale posti sulla facciata sud sono ottimi in estate quando il sole è alto

FRONTE NORD

Non sono necessarie schermature

FRONTE EST/OVEST

Difficilmente schermabili a causa dei raggi di incidenza del sole bassi al mattino ed al pomeriggio; la soluzione è data da sistemi a lamelle, meglio se verticali e regolabili

Tale sistema per essere altamente efficiente deve presentare una distanza tra le lamelle molto ridotta, con il rischio però di ridurre la visuale dall'interno

SCHERMATURE INTERNE

I SISTEMI FRANGISOLE INTERNI SONO IN GRADO DI INTERCETTARE L'ENERGIA SOLARE SOLO DOPO CHE HA ATTRAVERSATO LA SUPERFICIE VETRATA

POSSONO ELIMINARE SOLTANTO QUELLA PARTE DI ENERGIA RADIANTE CHE PUO' ESSERE NUOVAMENTE RIFLESSA VERSO IL VETRO

ASSORBONO UNA PARTE DI ENERGIA INCIDENTE E TRASMETTONO LA RESTANTE PARTE ALL'INTERNO DELL'AMBIENTE PER CONVEZIONE E IRRAGGIAMENTO

MENO EFFICACI DI CIRCA IL 35% RISPETTO A QUELLI ESTERNI

INDISPENSABILI IN CASO DI SCHERMATURE VERTICALI NON IN GRADO DI SCHERMARE LA LUCE ZENITALE

COMBINATI A SPORTI ORIZZONTALI PER ELIMINARE IL RIVERBERO

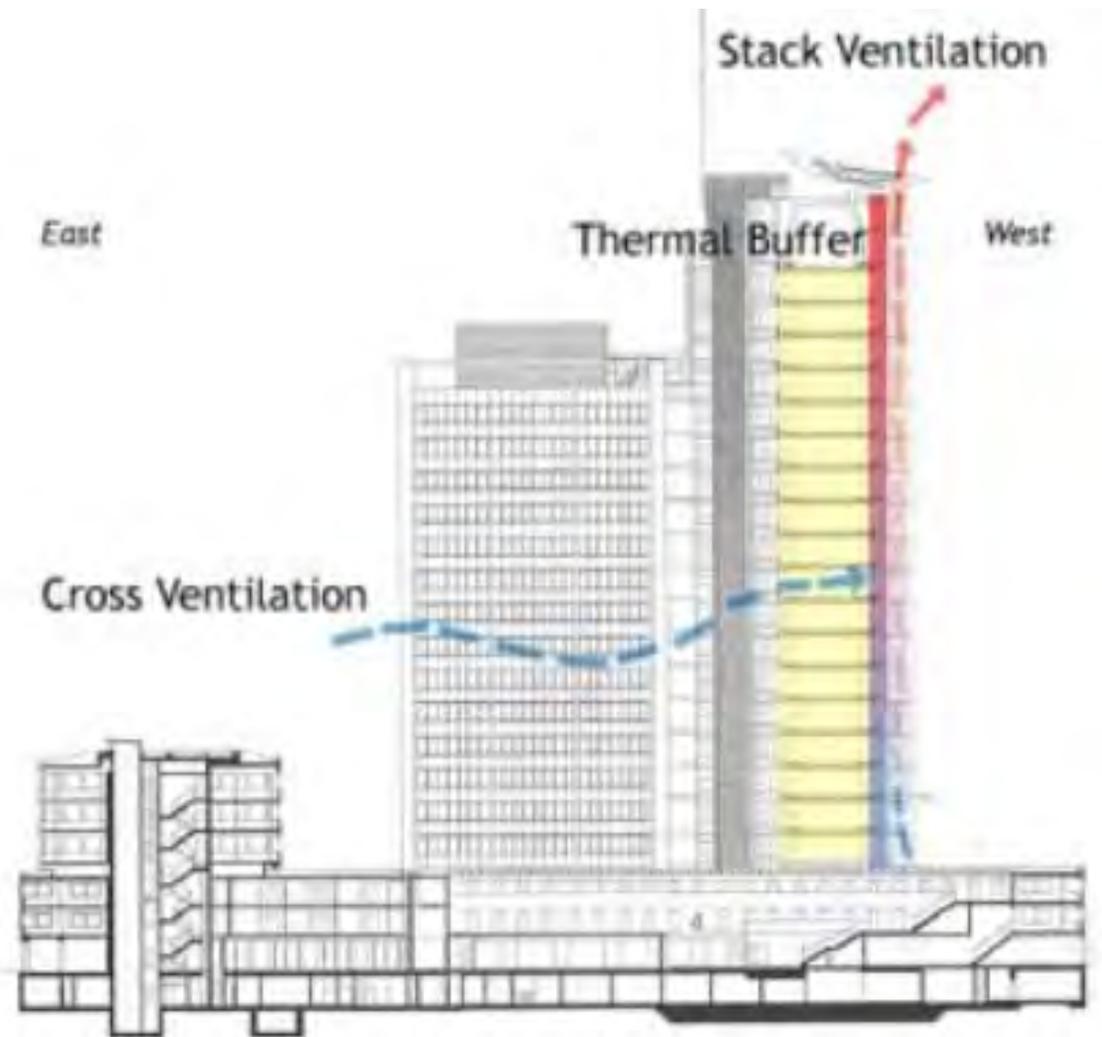
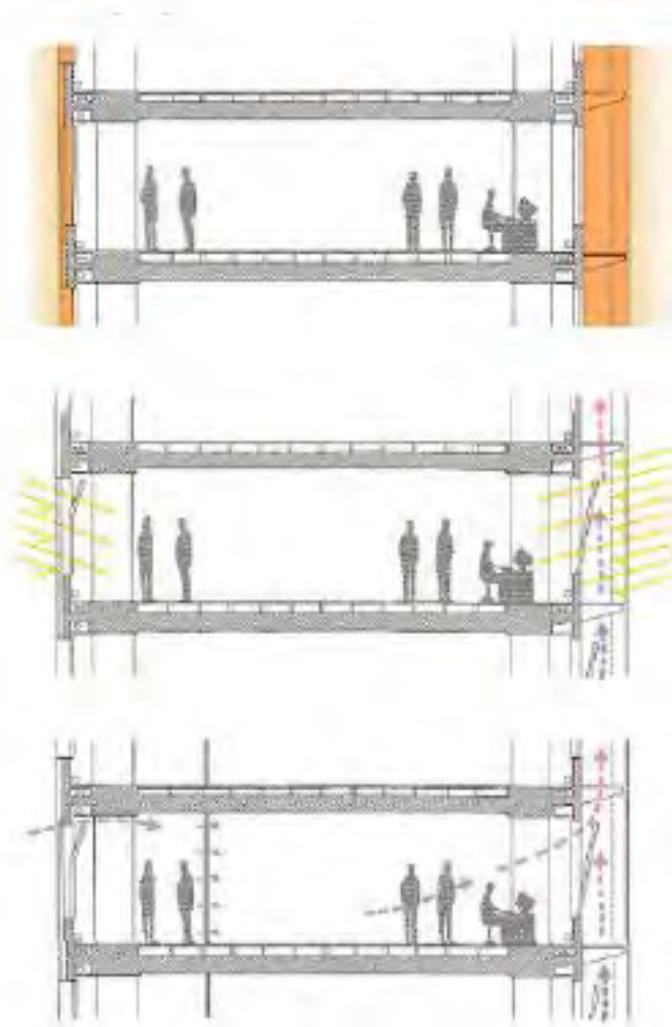




**TENDE VENEZIANE O
AVVOLGIBILI IN DIVERSI MATERIALI**

GSW Headquarters, Berlin - Sauerbruch Hutton

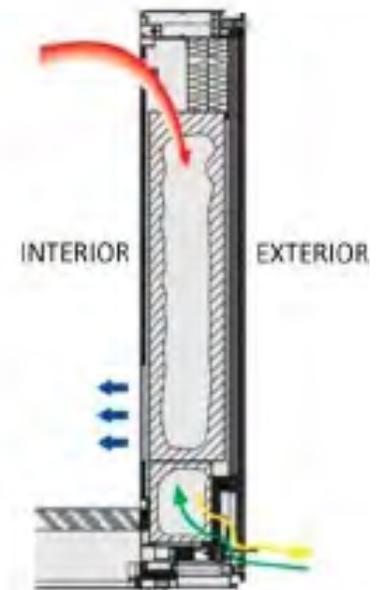
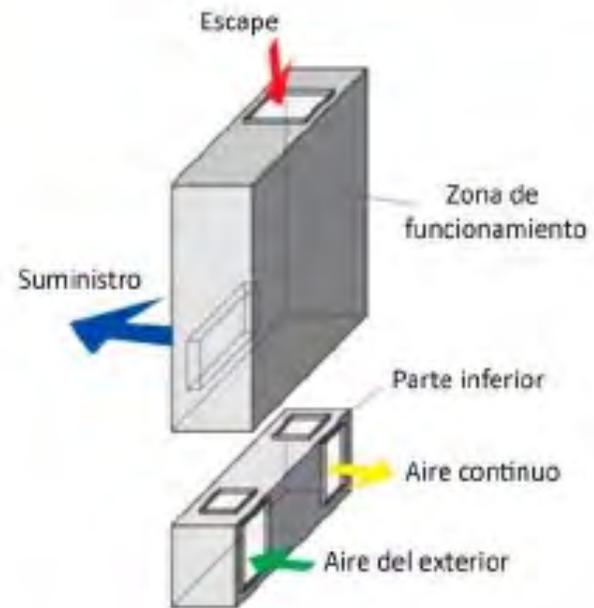
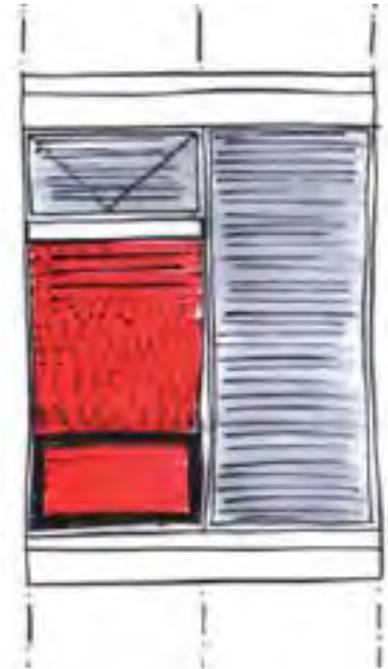
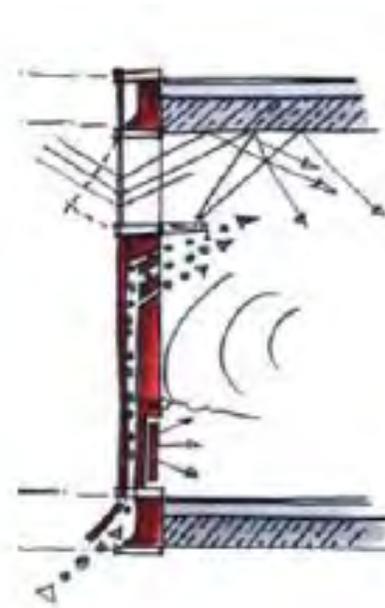




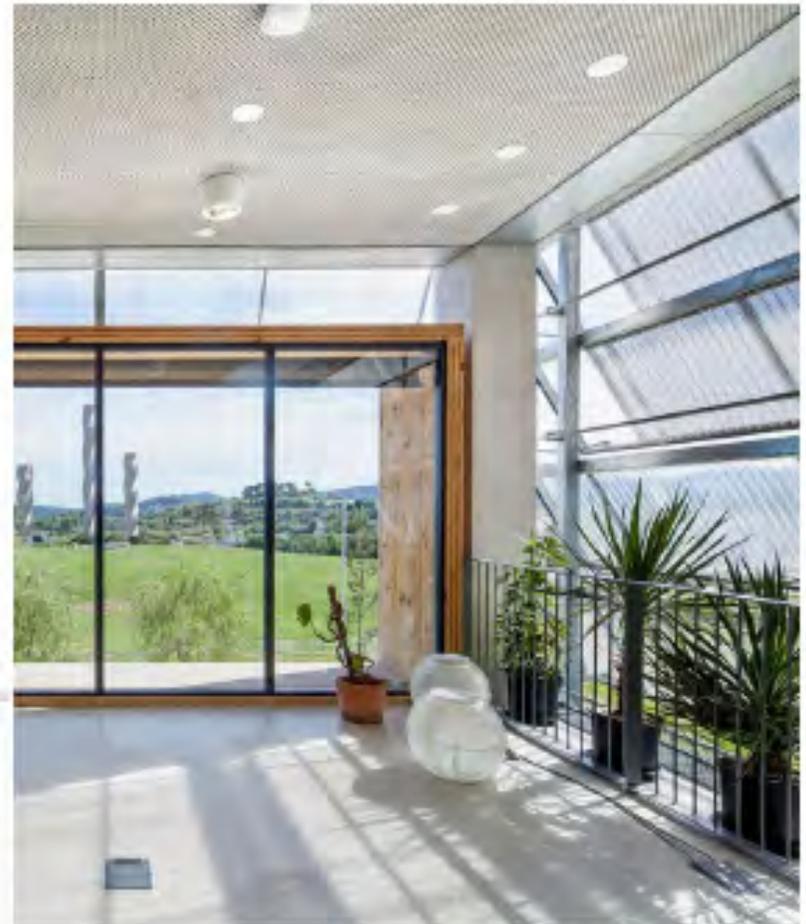
Capricornhaus, Düsseldorf - Gatermann + Schossig

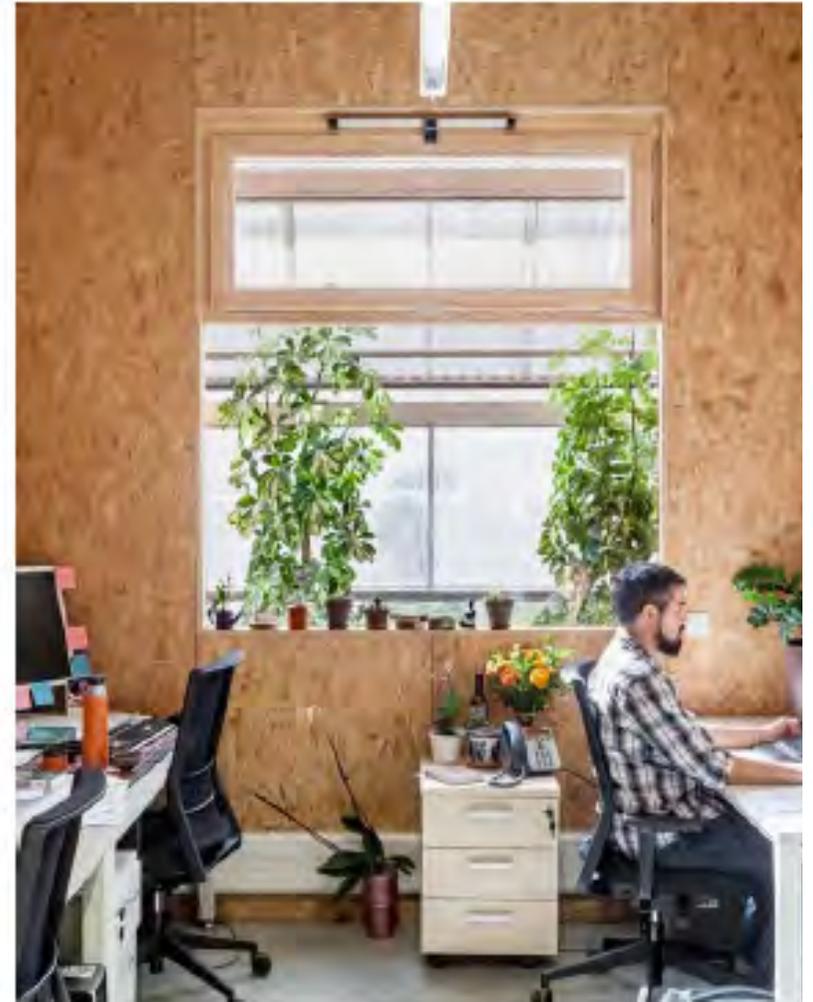
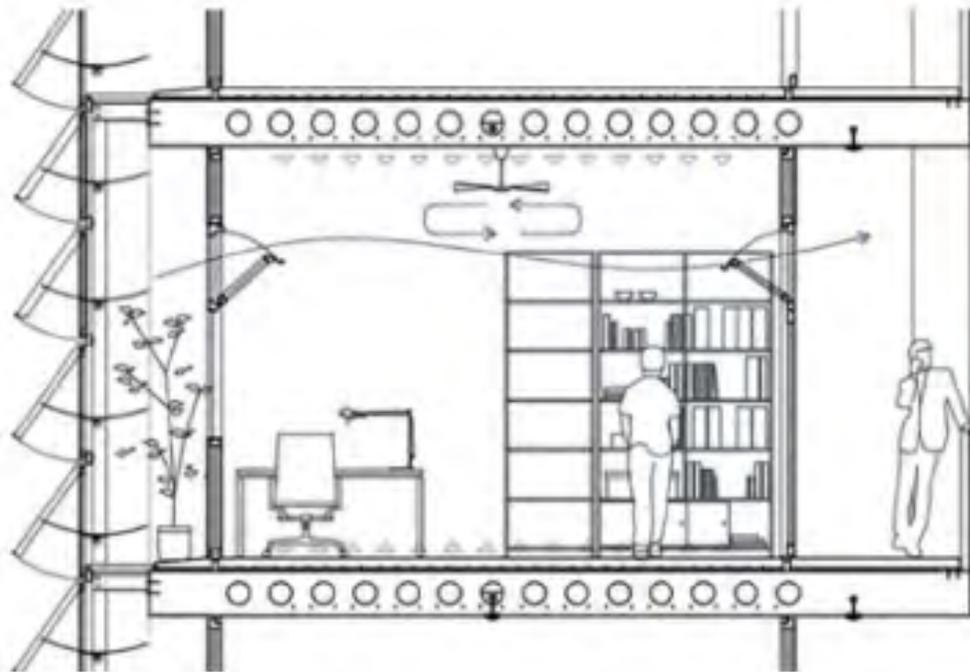


2.008 Capricornhaus, Düsseldorf



Centre de recerca UAB - Harquitectes





SISTEMI DI SCHERMATURA CON PRODUZIONE DI ENERGIA

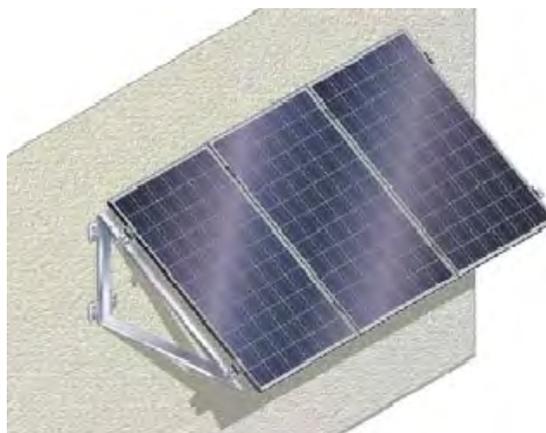
GLASS SHADOVOLTAIC – SISTEMI DI FRANGISOLE COSTITUITI DA ELEMENTI LAMELLARI TRASPARENTI CON CELLE FOTOVOLTAICHE INTEGRATE

LA SEMITRASPARENZA DEGLI ELEMENTI NON CREA I CLASSICI EFFETTI PRODOTTI DAI FRANGISOLE VETRATI

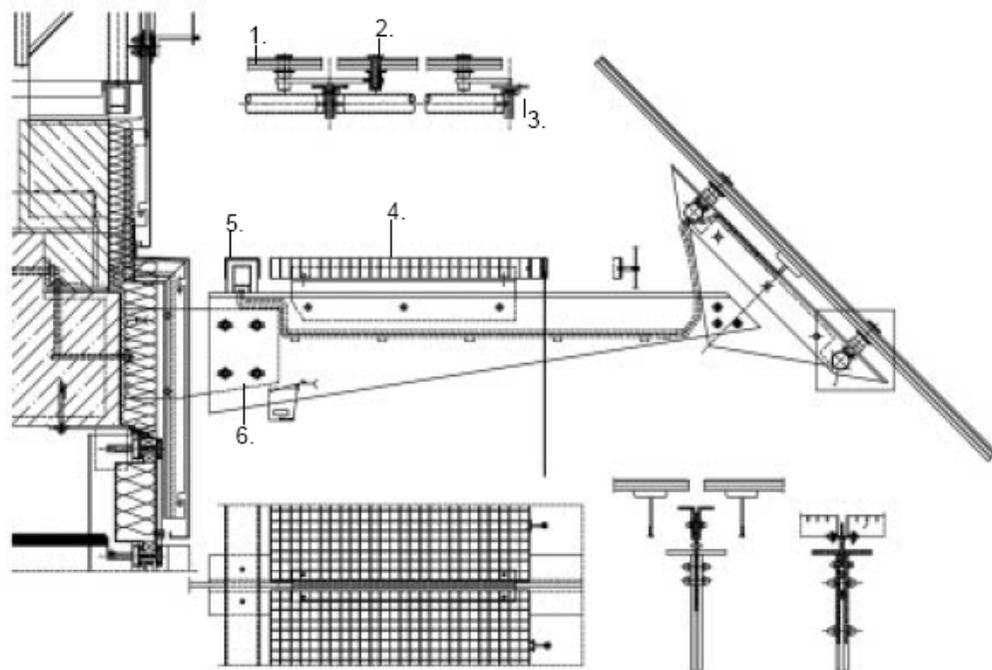
LAVORANO PER DIFFUSIONE LUMINOSA

CON ELEMENTI FISSI E' NECESSARIO INDIVIDUARE L'ANGOLO DI TILT

CON ELEMENTI MOBILI POSSIBILITA' DI MASSIMIZZARE LA CAPTAZIONE "INSEGUENDO" LA RADIAZIONE SOLARE (EFFICIENZA DEL 25 – 30 % IN PIU' RISPETTO AI SISTEMI FISSI)







- 1. Vetro fotovoltaico 10-1,5-10**
- 2. Anta di vetro appeso**
- 3. Lamiera microforata asse altezza 50 mm, maglia 25 x25 mm sp. 2 mm**
- 4. Camminamento orizzontale in lamiera metallica**
- 5. Copertina isolante per passaggio cavi**
- 6. Piastra metallica di ancoraggio**

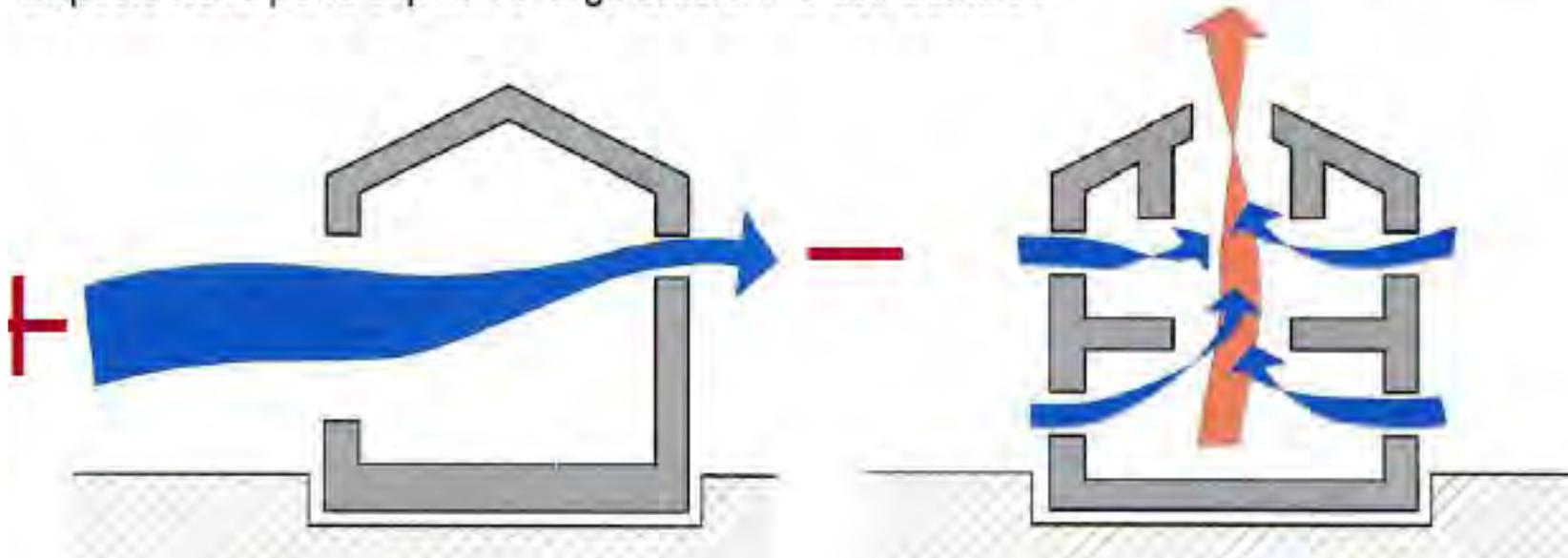


STRATEGIA DI RAFFRESCAMENTO PASSIVO: VENTILAZIONE NATURALE

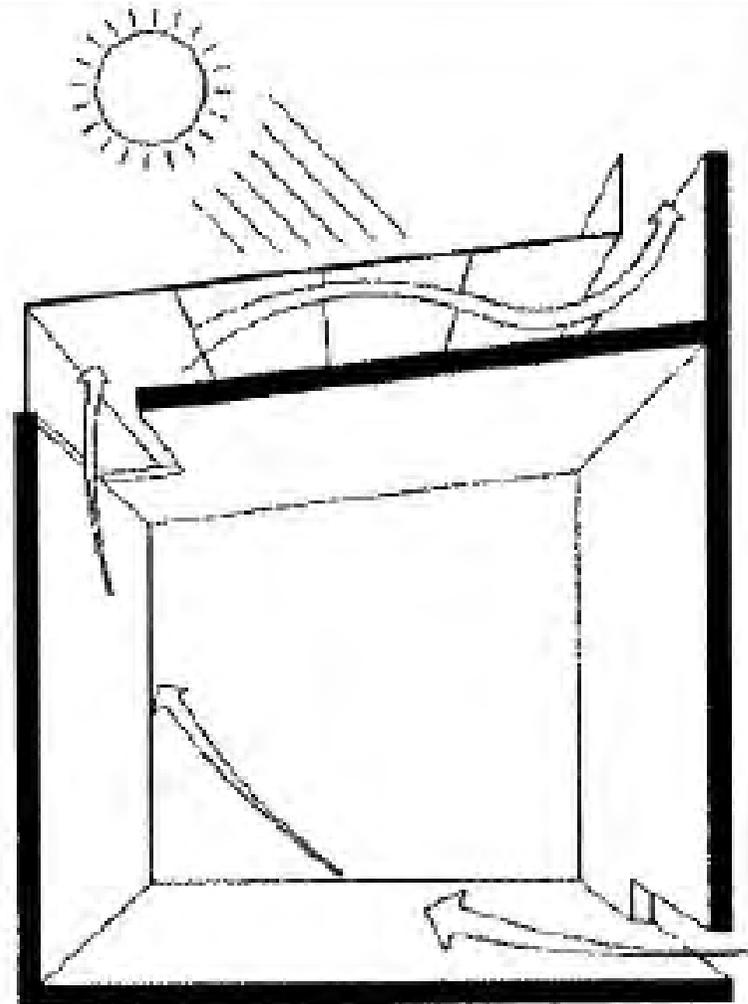
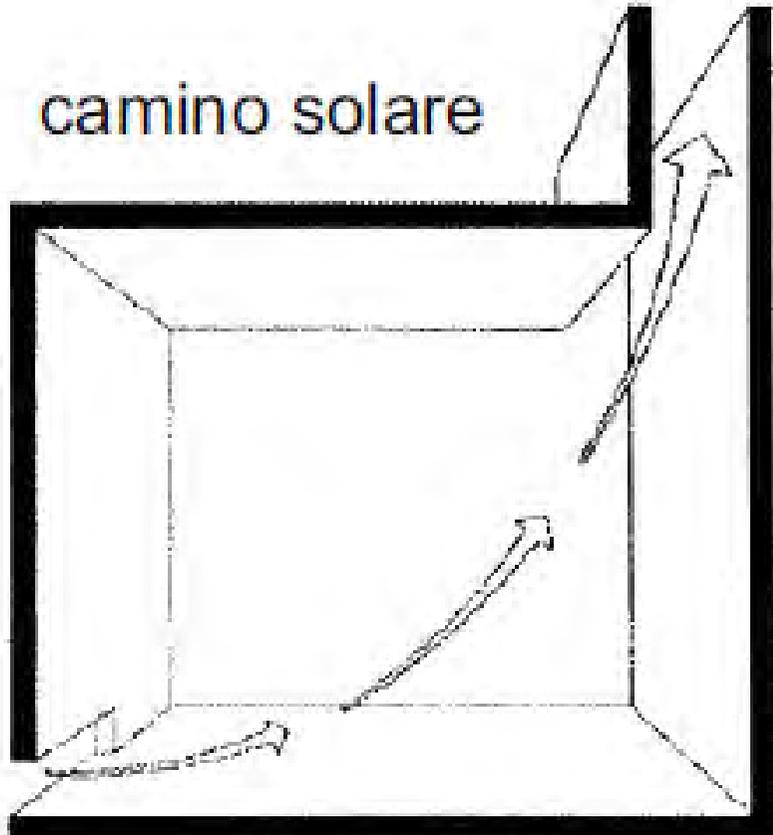
La ventilazione può essere incrementata sfruttando sia il principio per cui l'aria calda, più leggera, tende a sollevarsi richiamando aria più fredda al proprio posto, sia il principio per cui l'aria tende a spostarsi da una zona di alta pressione ad una zona di bassa pressione.

La tecnica della **ventilazione** aiuta ad allontanare parte del calore eccessivo ed **abbassa la temperatura interna**; inoltre anche il semplice movimento del flusso d'aria su di un oggetto od una persona crea un effetto di raffreddamento.

Per favorire l'**espulsione dell'aria calda** verso l'esterno, ed il richiamo al suo posto di aria più fresca, si deve creare un processo di tiraggio simile a quello di una canna fumaria (**effetto camino**), per esempio favorendo l'espulsione dell'aria attraverso apposite aperture disposte nella parte superiore degli ambienti e dell'edificio.



camino solare

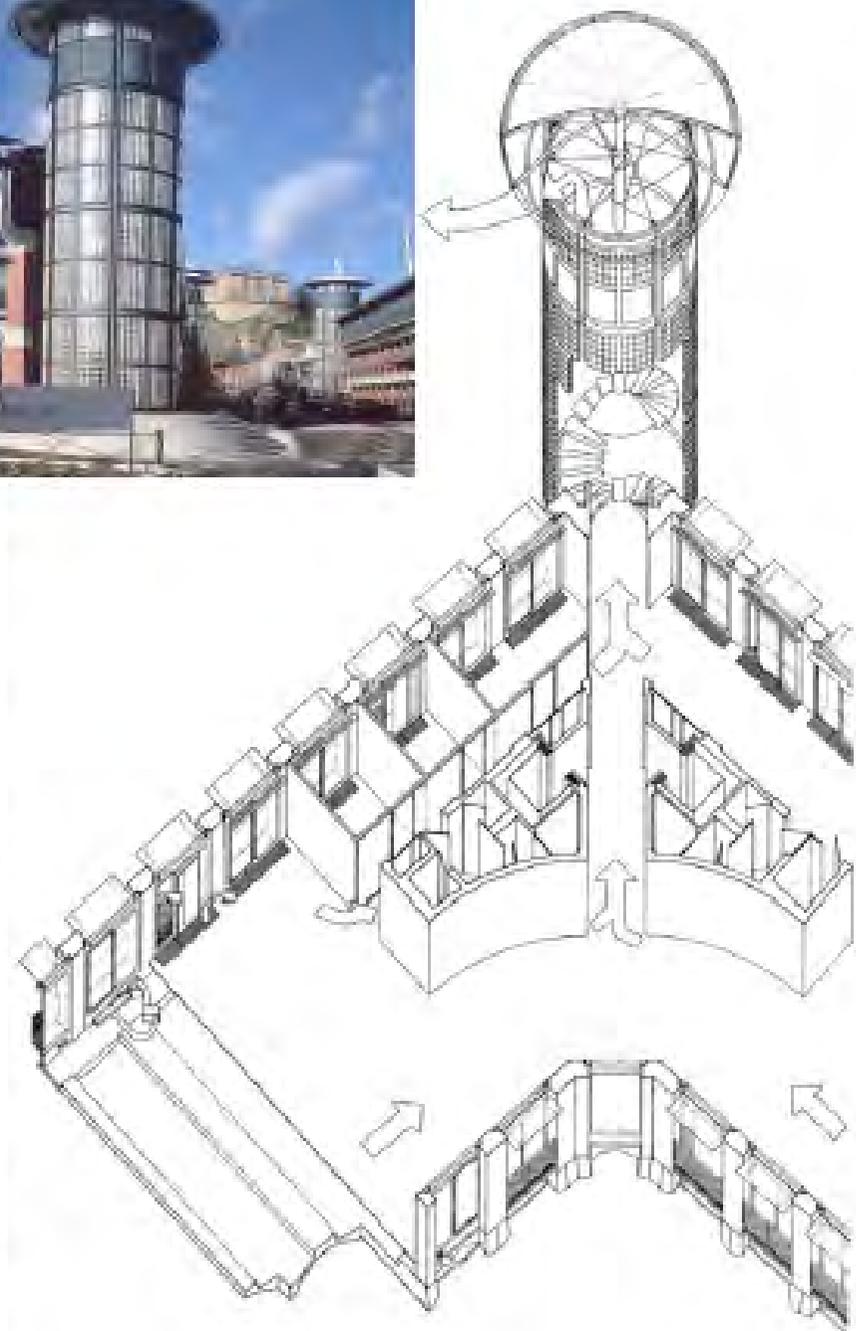


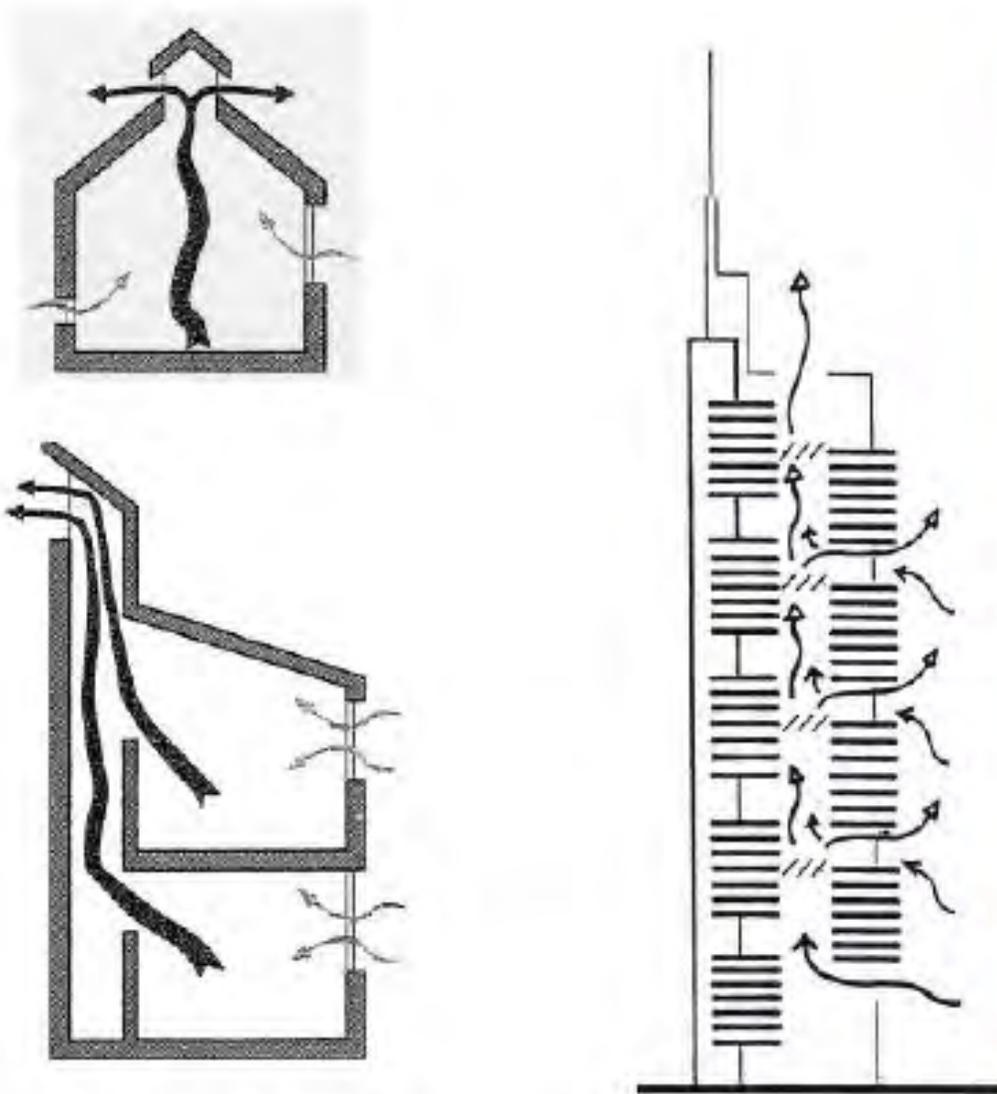
Michael Hopkins e Partners, Inland Revenue building a Nottingham

come camino solare verticale è usata una torretta costruita con blocchi di vetro e contenente i vani scala

in essa viene aspirata l'aria dagli uffici che vi si affacciano tramite porte che, all'occorrenza, saranno tenute aperte

sopra la torretta un meccanismo idraulico consente di muovere la sua copertura in basso e in alto regolando il flusso d'aria



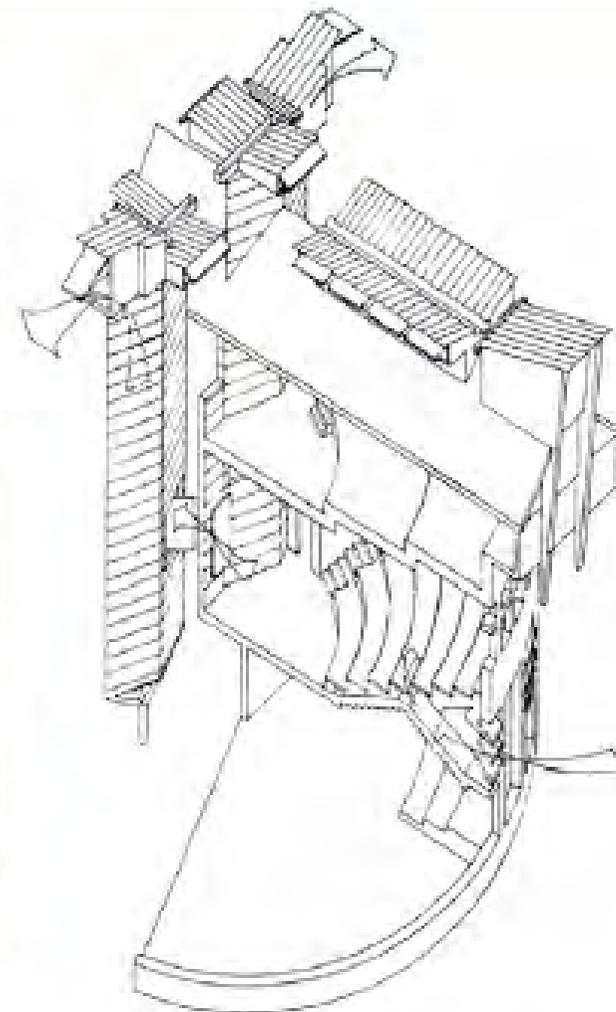


L'effetto camino può essere incrementato realizzando dei "camini solari" che sfruttano la radiazione solare per riscaldare l'aria e creare delle correnti ascensionali.



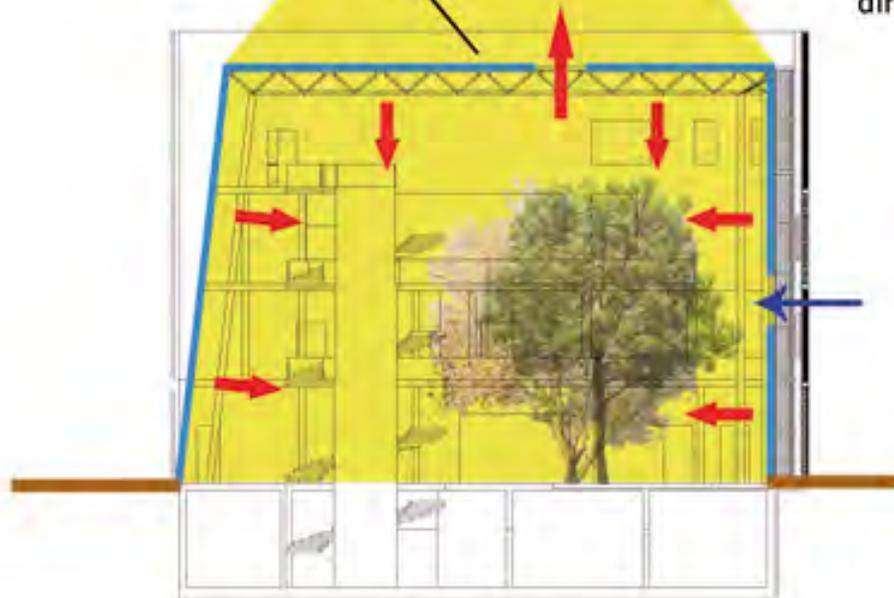
Ford & Short. Facoltà di ingegneria a Leicester

con sistema di ventilazione naturale che utilizza torricamino e lucernari



MACCHINA BIOCLIMATICA

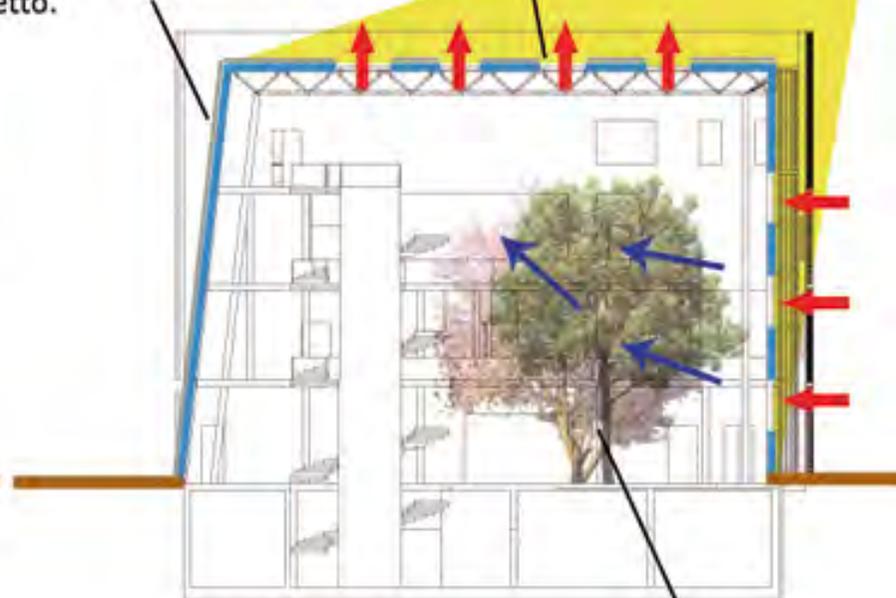
Nei mesi invernali l'atrio vetrato si trasforma in una serra, con una circolazione d'aria minima, sufficiente al mantenimento delle condizioni benessere.



Inverno (Giorno)

Nelle ore più calde dei mesi estivi un sistema di frangisole integrati nel doppio strato di vetro evitano un irraggiamento diretto.

Aperto tutti gli infissi mobili si crea all'interno dell'edificio un ricircolo di aria, raffrescata dall'acqua nebulizzata, che bioclimatizza gli ambienti comuni senza dispendio energetico.

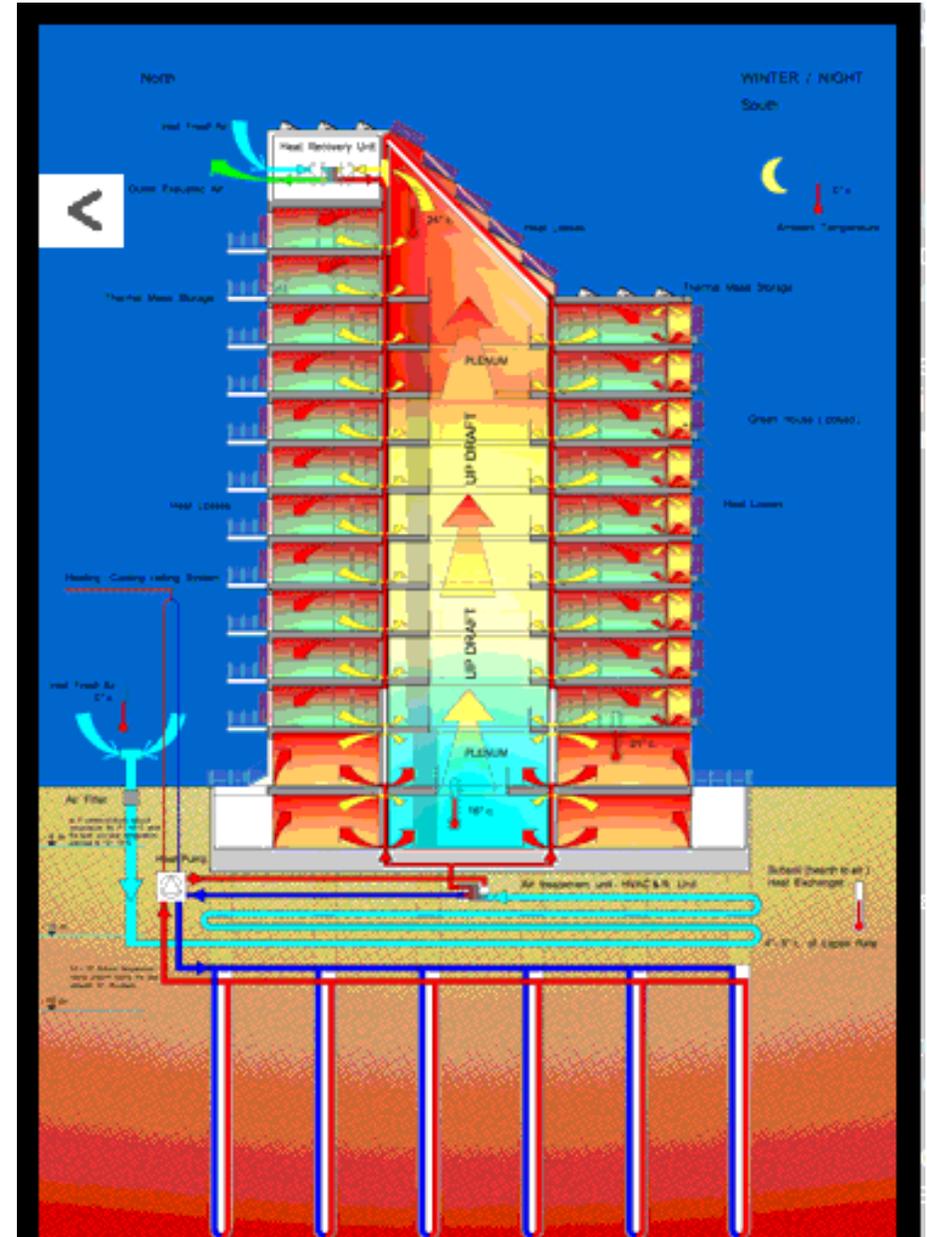
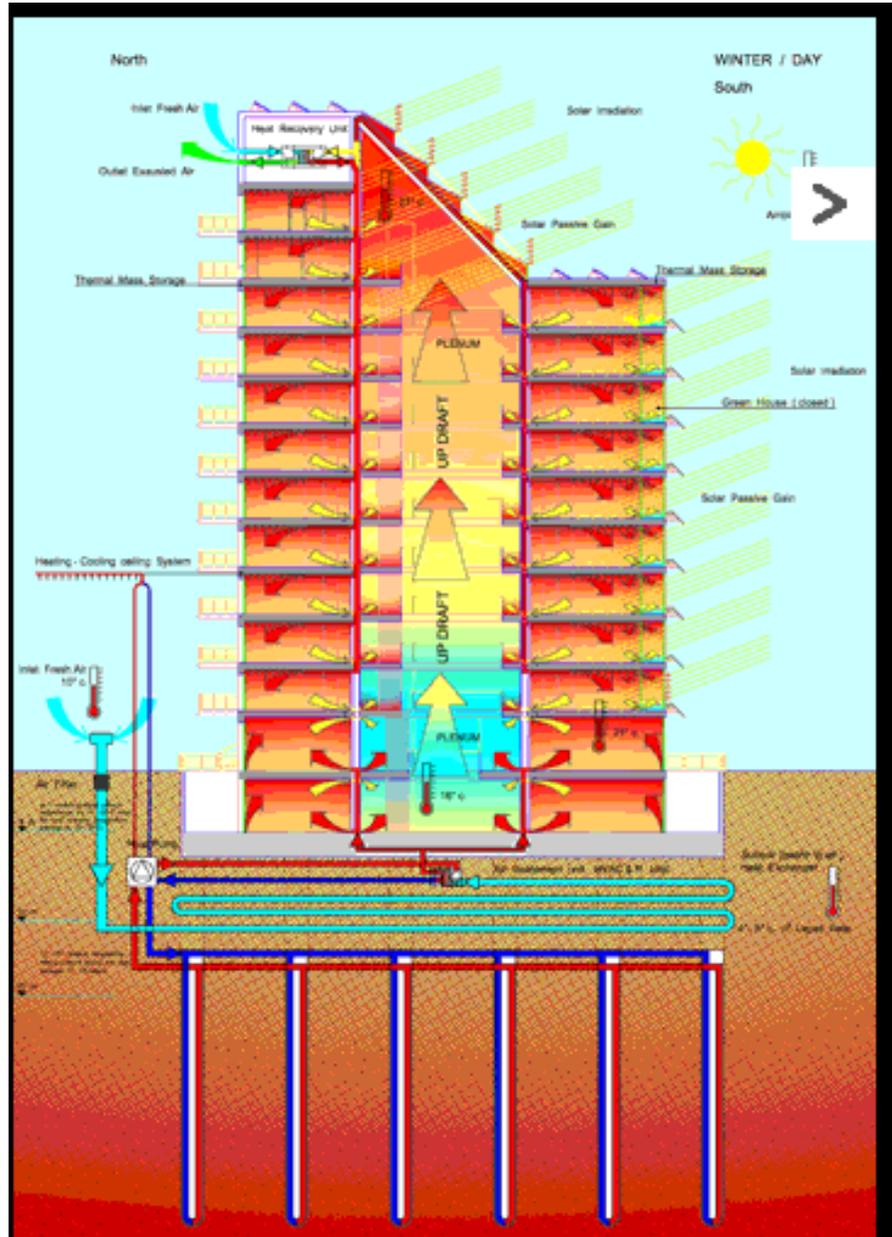


Estate (Giorno)

Nel grande atrio vetrato si collocano quattro alberi che, irrorati con acqua nebulizzata, contribuiscono a raffrescare l'aria che entra in circolo nell'edificio.

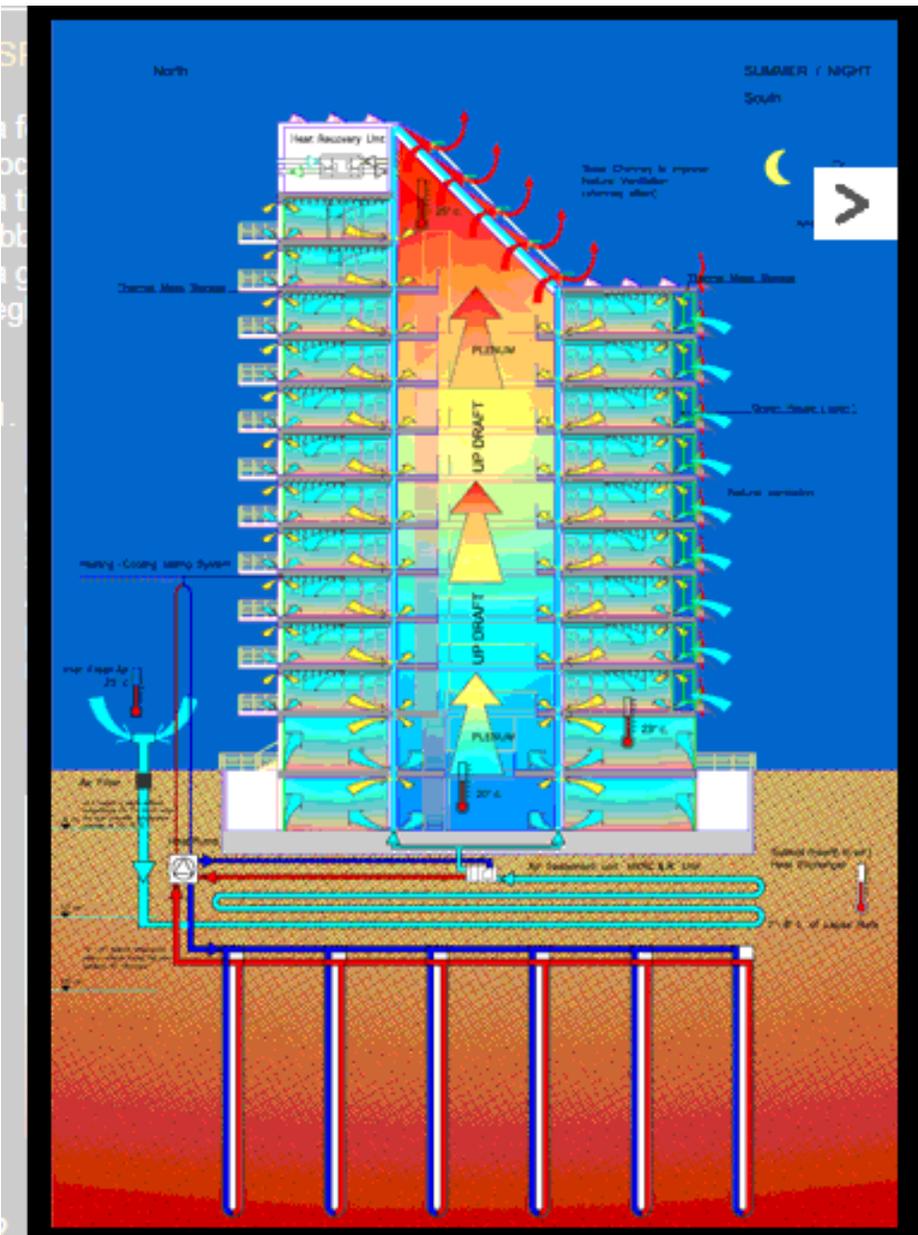
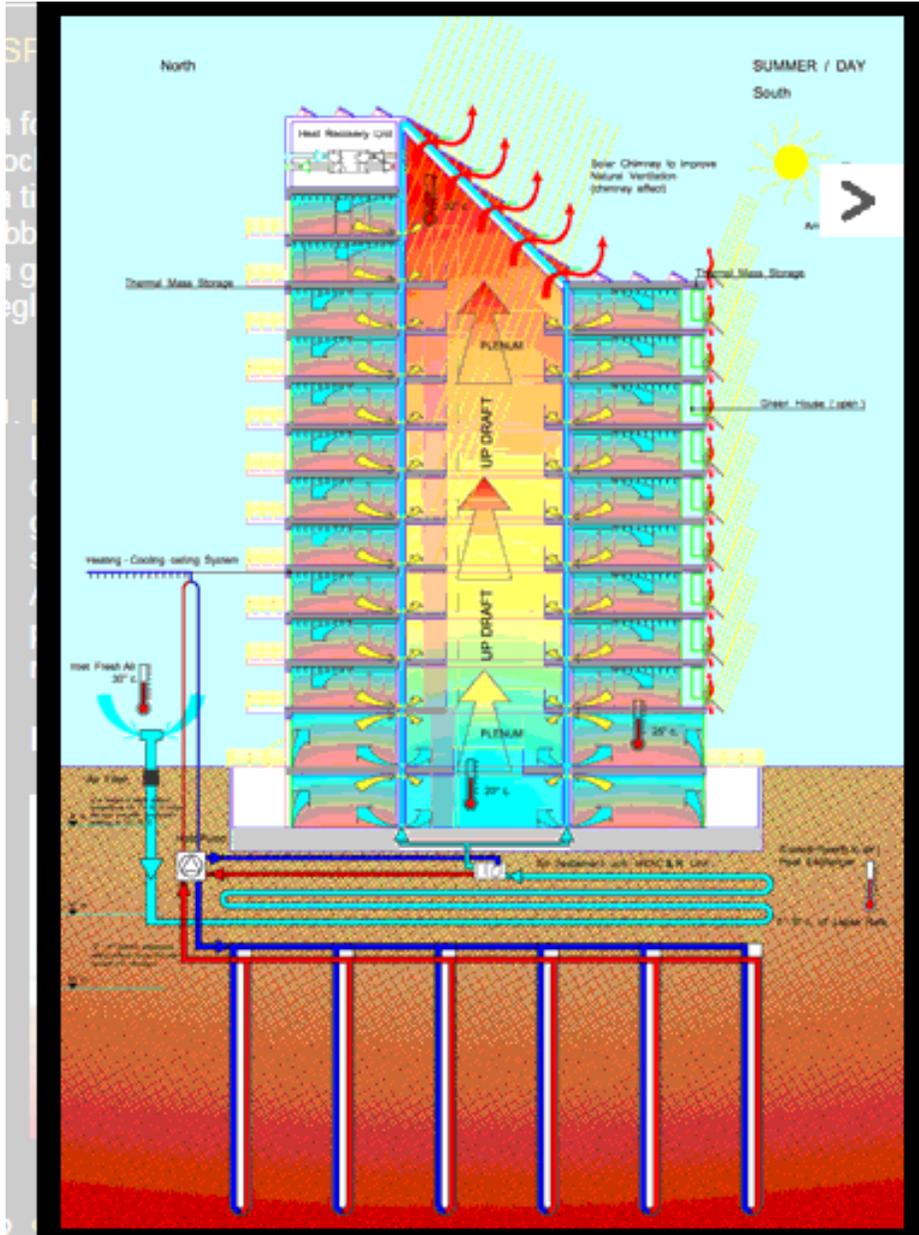
STAGIONE INVERNALE

OBIETTIVO: ACCUMULO

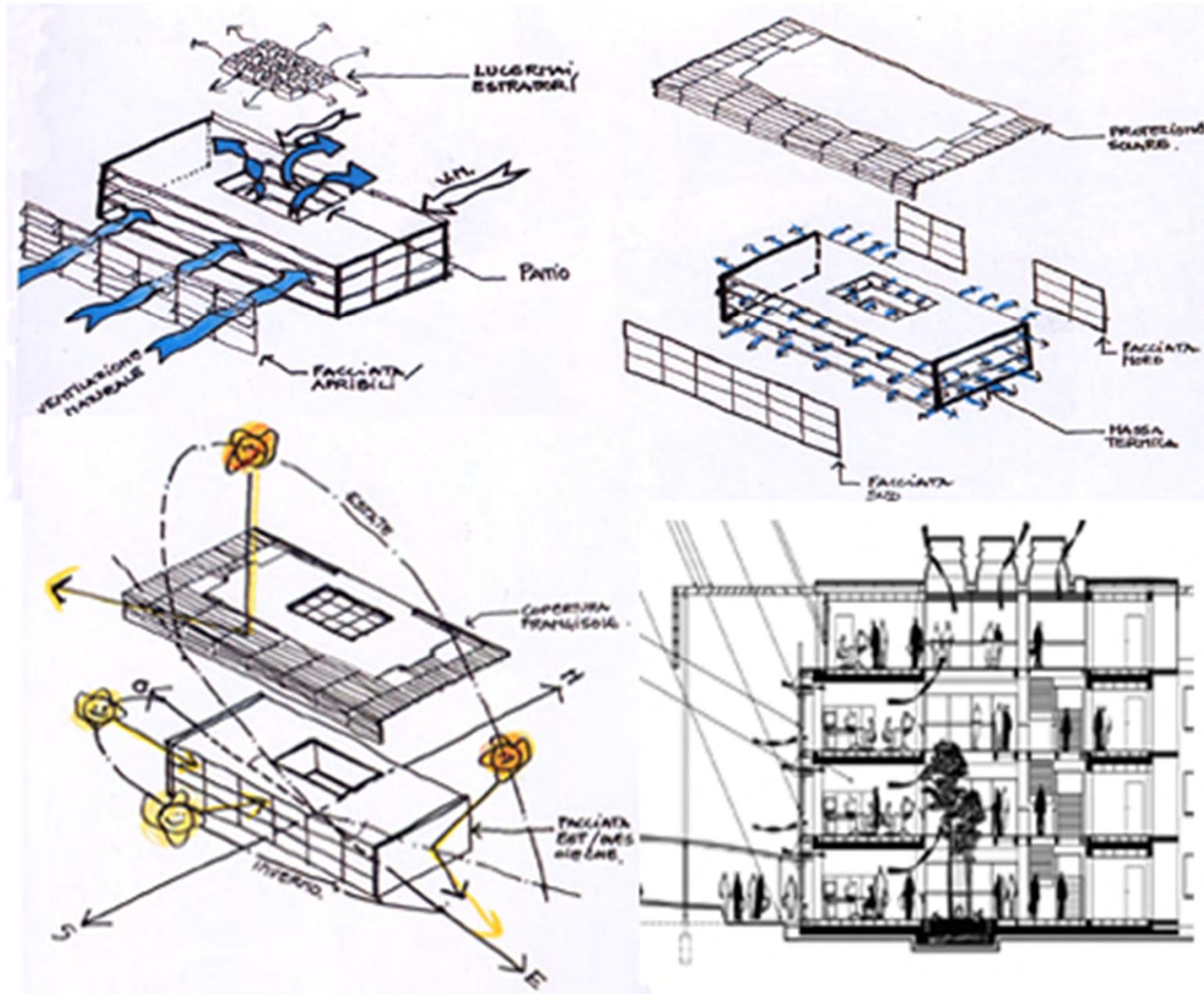


STAGIONE ESTIVA

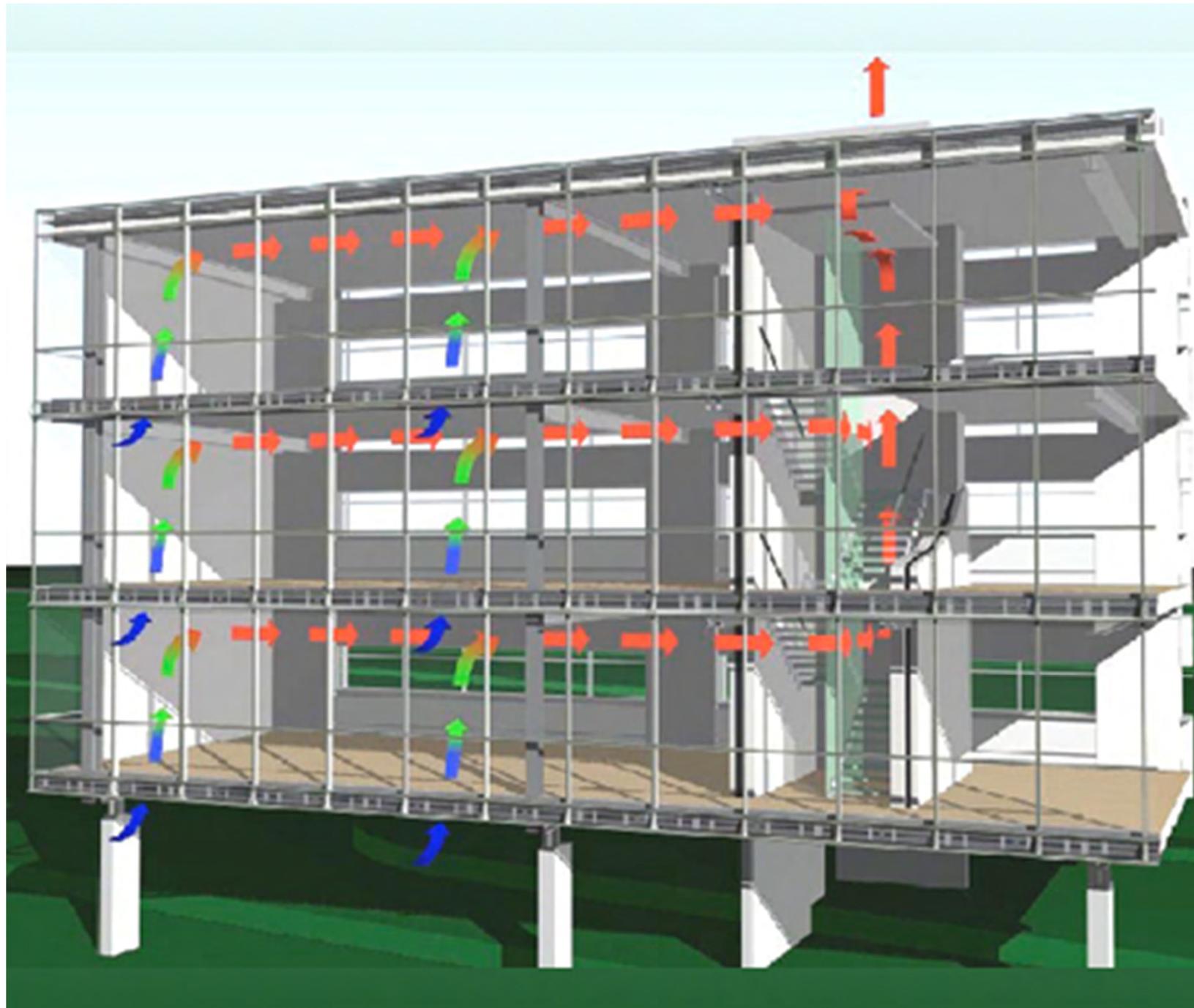
OBIETTIVO: VENTILAZIONE, DISSIPAZIONE



Edificio IGUZZINI, Recanati, MCA Architects







Sede centrale Sanitas-BUPA (MADRID)

<https://www.new-learn.info/packages/euleb/it/p23/index.html>



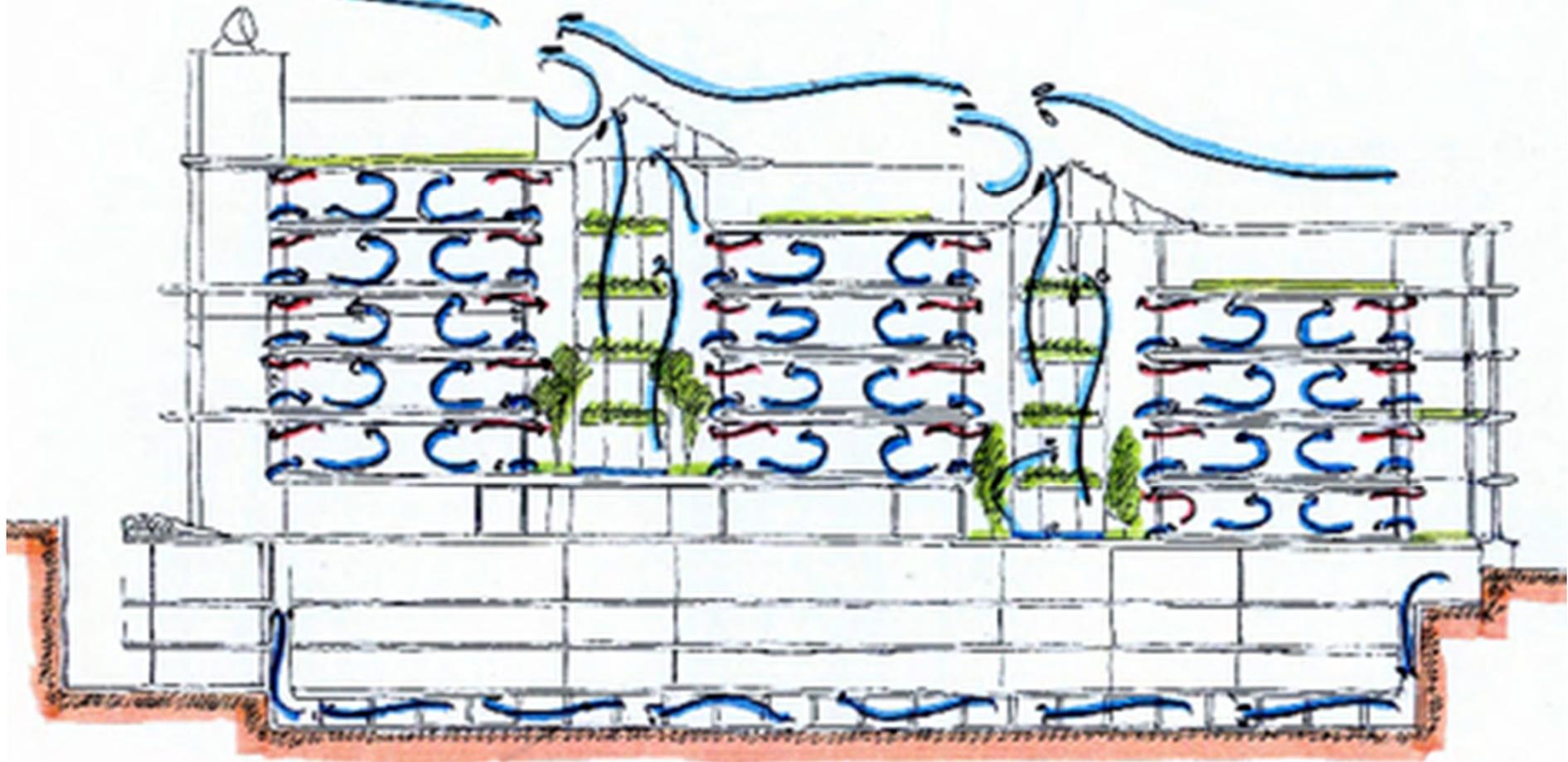
Grazie alla sua ubicazione geografica, è possibile sfruttare la strategia di ventilazione attraverso cortili interni come gli atri vegetati, dove si rafforza la ventilazione naturale. L'aria sale dai livelli più bassi fino in alto, dove viene estratta e portata verso l'esterno.

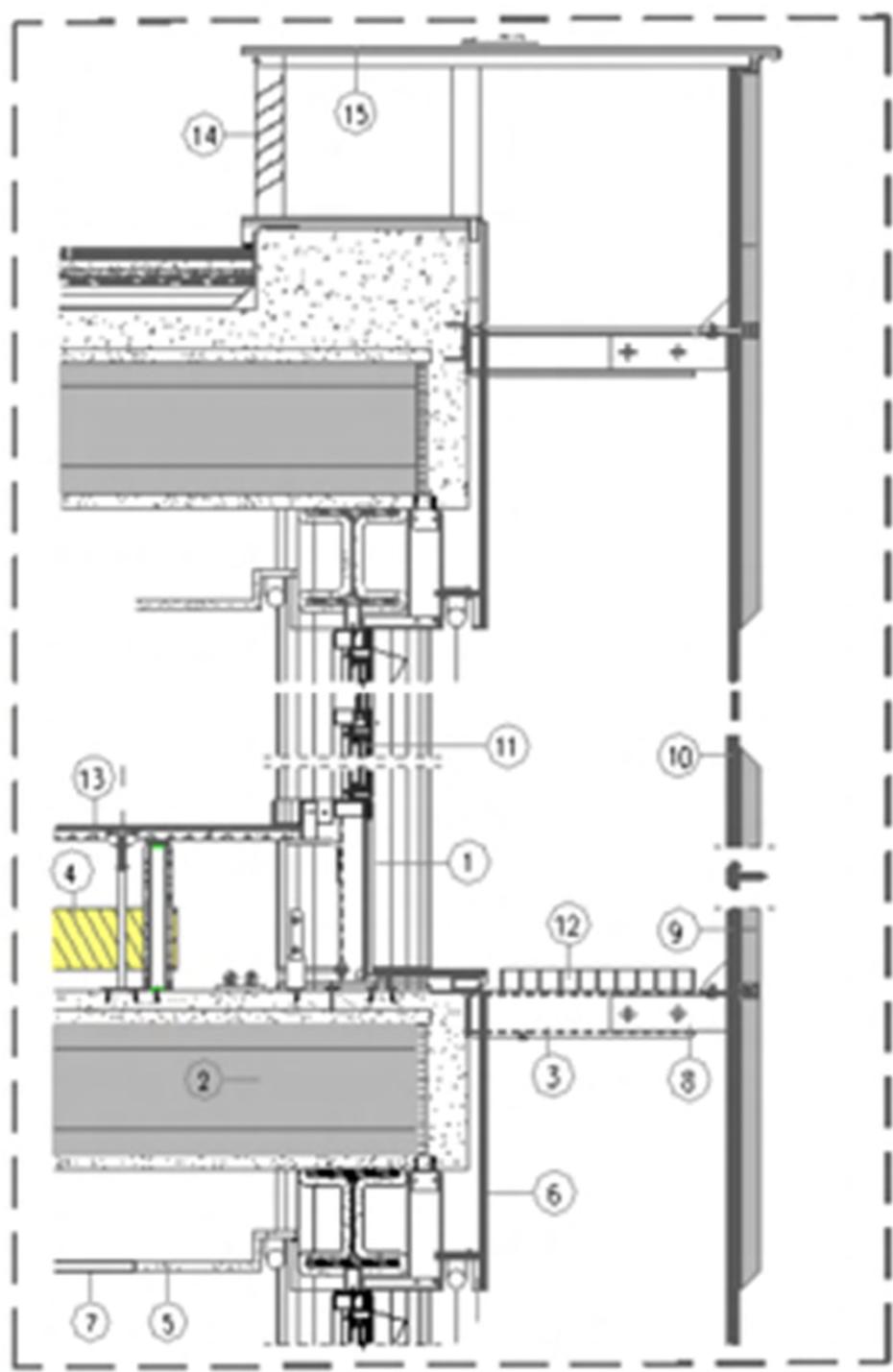
L'aerodinamica dell'edificio rispetta i venti prevalenti. Il tetto è a gradonate e allineato con i venti di sudovest. Grazie a questo, la pressione negativa sulla parte sottovento delle pensiline dell'atrio induce la ventilazione naturale attraverso gli atri.

D'inverno entra in funzione il riscaldamento a pannelli radianti a pavimento che aiuta la qualità dell'aria e la ventilazione dei cortili; l'aria sale ed il movimento d'aria desiderato è di nuovo generato.

La ventilazione ad effetto camino negli atri assiste la ventilazione naturale in tutti gli uffici. In realtà, gli uffici hanno finestre ad apertura manuale sulle parti superiore ed inferiore della facciata. L'aria è ricambiata attraverso la convezione, dalle finestre inferiori a quelle superiori.

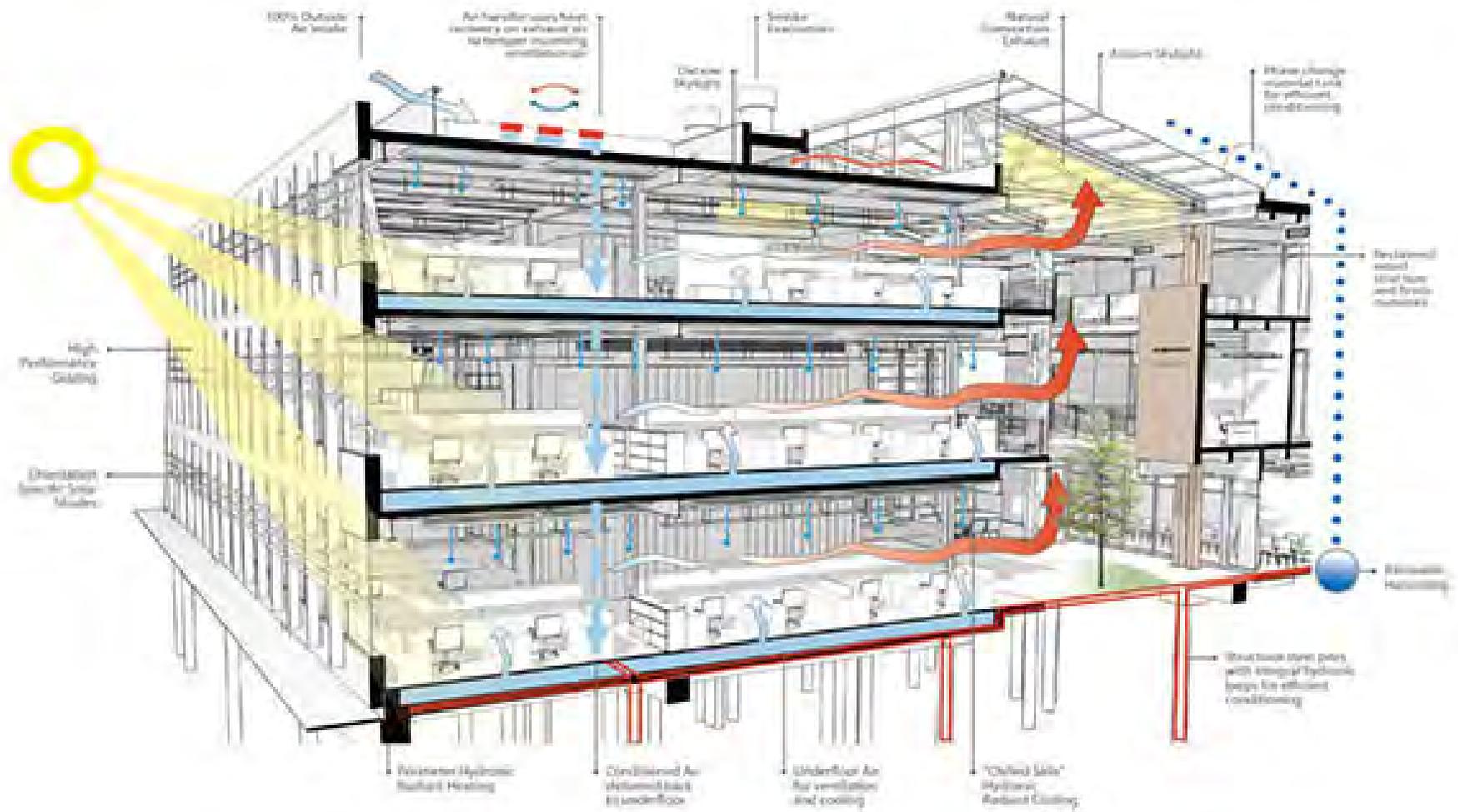
L'edificio ha anche facciate doppie ventilate sui lati nord e sud e l'alimentazione di aria esterna dipende dai livelli di occupazione.





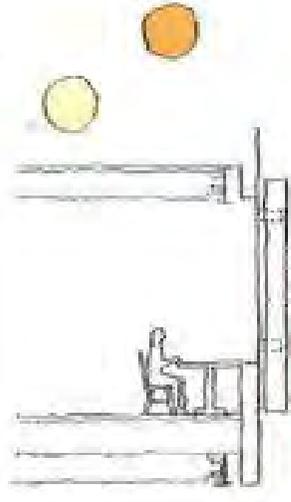
Federal Centre South Building, Seattle



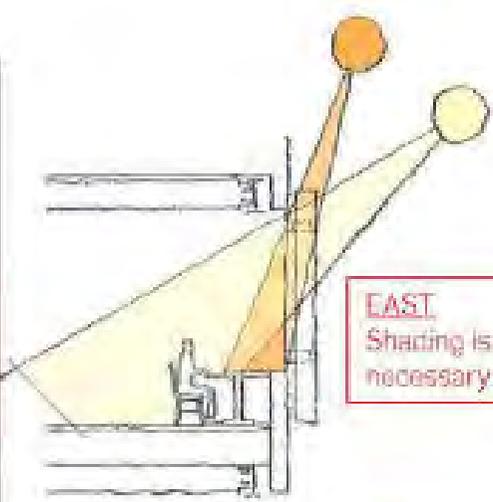




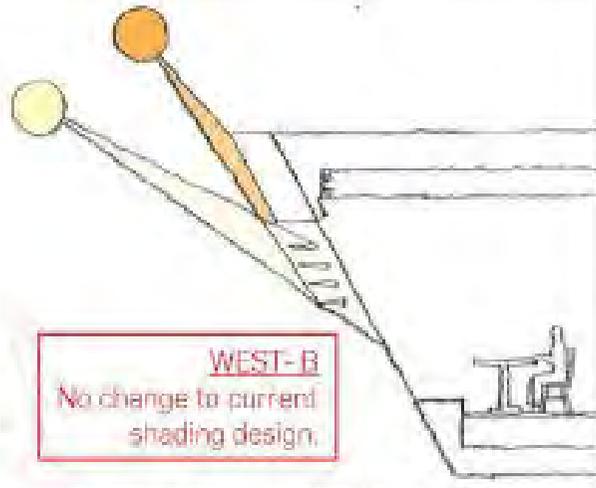
WEST-A
No change to current shading design.



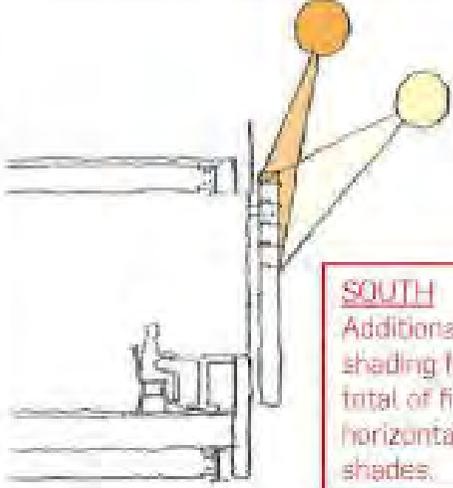
NORTH
No change to current shading design.



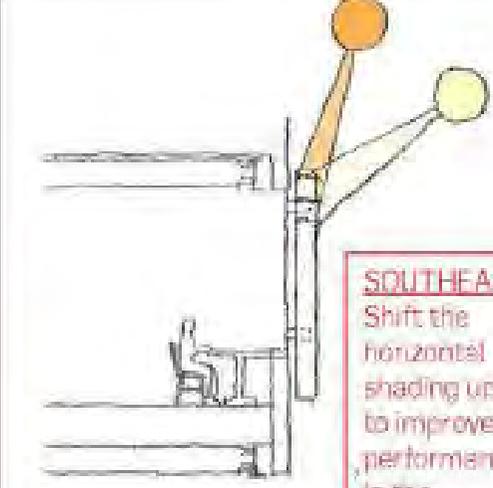
EAST
Shading isn't necessary.



WEST-B
No change to current shading design.



SOUTH
Additional shading for a total of five horizontal shades.



SOUTHEAST
Shift the horizontal shading up to improve performance in the afternoon.



[REDACTED]



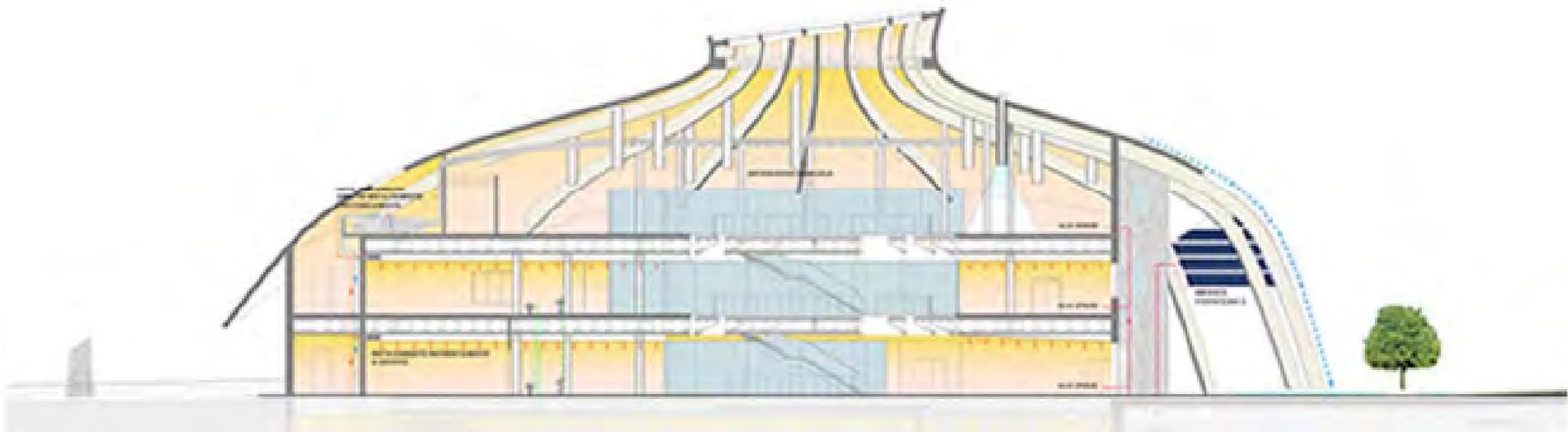
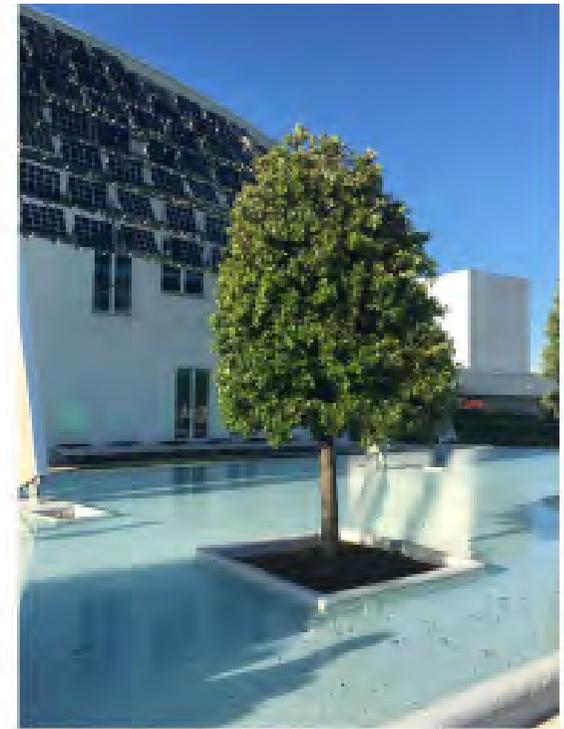


Kerakoll Greenlab – Studiobiòs Associati



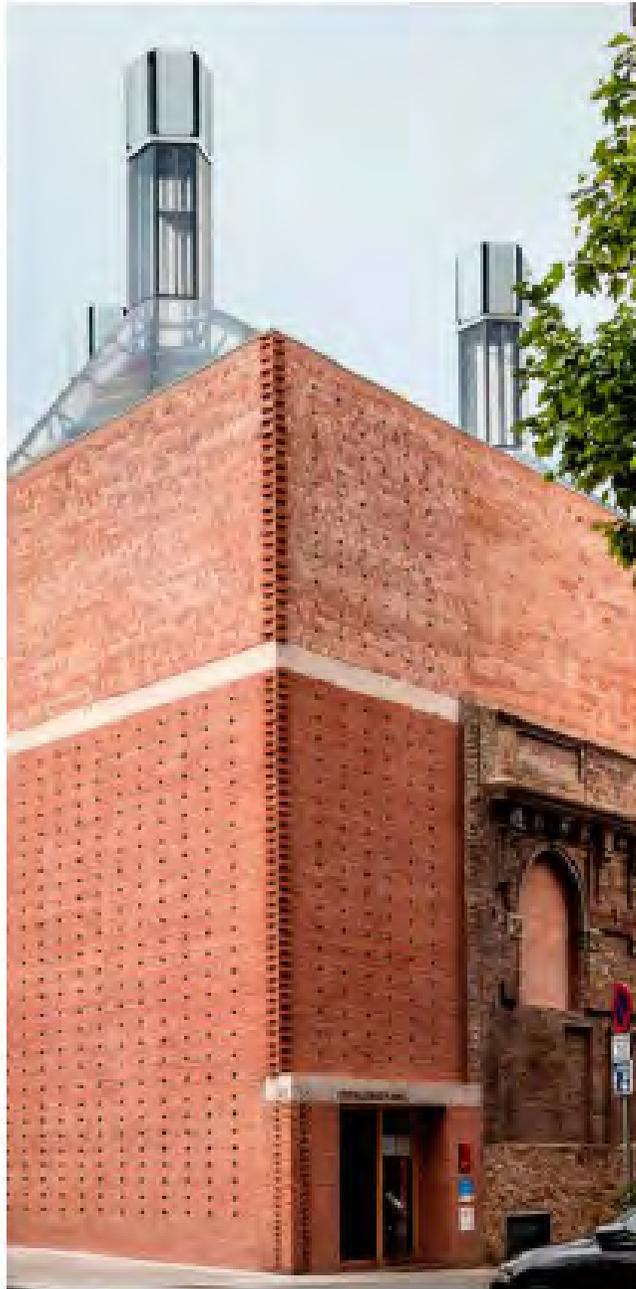


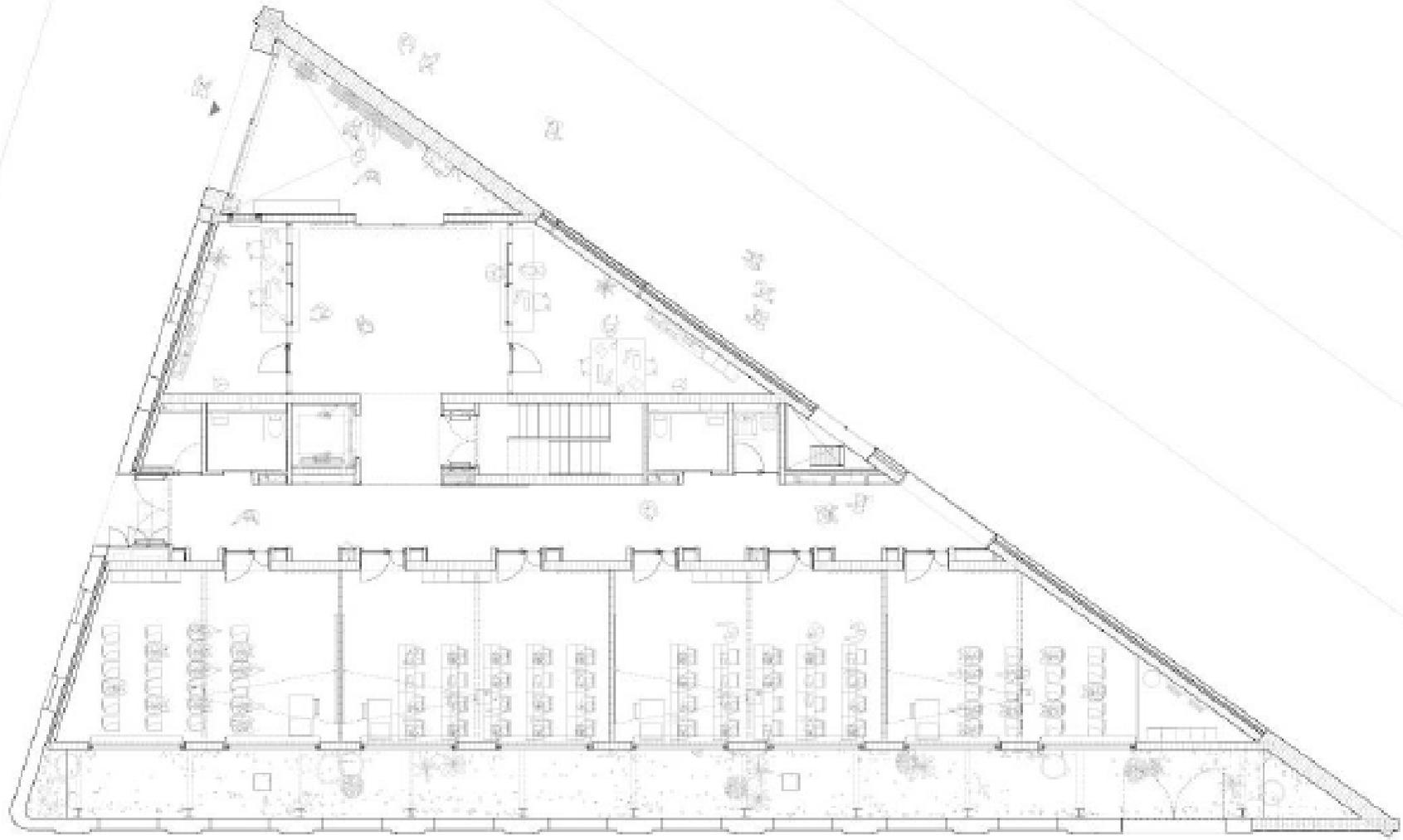






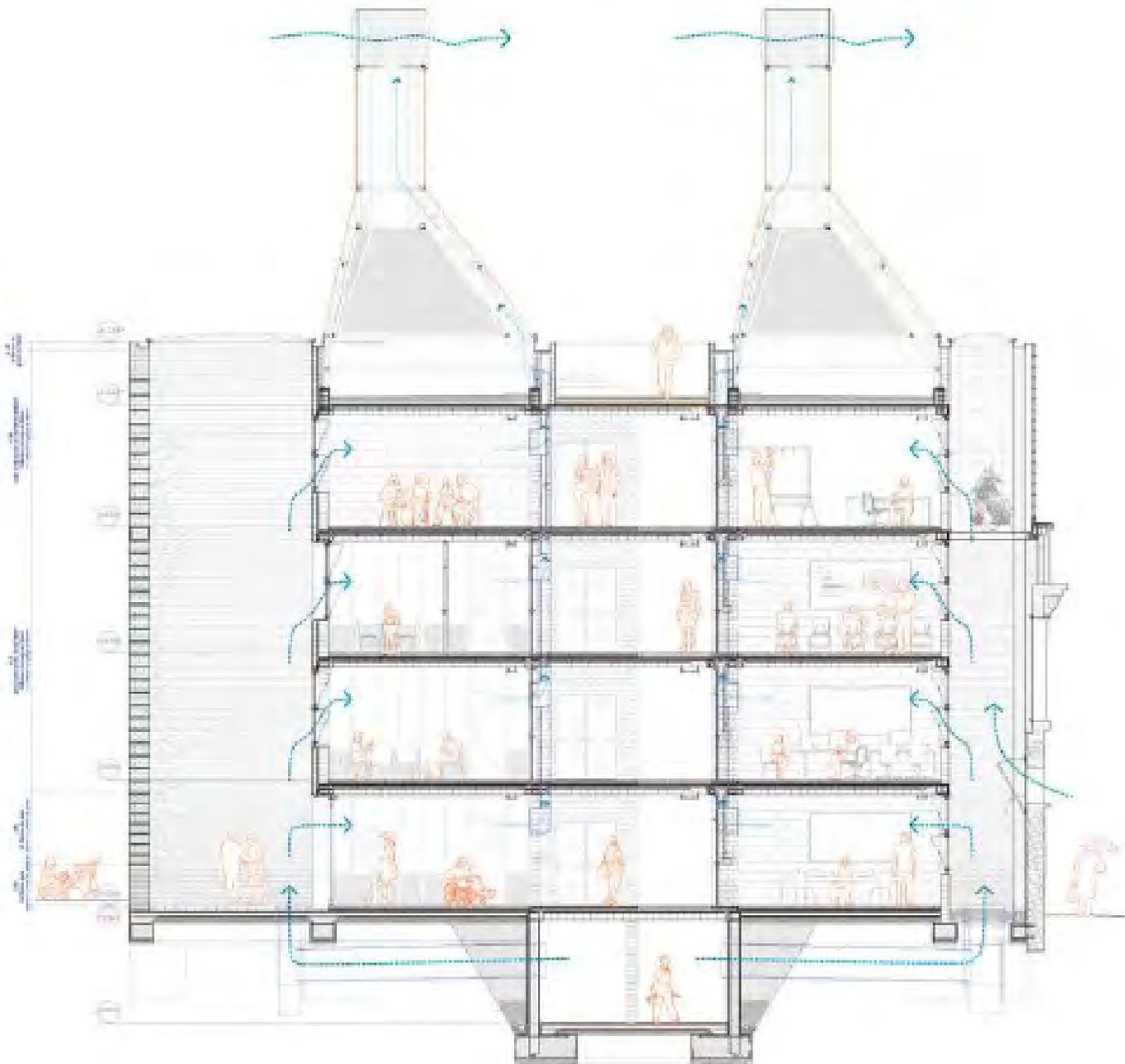
Centro civico Cristalerias Planell a Barcellona

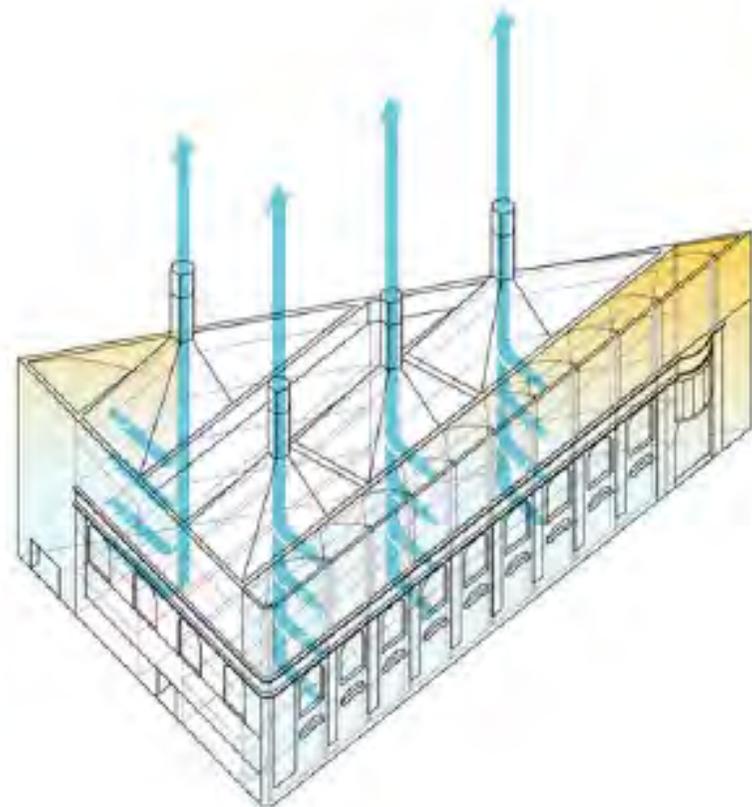
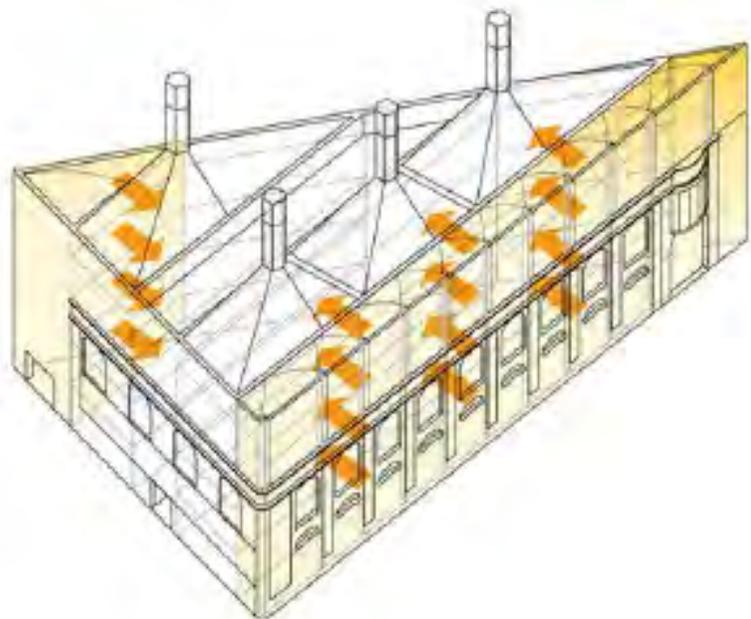




北

北









Testi riguardanti l'approccio bioclimatico alla progettazione

Olgyay V., *Progettare con il clima, Un approccio bioclimatico al regionalismo architettonico*, Franco Muzzio, Padova 1980

Mazria E., *Sistemi solari passivi*, Franco Muzzio Editore, 1990

Toni M., *Qualità involucro, contributo attorno ai problemi del comfort abitativo*, Pitagora, Bologna, 1990

Benedetti C., *Manuale di architettura bioclimatica*, Maggioli, Rimini, 1994

Francese D., *Architettura Bioclimatica*, UTET, 1996

Wienke U., *Manuale di bioedilizia*, Dei Tipografia del Genio Civile, Roma, 2007

Lantschner Norbert, *La mia Casa Clima.*, Ed. Raetia, 2009

Conato Fabio, Frighi Valentina, *Metodi della progettazione ambientale. Approccio integrato multiscala per la verifica prestazionale del progetto di architettura*, Franco Angeli, 2016

Testi riguardanti involucro e tecnologie costruttive specifiche

Casini Marco, *Smart building. Involucro 2.0*, Dei, Roma, 2017

Nilesh Y. jadhav, *Green and smart buildings: advanced technology options*, Springer, 2016

Rava P., *Tecniche Costruttive per l'efficienza energetica e la sostenibilità*, Maggioli, Rimini, 2007

Sasso U., *Isolanti si, isolanti no*, Alinea, Firenze 2003

Tucci F., *Involucro ben temperato. Efficienza energetica ed ecologica in architettura attraverso la pelle degli edifici*, Alinea, Firenze, 2006

Bazzocchi F. (a cura di), *Facciate ventilate. Architettura. prestazioni e tecnologia*, Alinea, Firenze, 2003

Compagno A., *Intelligent glass facades*, Birkhauser, Berlin, 1999

Coppa A., *Facciate a secco*, Motta Editore, Milano, 2006

Brunoro S., *Efficienza energetica delle facciate. Standard-requisiti-esempi per l'adeguamento e la riqualificazione architettonica*, Maggioli, Rimini, 2006

Akasamija A., *Sustainable Façades: Design Methods for High-Performance Building Envelopes*, Wiley, 2013

Conato Fabio, Cinti Simona, *Architettura e Involucro*, Be-Ma editrice, 2012

Cascella Pasquale, *Involucro bioclimatico e solare*, Hoepli, 2008

Fabrizio Tucci, *Involucro, clima, energia. Qualità bioclimatica ed efficienza energetica in architettura nel progetto tecnologico ambientale*, Ed. Altralinea, 2014

Oesterle, Lieb, Lutz, Heusler, *Double-Skin Facades: Integrated Planning. Building Physics, Construction, Aerophysics, Air-conditioning, Economic Viability*. Munich: Prestel, 2001

Agnoli Stefano, Zinzi Michele, *Involucro trasparente ed efficienza energetica : tecnologie, prestazioni e controllo ambientale*, Flaccovio Editore, 2013

D'Olimpio Domenico, *Il retrofitting energetico e bioclimatico nella riqualificazione edilizia. Tecnologie e soluzioni tecniche per il miglioramento della prestazione energetico-ambientale degli edifici*, Ed. legislazione Tecnica, 2017

Tecnologie solari attive e passive

Mc Cullagh J.C. , *Il libro delle serre solari*, Franco Muzzio ed., Padova, 1979

Anderson B., *Energia solare: manuale di progettazione*, F. Muzzio, Padova, 1980

Calderaro V., *Architettura solare passiva: manuale di progettazione*, Kappa, Roma, 1981

Mazria E., *Sistemi solari passivi*, Franco Muzzio ed., Padova, 1982

Aste N., *Il fotovoltaico in architettura – l'integrazione dei sistemi a energia solare negli edifici*, Esselibri, Napoli, 2002 (Edizione aggiornata 2005)

Zappone C., *La Serra Solare, Criteri di progettazione e risparmio energetico - Architettura, funzionamento, materiali*, Esselibri, Napoli, 2005

Groppi F., *Il fotovoltaico per tutti. Manuale pratico per esperti e meno esperti*, Ed. Delfino, 2006

Gross, o Mario *Il raffrescamento passivo degli edifici*, Maggioli, Rimini, 1997

AA.VV., *Normativa sul fotovoltaico e sulle fonti energetiche rinnovabili*, Dei Tipografia del Genio Civile, Roma, 2006

Magrini A., Ena D., *Tecnologie solari attive e passive*, EPC libri, Roma, 2007

Cascella P., *Involucro bioclimatico e solare*, Chandra, 2010

Schermature solari

Benedetti C., *Manuale di Architettura Bioclimatica*, Maggioli, Rimini, 1996

Sala M. (a cura di), *Schermature Solari*, Alinea, Firenze, 2000

Torricelli M.C., Sala M., Secchi S., *La luce del giorno*, Alinea, Firenze, 2002

Mottura G., Pennisi A., *Progettare sistemi di protezione solare degli edifici*, Maggioli, Rimini, 2006

Tucci, F., *Involucro ben temperato*, Alinea, Firenze, 2006

BIBLIOGRAFIA