

# PROGETTO BIOCLIMA



In collaborazione con



## Progetto Bioclima

Introduzione pag. 3

### **CONCETTI GENERALI**

#### **Il rapporto “uomo - ambiente interno”**

Il comfort termico pag. 4  
La salubrità degli ambienti confinati pag. 4

#### **Il rapporto “edificio - ambiente esterno”**

La geometria solare pag. 6  
La distribuzione degli spazi interni pag. 7  
Le strategie progettuali pag. 7

#### **La stagione invernale**

Il riscaldamento degli edifici pag. 9  
Il contenimento dei disperdimenti energetici pag. 9  
L'inerzia termica pag. 10  
L'inerzia termica nella stagione invernale pag. 10  
I dispositivi per la captazione solare pag. 11  
La ventilazione pag. 11

#### **La stagione estiva**

Il raffrescamento passivo degli edifici pag. 12  
I sistemi di controllo solare pag. 12  
La ventilazione naturale pag. 13  
L'inerzia termica nella stagione estiva pag. 14  
Check list: aspetti della progettazione bioclimatica pag. 15

### **CRITERI DI DIMENSIONAMENTO**

#### **Il rapporto “Uomo-Ambiente interno”**

Temperatura dell'aria e delle pareti pag. 16  
Salubrità e ricambi d'aria pag. 16

#### **Il rapporto “Edificio-Ambiente esterno”**

L'edificio e la zona climatica pag. 17

#### **La stagione invernale**

Contenimento dei disperdimenti energetici pag. 18  
Riscaldamento passivo pag. 20  
Captazione ed accumulo degli apporti gratuiti pag. 23

#### **La stagione estiva**

Il controllo solare e la protezione dal surriscaldamento pag. 24  
Diagrammi solari pag. 25  
Maschere di ombreggiamento pag. 27  
L'inerzia termica pag. 29

### **IL LECABLOCCO BIOCLIMA**

Il Leca e il Lecablocco Bioclima pag. 30  
Le prestazioni del Lecablocco Bioclima pag. 31  
Le caratteristiche del Lecablocco Bioclima pag. 32  
Pareti con Lecablocchi Bioclima pag. 34

### **ESEMPI PROGETTUALI**

Esempio n° 1 - Villette a schiera ad uso residenziale a Milano pag. 36  
Esempio n° 2 - Villette a schiera ad uso residenziale a Roma pag. 41  
Appendice pag. 46  
Bibliografia essenziale pag. 47

# Introduzione

La progettazione bioclimatica affronta sia gli aspetti progettuali più propriamente architettonici, quali la forma e l'orientamento dell'edificio, che quelli tecnologici, quali la definizione delle soluzioni tecniche e la scelta dei materiali, in relazione al rapporto esistente tra uomo ed ambiente interno e quello tra edificio ed ambiente esterno (Figura 1). L'involucro dell'edificio non è più inteso come semplice chiusura ma come elemento di mediazione tra l'ambiente esterno e quello interno.

Considerando che attualmente le persone trascorrono la maggior parte della loro giornata all'interno di un edificio è evidente che le scelte architettoniche e tecnologiche non solo influiscono sull'efficienza energetica degli edifici ma anche sulla salubrità degli ambienti interni. In particolare a livello progettuale è importante che siano affrontate accuratamente le problematiche relative alla qualità dell'aria.

Le sempre maggiori richieste di qualità<sup>1</sup> da parte degli utenti e della società in genere, la limitazione dello sfruttamento delle fonti di energia non rinnovabile e le richieste di igiene e salubrità costituiscono valenze progettuali che non possono essere ulteriormente ignorate e neppure intese come limitazioni, ma come opportunità per riconfigurare la stessa ideazione formale oltre che tecnologica degli edifici.

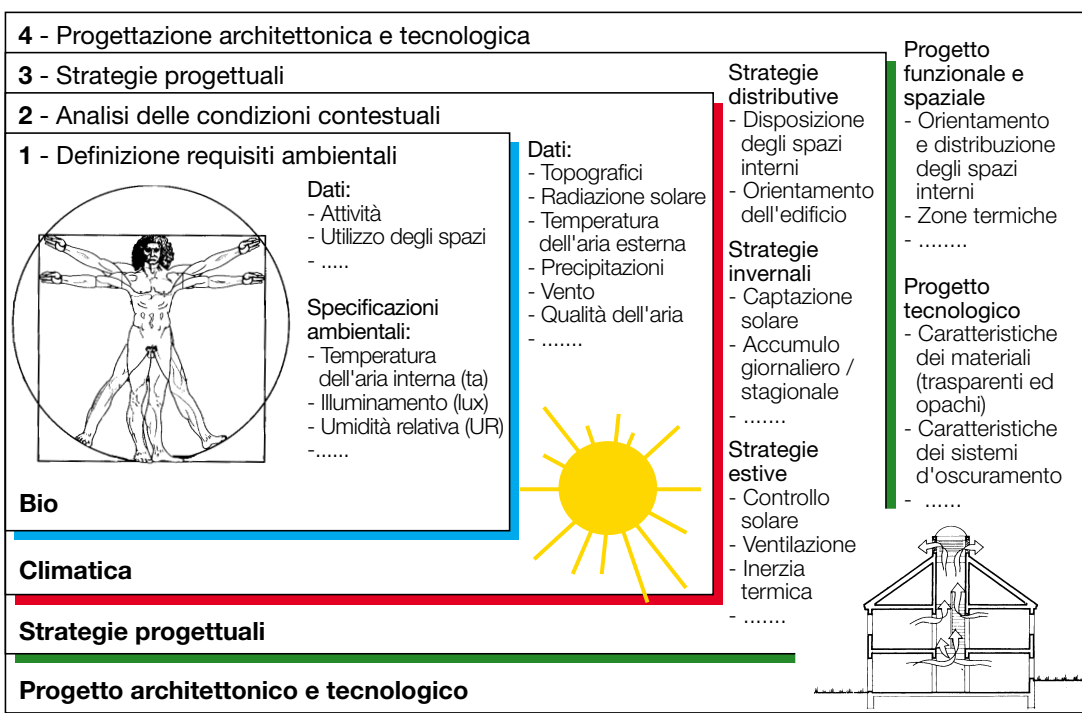
In Italia il riconoscimento dell'importanza dell'utilizzo delle energie alternative è stato

recepito anche dal punto di vista legislativo con la promulgazione della legge N°10 del 91, che è un riferimento fondamentale per quanto riguarda le problematiche energetiche nel campo civile.

L'applicazione della legge, anche se attualmente mancano ancora alcuni decreti attuativi, darà luogo ad una sorta di certificazione energetica che dovrebbe accompagnare ogni fase della vita del bene immobiliare<sup>2</sup>. Nel panorama legislativo e normativo, tuttavia, è ancora insufficiente l'attenzione ai consumi energetici degli edifici nella stagione estiva, dato che l'attuale tendenza di mercato è caratterizzata da un forte incremento della quantità d'energia utilizzata a tale fine.

Per quanto riguarda i prodotti, a livello Europeo è stata emanata una direttiva (89/106), recepita dall'Italia con il DPR n.246 del 21.4.93, che definisce i requisiti essenziali che devono avere le costruzioni nella CEE. Tali requisiti influenzano le caratteristiche dei materiali che dovranno rispondere a precise normative tecniche. Tra i requisiti fondamentali, oltre a quelli di resistenza meccanica, sicurezza in caso d'incendio, sicurezza nell'impiego, durabilità e protezione contro il rumore, vengono anche contemplati quelli di "Igiene, Salute ed Ambiente" nonché quello del "Risparmio energetico", che costituiscono gli aspetti fondamentali della progettazione "bioclimatica".

*Le sempre maggiori richieste di qualità, la limitazione dello sfruttamento delle fonti di energia non rinnovabile e le richieste di igiene e salubrità costituiscono valenze progettuali che non possono essere ulteriormente ignorate e neppure intese come limitazioni, ma come opportunità per riconfigurare la stessa ideazione formale oltre che tecnologica degli edifici.*



**Figura 1**  
La progettazione "bioclimatica": esemplificazione

**Note**

1) Qualità è l'insieme delle caratteristiche di una entità che conferiscono ad essa la capacità di soddisfare esigenze espresse o implicite (UNI EN 28402)

2) L'art. 30 della legge prescrive la "certificazione energetica degli edifici" demandando le modalità per tale certificazione ad un Decreto del Ministero dell'Industria, peraltro non ancora emanato. La "Certificazione energetica" dovrà fare parte della documentazione nei casi di compravendita o locazione dell'edificio, o unità immobiliare.

## Il rapporto “uomo-ambiente interno”

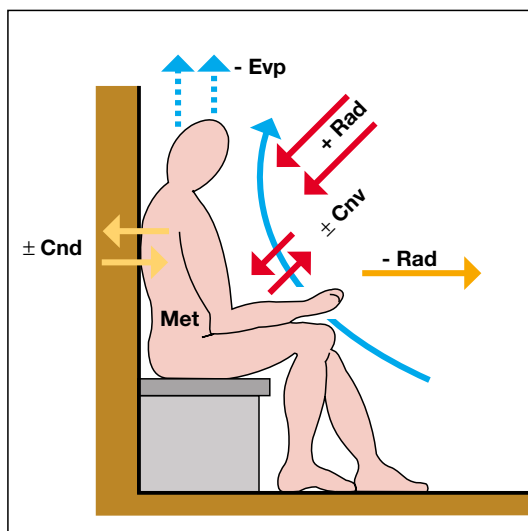
... le condizioni di comfort termico non dipendono solo dalla temperatura dell'aria...  
 ... in inverno è possibile ottenere situazioni di comfort con temperature dell'aria inferiori ai 20°C se le temperature superficiali delle pareti aumentano; in estate è possibile sopportare una temperatura dell'aria superiore ai 26°C se c'è una leggera ventilazione e le pareti non hanno temperature superiori all'aria.

**Figura 2**  
 Meccanismi di scambio termico uomo-ambiente (Fonte [3])  
 Met= metabolismo (basale - muscolare)  
 Cnd = conduzione (contatto)  
 Cnv = convezione (con aria)  
 Rad = radiativo (con corpi senza contatto)  
 Evp = Evaporazione

**Note**  
 1) I parametri generalmente valutati per definire le condizioni di comfort di un ambiente tengono solamente conto delle caratteristiche fisiologiche del corpo umano trascurando quelle psicologiche perchè di difficilissima valutazione. Tuttavia si possono dimostrare gli effetti negativi sulla salute psicofisica degli utenti di ambienti in cui tutti i parametri influenzanti il comfort erano completamente controllati impiantisticamente rispetto ad altri in cui l'utente poteva variare i parametri climatici interni e percepire l'ambiente esterno.

### Il comfort termico

Lo stato di benessere del corpo umano è legato all'omeotermia, cioè alla possibilità di mantenere una temperatura costante. I parametri che influenzano il bilancio termico del corpo umano sono collegati alle caratteristiche individuali degli utenti (metabolismo, vestiario e temperatura della pelle) e alle caratteristiche dell'ambiente interno (temperatura dell'aria, temperatura delle superfici interne alla stanza, umidità relativa e velocità dell'aria)<sup>1</sup>. È importante sottolineare che le condizioni di comfort termico non dipendono solo dalla temperatura dell'aria. L'interrelazione delle sette variabili sopra citate può determinare, entro certi limiti, differenti condizioni di comfort termico. Ad esempio in inverno è possibile ottenere situazioni di comfort con temperature dell'aria inferiori ai 20°C se le temperature superficiali delle pareti (temperatura radiante) aumentano; in estate è possibile sopportare una temperatura dell'aria superiore ai 26°C se c'è una leggera ventilazione e le pareti non hanno temperature superiori all'aria. Tuttavia i diversi parametri possono variare entro limiti abbastanza ristretti. Con recenti studi si è indagata l'interrelazione tra i diversi parametri definendo una serie di indici (temperatura effettiva [ASHRAE], PMV [ISO-Fanger]) che possono essere utilizzati per valutare le caratteristiche microclimatiche di una stanza.



### La salubrità degli ambienti confinati

Alcune sintomatologie di malessere, quali ad esempio irritazione delle mucose, secchezza della pelle, mal di testa, mancanza di concentrazione, oppure malattie, quali la Legionella e la febbre di Pontiac possono essere ricondotte direttamente alla presenza d'inquinanti all'interno degli ambienti. Nella maggior parte dei casi, la sensazione di malessere che si prova all'interno di un ambiente non è imputabile ad un solo fattore, o agente inquinante, ma a diversi, la cui azione contemporanea ha un'influenza negativa sull'organismo.

La presenza di materiali in grado di rilasciare sostanze nocive e l'assenza di adeguata ventilazione sono le cause più comuni di insalubrità degli edifici, per cui è indispensabile che i materiali utilizzati nella costruzione siano testati per quanto riguarda le emissioni di sostanze inquinanti. Considerando che l'aria è il mezzo fondamentale di trasporto degli inquinanti all'interno di un edificio, il problema della salubrità degli ambienti viene generalmente ricondotto a quello della qualità dell'aria. Le strategie percorribili per garantire un'accettabile qualità dell'aria all'interno di un ambiente sono (Tabella 1):

- Controllo delle sorgenti, con la scelta di luoghi e materiali non in grado di rilasciare sostanze nocive;
- Controllo della concentrazione degli inquinanti attraverso opportuni tassi di ventilazione.

## Il rapporto “uomo-ambiente interno”

Le problematiche relative alla salubrità degli ambienti confinati si sono aggravate negli ultimi anni a causa dei materiali “innovativi”, derivanti dall’industria chimica, utilizzati in modo non appropriato e per l’erronea interpretazione delle leggi sui consumi energetici che hanno portato ad una diminuzione dei tassi di ventilazione. È importante sottolineare che anche l’utilizzo di materiali derivanti dalla tradizione non necessariamente esula da problematiche correlate alla salubrità.

Ad esempio alcuni materiali lapidei, come i graniti, oppure certi tipi di tufo possono essere sorgenti di radon così come il legno può essere soggetto a muffe e quindi a trattamenti chimici.

I problemi relativi alla salubrità degli ambienti confinati, al comfort ed ai consumi energetici non possono essere affrontati separatamente ma devono costituire degli input fondamentali, insieme agli altri aspetti (acustica, illuminazione etc, che in questa sede non vengono affrontati), della progettazione intesa come processo decisionale che ha come scopo la qualità edilizia.

*La presenza di materiali in grado di rilasciare sostanze nocive e l’assenza di adeguata ventilazione sono le cause più comuni di insalubrità degli edifici, per cui è indispensabile che i materiali utilizzati nella costruzione siano testati per quanto riguarda le emissioni di sostanze inquinanti.*

Inquinanti	Natura/Sorgente	Effetti sulla salute	Modalità di controllo
Radon	Gas radioattivo proveniente dal sottosuolo o dai materiali contenuti all’interno dell’abitazione	Nocivi a lungo termine (cancro ai polmoni)	Evitare infiltrazioni all’interno dell’edificio dal sottosuolo (sigillatura e ventilazione); Non utilizzare materiali che emettono Radon
Gas emessi da materiali di riporto/discariche	Gas emessi da materiali organici presenti nelle discariche	Nocivi di tipo acuto (afasia ed esplosioni)	Evitare infiltrazioni e ristagno dei gas (sigillatura e ventilazione)
Prodotti da combustione	Prodotti da combustioni incomplete	Nocivi di tipo acuto (afasia da CO o tossici NO <sub>2</sub> )	Evitare o ridurre le fonti d’inquinamento ed in ogni caso provvedere ad una adeguata manutenzione del sistema di ventilazione e di evacuazione dei gas
Fumo Tabacco (ETS)	Consumo di tabacco	Nocivi di tipo acuto (irritazione delle mucose)	Confinamento degli inquinanti ed alti tassi di ventilazione
Formaldeide	Gas irritante derivante da resine sintetiche (isolanti e mobili)	Nocivi di tipo acuto (irritazione agli occhi ed all’apparato respiratorio)	Controllo delle fonti inquinanti e ventilazione
Composti Organici Volatili (VOC)	Composti organici emessi da esseri umani e dai materiali	Nocivi di tipo acuto (infiammazione della pelle e delle mucose)	Controllo delle fonti inquinanti e ventilazione
Gas metabolici	CO <sub>2</sub> ed altri bioeffluenti da metabolismo	Qualità dell’aria (odori)	Ventilazione
Umidità	Attività umana o processi interni all’edificio	Nocivi di tipo acuto (allergie da muffe) aumento delle emissioni da formaldeide	Controllo delle fonti inquinanti e ventilazione
Microorganismi	Batteri, virus, funghi	Nocivi di tipo acuto (malattie, irritazione)	Controllo del livello di umidità

**Tabella 1**  
*Agenti inquinanti presenti negli ambienti confinati, loro effetti e modalità di controllo [Fonte 14]*

**Note**  
*Sul tema della salubrità ambientale l’ANPEL ha pubblicato l’opuscolo TECNOANPEL 16.*

# Il rapporto "edificio-ambiente esterno"

... l'irraggiamento solare può contribuire sensibilmente al fabbisogno energetico invernale ed aggravare i carichi estivi, perciò è molto importante considerare attentamente il rapporto edificio - sole nel corso dell'anno.

## La geometria solare

Il fabbisogno energetico degli edifici dipende dalle caratteristiche climatiche (temperatura e velocità dell'aria ed irraggiamento); considerando che l'irraggiamento solare può contribuire sensibilmente al fabbisogno energetico invernale ed aggravare i carichi estivi, è molto importante considerare attentamente il rapporto edificio-sole nel corso dell'anno. L'analisi della geometria solare (Figura 3) mostra come durante i mesi invernali, il sole assume un'altezza sull'orizzonte inferiore rispetto al periodo estivo ed il suo percorso giornaliero è più corto. La massima altezza sull'orizzonte il sole la raggiunge nel mezzogiorno del solstizio estivo (21 giugno) mentre la più bassa nel solstizio invernale (21 dicembre).

Nei solstizi l'altezza del sole sull'orizzonte (A) varia in relazione alla latitudine (L); può essere calcolata con le relazioni:

Solstizio invernale:  $A = 90^\circ - L - 23^\circ 27'$

Solstizio estivo:  $A = 90^\circ - L + 23^\circ 27'$

- La distribuzione dell'energia solare sulle superfici di un edificio, verticali ed orizzontali, risente della geometria solare. In generale per quanto riguarda l'Italia è possibile affermare che (Figura 4):

- La superficie verticale sud riceve più energia nei mesi invernali rispetto a quelli estivi.
- La superficie orizzontale riceve più energia nei mesi estivi rispetto a quelli invernali.
- Le superfici verticali est ed ovest ricevono più energia nei mesi estivi rispetto a quelli invernali ma meno delle superfici orizzontali.
- La superficie verticale nord non riceve energia nel periodo invernale e poca nel

periodo estivo. L'analisi della distribuzione dell'energia sulle diverse superfici evidenzia che per sfruttare adeguatamente l'energia solare nei mesi invernali è necessario avere edifici con molte superfici rivolte a sud. Per quanto riguarda invece il contenimento dei carichi estivi è indispensabile proteggere dalla radiazione solare le superfici orizzontali oltre a quelle orientate ad est ed ovest dato che hanno il sole ad incidenza orizzontale.

Latitudine di alcune città Italiane:

Bolzano 46°29';

Milano 45°27';

Roma 41°53';

Palermo 38°07'

La norma UNI 10349 "Dati climatici" riporta la latitudine di tutte le città capoluogo di provincia.

Figura 3 Geometria solare

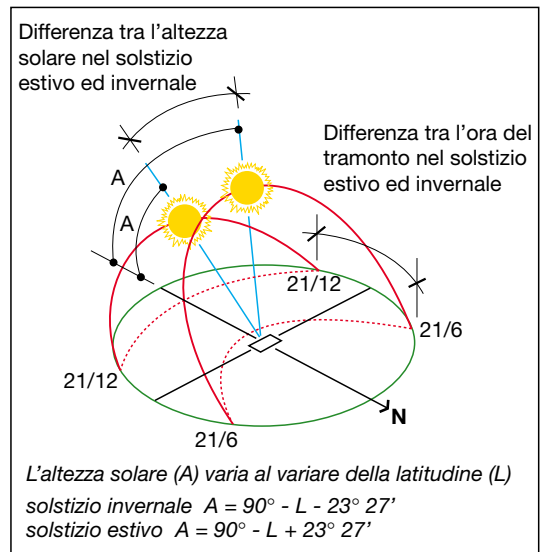
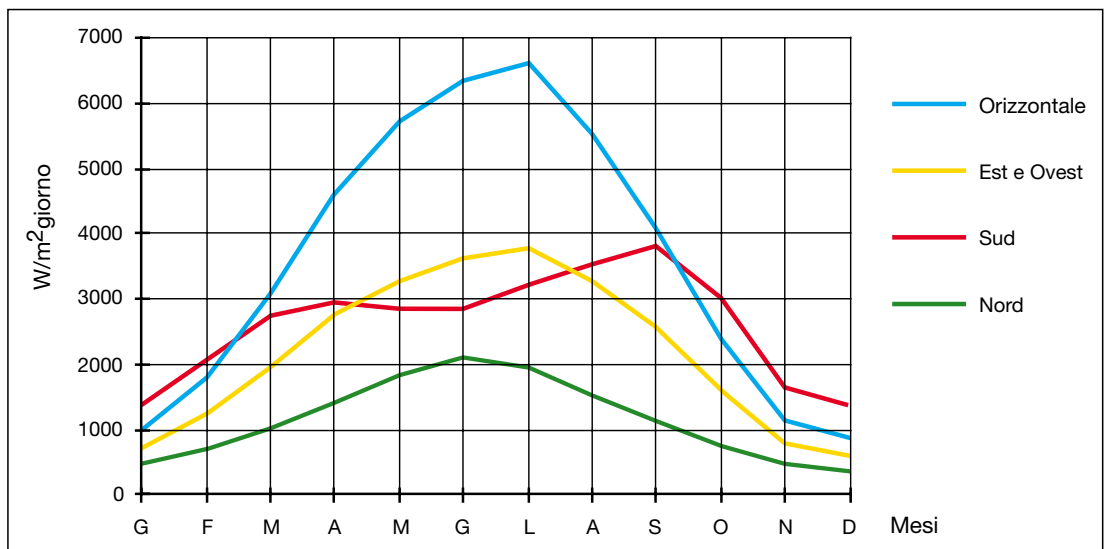


Figura 4 Radiazione globale giornaliera incidente su superfici diversamente orientate (Latitudine 42°25')



# Il rapporto "edificio-ambiente esterno"

## La distribuzione degli spazi interni

Anche la distribuzione degli spazi interni deve considerare sia come l'energia solare si distribuisce durante la giornata sia come e quando le attività si svolgono all'interno dell'edificio. Gli spazi con attività che hanno maggiori esigenze di comfort (zone giorno) devono essere posizionati sul lato più soleggiato, mentre i servizi, corridoi, garage, lavanderie, ripostigli, possono essere disposti a nord; essi serviranno così da spazio cuscinetto tra gli spazi riscaldati ed il lato nord. Le stanze da letto saranno situate sui lati est e sud-est. Ad ovest si possono ubicare servizi e studi (Figura 5 e 6).

Naturalmente è necessario prevenire il pericolo di surriscaldamento estivo dei locali situati sul lato sud ed ovest; adeguate protezioni si possono realizzare mediante schermi fissi, o mobili, davanti alle finestre, dimensionati in modo da ombreggiare d'estate e lasciar entrare il sole in inverno.

	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Camera letto	◆	◆	◆	◆	◆	◆		
Soggiorno				◆	◆	◆	◆	
Pranzo			◆	◆	◆	◆	◆	
Cucina			◆	◆	◆	◆		
Libreria	◆	◆	◆					◆
Lavanderia	◆	◆						◆
Bagni	◆	◆	◆					◆
Garages	◆	◆	◆					◆
Laboratorio	◆	◆	◆					◆
Terrazze			◆	◆	◆	◆	◆	
Portici			◆	◆	◆	◆		
Serre			◆	◆	◆	◆		

## Le strategie progettuali

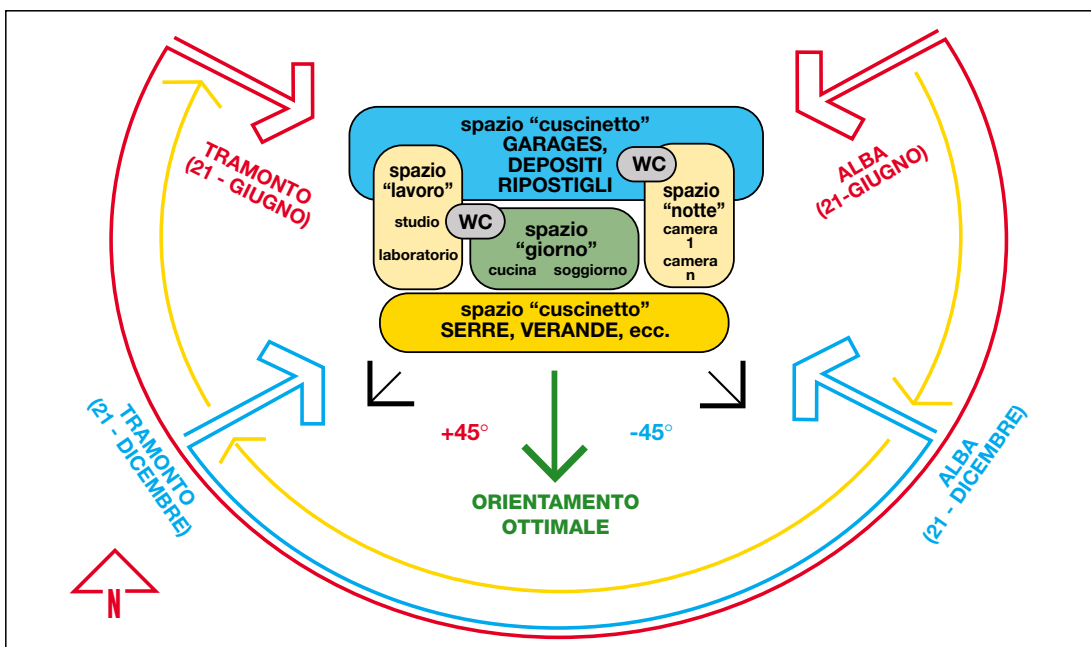
Per quanto riguarda le problematiche energetiche si possono seguire essenzialmente due logiche progettuali.

La prima, che possiamo definire di tipo conservativo, attribuisce all'involucro la funzione fondamentale di isolare lo spazio interno da quello esterno e delega il mantenimento delle condizioni di comfort interno all'impianto. L'ambiente esterno influisce solo sul grado di isolamento da apportare ma non sull'urbanizzazione dell'oggetto edilizio, sulla genesi della forma, sulla distribuzione degli spazi interni, sulla distribuzione delle masse, delle superfici trasparenti, etc; ogni intervento edilizio può essere considerato come indipendente dall'ambiente che lo circonda se non per il grado d'isolamento termico da applicare.

La seconda, che possiamo definire di tipo captativo, è volta a "guadagnare di più" ed è propria dei sistemi solari passivi i quali conferiscono all'edificio la capacità di modulare le perturbazioni esterne che sono caratterizzate da una variabilità che va dalla scala giornaliera a quella stagionale. In quest'ottica la funzione fondamentale dell'involucro è quella di mediare le condizioni climatiche esterne, mentre l'impianto non viene più considerato come indispensabile per mantenere le condizioni di comfort interne ma come "ausiliario", cioè necessario solo quando il sistema involucro non è più in grado di garantire il comfort interno.

*Gli spazi con attività che hanno maggiori esigenze di comfort (zone giorno) devono essere posizionati sul lato più soleggiato, mentre i servizi, corridoi, garage, lavanderie, ripostigli, possono essere disposti a nord.*

**Figura 5**  
Orientamenti ottimali per le stanze degli edifici residenziali.



**Figura 6**  
Gli spazi "cuscinetto" sono spazi non riscaldati che costituiscono degli spazi intermedi tra l'ambiente esterno e quello interno. La fruizione di questi spazi non è continua (solamente quando le condizioni climatiche esterne lo consentono). Le serre rappresentano un particolare tipo di spazio "cuscinetto" dato che se opportunamente orientate contribuiscono positivamente al fabbisogno energetico (apporti solari)

# Il rapporto "edificio-ambiente esterno"

... si possono seguire essenzialmente due logiche progettuali: la prima, che possiamo definire di tipo conservativo, attribuisce all'involucro la funzione fondamentale di isolare; la seconda, che possiamo definire di tipo captativo, è volta a "guadagnare di più" ed è propria dei sistemi solari passivi... Un metodo semplice per identificare le strategie percorribili per una determinata zona climatica è il diagramma Milne-Givoni

Il processo progettuale, quindi, non è più indipendente dalle condizioni contestuali ma ne è fortemente influenzato. L'opportunità di applicare una logica rispetto ad un'altra dipende fondamentalmente dall'analisi dei dati climatici. Un metodo semplice per identificare le strategie percorribili per una determinata zona climatica è il diagramma Milne-Givoni riportato in Figura 7.

Di seguito vengono affrontate le strategie progettuali più efficaci per i climi temperati tralasciando le altre. È importante sottolineare che le logiche progettuali da adottare durante la stagione "invernale" ed in quella "estiva" generalmente sottendono soluzioni contrastanti. Per poter coniugare i due aspetti è importante che l'edificio sia concepito come un sistema in grado di regolare i flussi energetici in modo dinamico, nel corso del giorno e dell'anno.

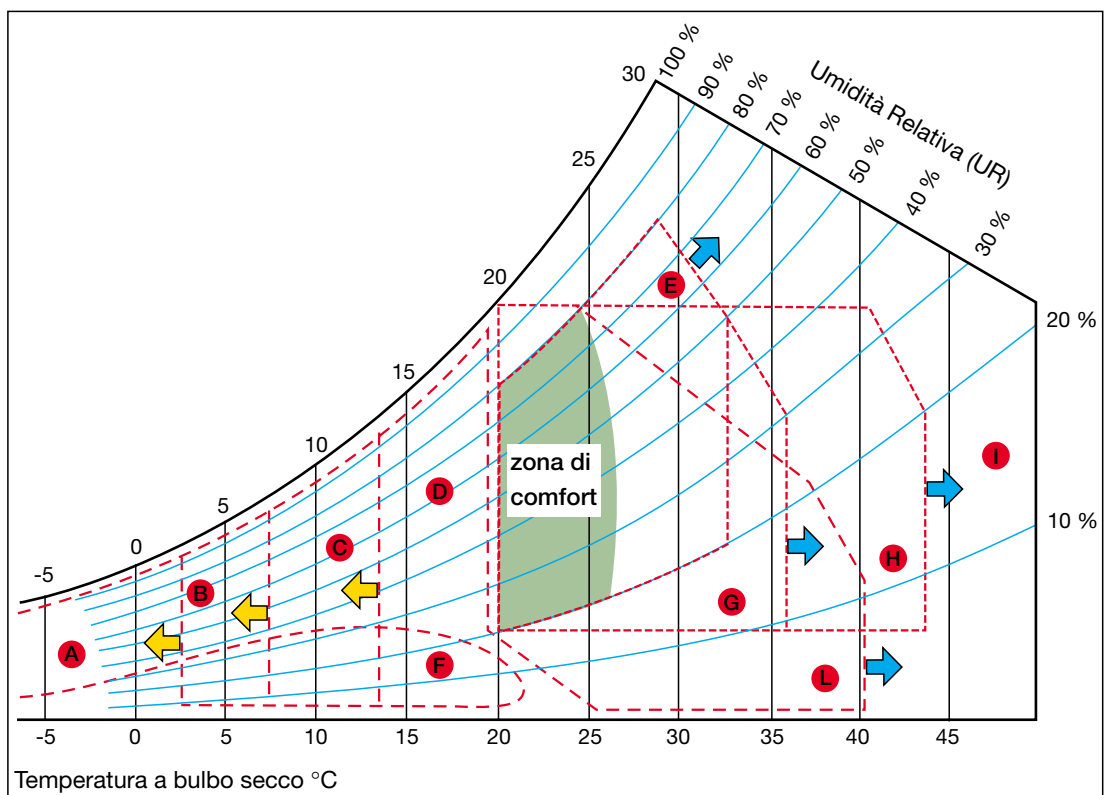


Figura 7  
Diagramma Psicometrico di Milne - Givoni

### Come utilizzare il diagramma psicometrico

Si riportano sul diagramma psicometrico i dati climatici della località in esame: temperatura media, minima e massima di ogni mese e umidità relativa (considerata costante per tutte e tre le temperature).

In relazione alla zona di appartenenza dei dati riportati sul diagramma è possibile individuare le strategie maggiormente efficaci per controllare le condizioni climatiche all'interno degli ambienti. Le strategie possono essere così esemplificate:

**Zona di comfort.** Non è necessaria alcuna strategia eccetto il prevenire il surriscaldamento nella stagione estiva attraverso opportuni sistemi d'oscuramento.

**Zona A: Riscaldamento convenzionale.** È indispensabile utilizzare un sistema di riscaldamento convenzionale; approccio di tipo prettamente conservativo.

**Zona B: Sistemi solari attivi.** Il fabbisogno energetico può essere efficacemente coperto attraverso l'utilizzo di collettori solari supportati da un impianto ausiliario.

**Zona C: Sistemi solari passivi.** Il guadagno diretto, indiretto, combinato ed un'opportuna attenzione ai disperdimenti energetici per ventilazione e conduzione possono supplire ai disperdimenti energetici. Approccio captativo.

**Zona D: Guadagni interni.** Le condizioni climatiche sono vicine a quelle di comfort per cui, se l'edificio è

correttamente coibentato, sono sufficienti i guadagni interni per supplire ai disperdimenti energetici.

**Zona E: Ventilazione.** Le condizioni di temperatura e di umidità relativa sono elevate per cui è possibile ottenere condizioni di comfort attraverso un'opportuna ventilazione. È comunque necessario controllare gli apporti solari.

**Zona F: Umidificazione e riscaldamento.** Le condizioni di umidità relativa sono bassissime, mentre quelle di temperatura sono prossime alle condizioni di comfort. È necessario umidificare l'aria.

**Zona G: Massa termica.** Le condizioni climatiche dei climi caldo secchi, che sono caratterizzati da un'elevata escursione giornaliera, possono essere sfruttate efficacemente attraverso l'utilizzo dell'inerzia termica dell'edificio ed altri sistemi passivi quali il raffreddamento radiativo.

**Zona H: Massa termica e Ventilazione.** I climi miti, come quello mediterraneo, necessitano un'adeguata massa, che smorzi l'onda termica incidente, ed una ventilazione notturna.

**Zona I: Aria Condizionata.** Le condizioni climatiche sono così lontane dalla condizione di comfort che è indispensabile un sistema di condizionamento. Approccio conservativo.

**Zona L: Raffreddamento evaporativo.** Le condizioni di caldo secco necessitano di sistemi di ventilazione.



# La stagione invernale

## Il riscaldamento degli edifici

Nella stagione invernale è necessario apportare energia all'interno dell'edificio, dato che la temperatura esterna è inferiore alla temperatura di comfort. L'energia può provenire o dall'impianto di riscaldamento oppure dagli apporti gratuiti (energia solare). In entrambi i casi non è solo importante che l'impianto sia efficiente dal punto di vista energetico ma che lo sia l'insieme edificio-impianto. Le caratteristiche d'isolamento termico, inerziali e di ventilazione influenzano in maniera determinante non solo il fabbisogno energetico invernale ma anche il comfort e la salubrità all'interno degli ambienti.

Per limitare il fabbisogno energetico e garantire condizioni di comfort e salubrità è necessario:

- Contenere i disperdimenti energetici.
- Ottimizzare l'inerzia termica.
- Captare l'energia solare.
- Ottimizzare la ventilazione.

## Contenimento dei disperdimenti energetici

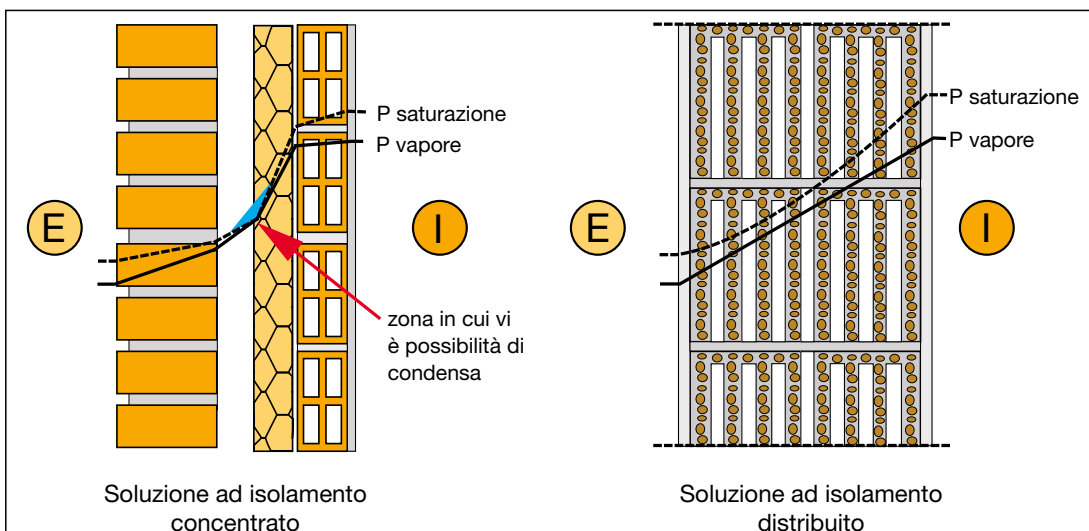
Per diminuire i disperdimenti energetici attraverso l'involucro è necessario utilizzare soluzioni che abbiano adeguate caratteristiche d'isolamento termico. Per le pareti opache è possibile sia adottare soluzioni ad isolamento concentrato, ad esempio utilizzando lastre di isolanti leggeri a bassa conduttività termica inserite all'interno della muratura, sia soluzioni ad isolamento distribuito, ad esempio utilizzando blocchi isolanti. L'utilizzo di soluzioni ad isolamento termico con-

centrato, tuttavia, pone dei problemi quali le possibili condensazioni interstiziali, che devono essere attentamente ponderati dal progettista. Nei casi in cui si abbiano problemi di condensa interstiziale, infatti, è generalmente necessario utilizzare barriere al vapore, che hanno la funzione di bloccare il passaggio di vapore attraverso la muratura, il che comporta che all'interno degli ambienti vi sono maggiori problematiche legate al controllo dell'umidità stessa. Un buon isolamento distribuito invece generalmente non comporta problematiche di condensazione interstiziale (Figura 8). L'aumento dell'isolamento termico delle chiusure non solo comporta vantaggi per quanto riguarda la salubrità e la diminuzione del fabbisogno energetico ma anche per quanto riguarda il comfort.

Maggiori temperature superficiali, infatti, diminuiscono gli scambi radiativi con le pareti all'interno dell'alloggio.

Per qualsiasi soluzione tecnica adottata è indispensabile progettare i dettagli in modo da eliminare o controllare i ponti termici, che influiscono negativamente sui disperdimenti energetici, ma ancor più sulle caratteristiche di salubrità e di comfort in quanto generano disuniformità delle temperature superficiali (deposito di polvere) e possibilità di condensazione superficiale (muffe e degrado delle superfici). Le disuniformità termiche delle superfici della chiusura dipendono non solo dai ponti termici ma anche dalla presenza delle superfici trasparenti che dovranno avere caratteristiche d'isolamento termico adeguate a quelle delle chiusure opache.

*L'utilizzo di soluzioni ad isolamento termico concentrato pone il problema di possibili condensazioni interstiziali ed è generalmente necessario usare barriere al vapore. Un buon isolamento distribuito invece, generalmente, non comporta problematiche di condensazione interstiziale e non occorrono barriere al vapore.*



**Figura 8**  
La condensa interstiziale. Le soluzioni d'involucro ad isolamento termico concentrato sono maggiormente sensibili alla condensazione interstiziale rispetto a quelle ad isolamento termico distribuito.

# La stagione invernale

*Le variazioni di temperatura interna, causate dal funzionamento intermittente degli impianti, sono limitate dall'inerzia termica dell'edificio (strutture interne e pareti esterne). Le variazioni di temperatura esterna sono limitate, nello scambio termico con l'ambiente interno, dall'inerzia termica delle pareti perimetrali; una elevata inerzia termica comporta un minor fabbisogno della potenza di picco e quindi un più corretto dimensionamento dell'impianto di riscaldamento.*

## L'inerzia termica

Quando una parete separa due ambienti a diversa temperatura, attraverso la parete si instaura un flusso termico. Se le temperature negli ambienti rimangono costanti il flusso termico ed il profilo di temperatura all'interno della parete rimangono costanti; in queste condizioni la quantità di calore che attraversa la parete è determinata dalla sua trasmittanza e dalla differenza tra le temperature dei due ambienti.

Se invece le temperature negli ambienti (entrambi o solo uno) cambiano nel tempo, anche la parete è soggetta a variazioni di flusso e di temperatura; essa quindi assorbirà o rilascerà calore, alterando il flusso termico che la attraversa. Il calore accumulato nelle pareti funziona da serbatoio nei confronti degli ambienti adiacenti; esso tende ad assorbire e stabilizzare le variazioni di temperatura che avvengono su un lato prima di trasmetterle all'altro lato (Figura 9).

## L'inerzia nella stagione invernale

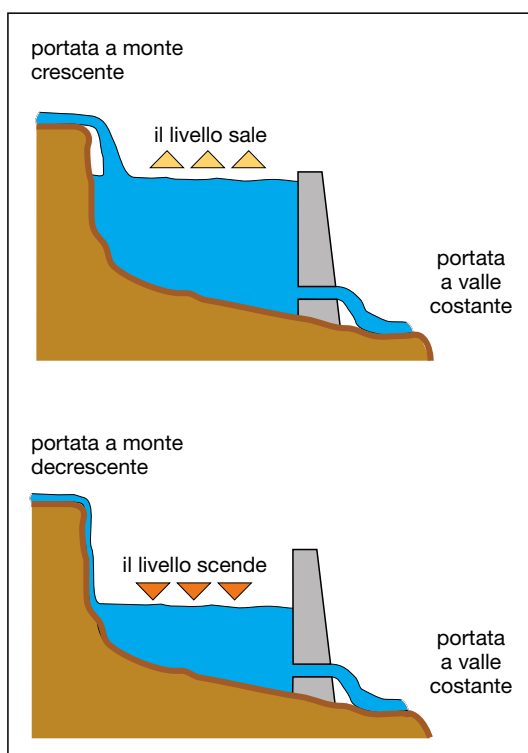
L'inerzia termica agisce in relazione alle variazioni di temperature interne ed esterne.

Le variazioni di temperatura interna (causate, ad esempio dal funzionamento intermittente dell'impianto), sono limitate dall'inerzia termica dell'edificio (strutture interne e pareti esterne); ciò assicura un miglior comfort e limita la potenza massima dell'impianto, migliorandone i rendimenti (Figura 10).

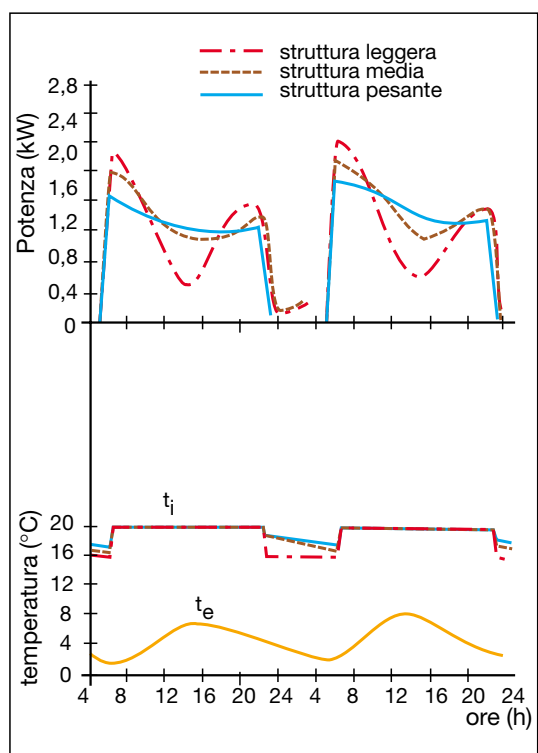
Altre variazioni nella temperatura interna possono essere causate dagli apporti solari, specie attraverso le superfici vetrate; in questo caso, esiste il pericolo di surriscaldamento; l'inerzia termica, accumulando il calore nelle strutture, limita questa possibilità e permette un miglior utilizzo degli apporti gratuiti e, quindi, un risparmio dell'energia generata dall'impianto.

Le variazioni di temperatura esterna sono limitate, nello scambio termico con l'ambiente interno, dall'inerzia termica delle pareti perimetrali; una elevata inerzia termica comporta un minor fabbisogno della potenza di picco e quindi un più corretto dimensionamento dell'impianto. Inoltre il riscaldamento delle pareti soleggiate fa diminuire la differenza di temperatura tra interno ed esterno, limitando le dispersioni di calore e, quindi, il fabbisogno di energia generata dall'impianto.

**Figura 9**  
L'inerzia termica agisce come un bacino d'acqua che è in grado di regolare la portata a valle in condizioni di portata variabile a monte (regime termico variabile).



**Figura 10**  
Influenza dell'inerzia termica con impianti di tipo intermittente. L'inerzia termica aumenta l'intervallo di comfort nel corso di una giornata tipo invernale. In caso d'impianti intermittenti, involucri con adeguata capacità termica oltre a migliorare le condizioni di comfort all'interno degli edifici rispetto ad edifici "leggeri", riducono oltre alla potenza dell'impianto anche il fabbisogno energetico. Recenti studi hanno dimostrato che si possono avere risparmi anche superiori al 10%. (Fonte [19])



# La stagione invernale

## Dispositivi per la captazione solare

Gli apporti solari possono contribuire sensibilmente al fabbisogno energetico degli edifici. Elementi fondamentali per sfruttare gli apporti gratuiti sono i materiali trasparenti, come il vetro, che si caratterizzano per l'essere trasparenti alla radiazione luminosa ed opachi a quella termica (infrarossa). Attraverso questo fenomeno, generalmente conosciuto come **effetto serra**, la radiazione solare viene "intrappolata" all'interno di un ambiente incrementandone la temperatura dell'aria (Figura 11).

In relazione alle disposizioni relative tra le superfici trasparenti (captanti) e quelle d'accumulo è possibile fare una classificazione dei sistemi di captazione solare.

I sistemi a guadagno diretto si caratterizzano per il fatto che l'energia solare penetra all'interno dello spazio abitato mentre per i sistemi a guadagno indiretto l'energia solare non penetra nello spazio abitato ma viene intercettata da un mezzo opaco che modula il flusso termico.

Le serre meritano un discorso a parte in quanto non solo hanno una valenza positiva nello sfruttare gli apporti solari ma anche nel ridurre le dispersioni verso l'ambiente esterno in quanto costituiscono uno spazio intermedio (cuscinetto) tra l'ambiente esterno e quello interno (Figura 6).

## La ventilazione

Nella stagione invernale la ventilazione ha riflessi sia sui disperdimenti energetici che sulla salubrità all'interno degli ambienti confinati. Logiche progettuali rivolte soprattutto al contenimento dei consumi energetici hanno comportato l'aumento delle caratteristiche di tenuta dei serramenti ed hanno diminuito drasticamente il tasso di ricambio d'aria all'interno degli alloggi, aggravando le problematiche connesse, quali l'aumento della concentrazione d'inquinanti ed il rischio di condensazione superficiale ed interstiziale. Secondo quanto indicato dai regolamenti d'igiene i tassi di ventilazione all'interno degli spazi abitati dovrebbero essere pari a circa 0,5 volumi/ora (alcuni regolamenti più evoluti, come quello dell'Emilia Romagna, vincolano il tasso di ventilazione alla concentrazione di CO<sub>2</sub>).

Le soluzioni ottimali per garantire all'interno degli alloggi sia condizioni di salubrità dell'aria che di risparmio energetico devono prevedere:

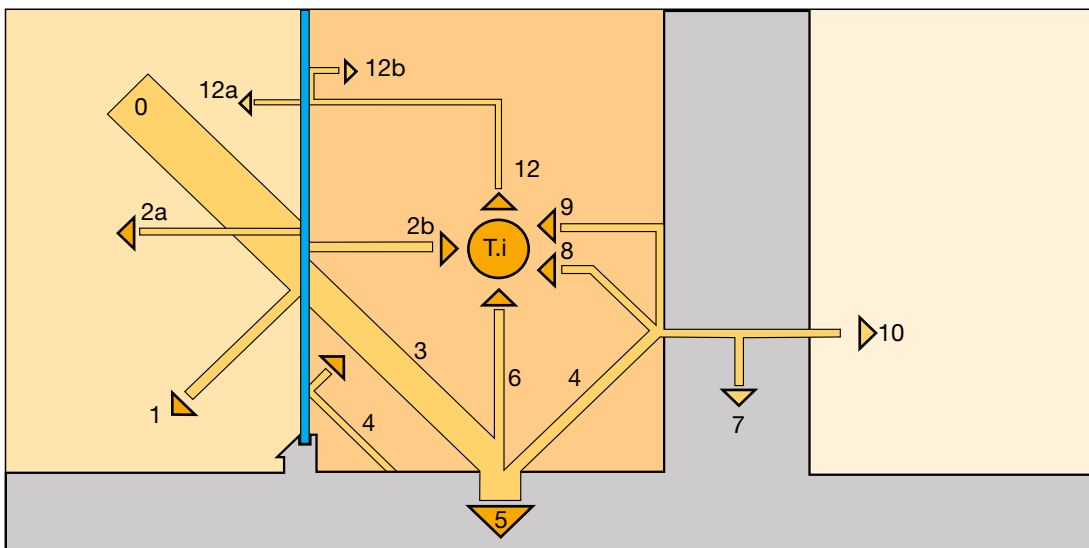
- un'accurata scelta di materiali a bassa emissione di inquinanti;
- sistemi di ventilazione a permeabilità controllata, con bocchette che non provochino velocità dell'aria superiori a 1 m/s;
- mantenimento in depressione dei locali ad alta produzione di umidità e di inquinanti (cucine e servizi) con sistemi di estrazione dell'aria, naturali o meccanici.

*Logiche progettuali soprattutto rivolte al contenimento dei consumi energetici hanno portato alla drastica diminuzione del tasso di ricambio d'aria all'interno degli alloggi, aggravando le problematiche connesse, quali l'aumento della concentrazione d'inquinanti ed il rischio di condensazione superficiale ed interstiziale.*

**Figura 11**

*Esemplificazione dell'effetto serra.*

*La radiazione solare (spettro centrato nel visibile) viene trasmessa all'interno di un ambiente attraverso un mezzo trasparente (esempio il vetro); la radiazione solare incide sulle superfici interne che la assorbono (in funzione delle loro caratteristiche assorbenti); le superfici assorbendo energia aumentano la loro temperatura e reirradiano energia nell'infrarosso che non viene più trasmessa dal mezzo trasparente rimanendo così nell'ambiente.*



- 0 - flusso solare incidente
- 1 - flusso solare riflesso
- 2 - flusso solare assorbito
  - a) riemesso all'esterno
  - b) riemesso all'interno
- 3 - flusso solare trasmesso
- 4 e 8 - flusso solare riflesso dalle masse interne
- 5 e 7 - flusso solare accumulato dalle masse interne
- 6 e 9 - calore assorbito e riemesso dalle masse interne
- 10 - calore disperso verso i locali circostanti
- 11 - calore disperso verso l'esterno
- 12 - calore assorbito dal vetro
  - a) riemesso all'esterno
  - b) riemesso all'interno

# La stagione estiva

Il controllo degli apporti solari nella stagione estiva può essere ottenuto o trattando le superfici vetrate oppure utilizzando i sistemi di controllo solare interni o esterni, verticali, orizzontali o combinati, di tipo fisso oppure mobile.

## Il raffrescamento passivo degli edifici

Nei climi mediterranei per garantire condizioni di comfort all'interno di un edificio, durante la stagione estiva, è necessario:

- controllare gli apporti solari attraverso gli elementi trasparenti (I sistemi di controllo solare)
- prevedere adeguati tassi di ventilazione (La ventilazione naturale)
- controllare gli apporti solari attraverso le murature e le coperture (L'inerzia termica nella stagione estiva)

## I sistemi di controllo solare

I sistemi di controllo solare sono utilizzati per limitare gli apporti solari durante l'estate. Le superfici trasparenti sono le maggiori responsabili delle entrate di calore all'interno degli edifici per cui è indispensabile utilizzare sistemi in grado di controllare gli apporti solari senza tuttavia limitare eccessivamente l'illuminazione all'interno degli alloggi in quanto ciò comporterebbe un indiretto aumento dei carichi interni a causa dell'illuminazione artificiale. Il controllo degli apporti solari nella stagione estiva può essere ottenuto o trattando le superfici vetrate (vetri colorati, vetri riflettenti etc) oppure utilizzando i sistemi di controllo solare, che in generale si differenziano in relazione al fatto che siano interni o esterni alla superficie trasparente oppure in relazione alla loro giacitura e cioè in schermi verticali, orizzontali o combinati. I sistemi di controllo solare possono essere di tipo fisso oppure mobile in relazione alla possibilità di

poter variare la loro geometria ottimizzando le diverse esigenze di controllo dell'energia solare nel corso dell'anno o della giornata.

L'efficienza dei sistemi di controllo solare<sup>1</sup> dipende da:

- posizione della schermatura (perpendicolare o parallela alla superficie)
- colore del materiale
- regolabilità (fissa o mobile)

In generale è possibile affermare che le schermature perpendicolari alla superficie sono da preferire a quelle parallele dato che non ostacolano la visione verso l'esterno; le schermature di colore chiaro, specialmente se parallele alla superficie, hanno un'efficienza superiore rispetto a quelle di colore scuro. Le schermature esterne consentono di ottenere maggiori protezioni all'irraggiamento rispetto a quelle interne.

Figura 12 Schermi perpendicolari alle superfici trasparenti.

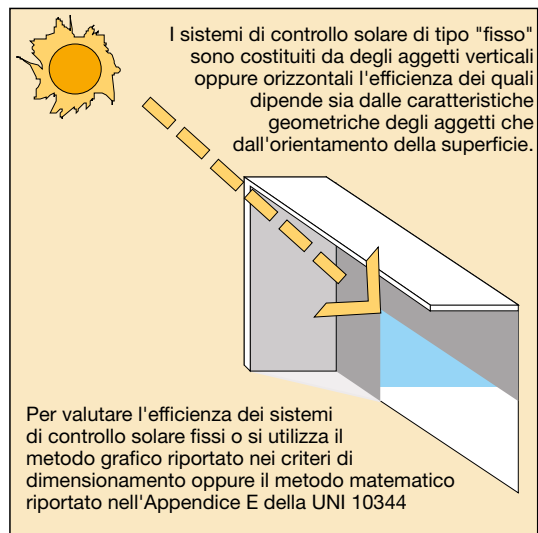
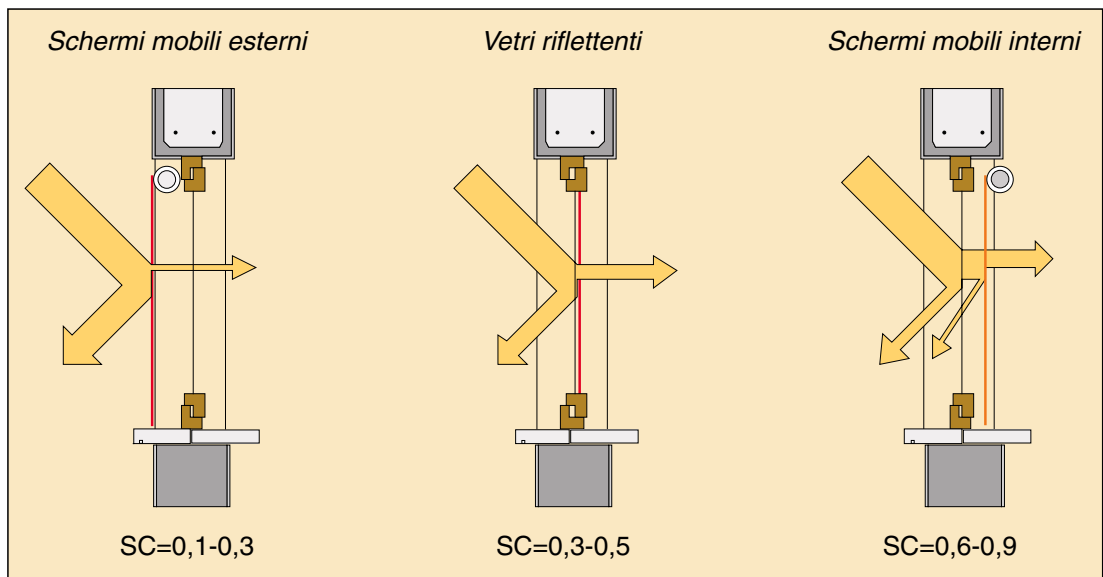


Figura 13 Schermi paralleli alle superfici trasparenti.

**Note**  
 1) L'efficienza di un sistema di controllo solare di una superficie trasparente può essere valutata attraverso il parametro SC (Shading Coefficient) che esprime il rapporto tra l'energia che penetra nella configurazione in esame e quella che penetrerebbe in un vetro semplice (3mm).  
 Un vetro semplice completamente in ombra ha  $Sc=0,1 \div 0,2$ ; un vetro doppio normale (non trattato) ha  $Sc 0,80 \div 0,85$ .

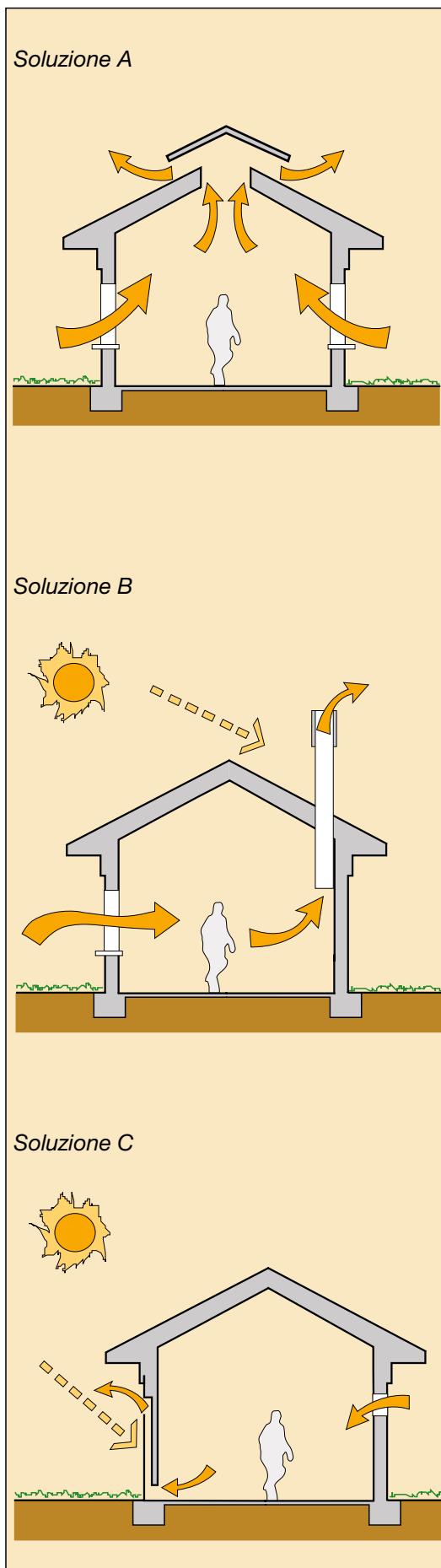


## La stagione estiva

### La ventilazione naturale

La ventilazione è uno dei mezzi più semplici ed efficaci, se correttamente sfruttata, per mitigare le condizioni climatiche all'interno degli alloggi nella stagione estiva. Il sistema più semplice per garantire adeguati tassi di ventilazione all'interno degli alloggi è quello di sfruttare la pressione del vento aprendo le finestre. L'efficienza di questa strategia dipende dalla corretta disposizione delle aperture (le aperture sopravvento devono avere dimensioni maggiori di quelle sottovento) e dalle resistenze che il flusso incontra durante il suo percorso all'interno dell'alloggio.

Dal punto di vista del comfort il problema della velocità dell'aria della ventilazione naturale in stagione estiva è meno importante che in stagione invernale dato che la temperatura è più alta; una velocità di 2 m/s è generalmente ritenuta accettabile. La finestra aperta pone diversi problemi per quanto riguarda gli aspetti acustici, di sicurezza, di regolabilità e di garanzia del flusso anche in giornate non ventose. Questi inconvenienti possono essere ovviati sfruttando forzanti termiche (effetto camino) oppure meccaniche. L'effetto camino può essere ottenuto, ad esempio, prevedendo dei canali d'aspirazione posti in locali da tener in depressione, quali i bagni e le cucine, alla cui sommità vengono posti dispositivi che, con l'energia solare fanno aumentare la temperatura del condotto finale del camino (ad esempio utilizzando canali la cui parte finale in lamiera viene dipinta di colore nero).



*La ventilazione è uno dei mezzi più semplici ed efficaci, se correttamente sfruttata, per mitigare le condizioni climatiche all'interno degli alloggi...*

*La finestra aperta pone diversi problemi per quanto riguarda gli aspetti acustici, di sicurezza, di regolabilità e di garanzia del flusso anche in giornate non ventose.*

*Questi inconvenienti possono essere ovviati sfruttando forzanti termiche (effetto camino) oppure meccaniche.*

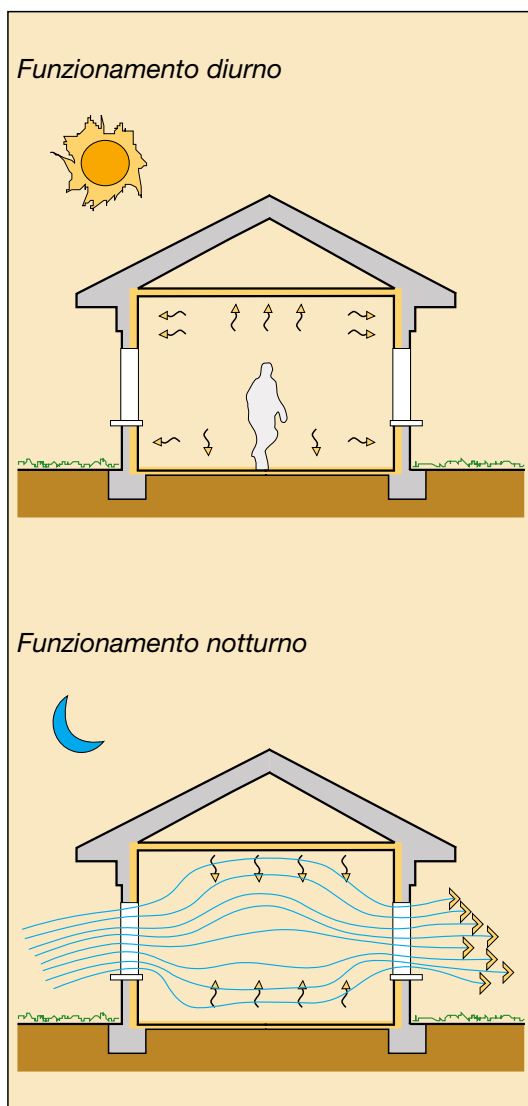
**Figura 14**  
La ventilazione naturale per "effetto camino".

Per aumentare la ventilazione all'interno degli edifici è possibile utilizzare delle aperture in sommità dell'edificio (Soluzioni A e B), dato che l'aria riscaldandosi diminuisce la sua densità e tende a salire.

L'efficienza dei "camini solari" (Soluzione B) può essere migliorata colorando di nero la sommità. Le facciate ventilate o i muri trombe (Soluzione C) possono essere utilizzate per richiamare aria dal lato nord dell'edificio.

## La stagione estiva

All'interno degli alloggi non condizionati il controllo delle condizioni climatiche con sensibili escursioni giornaliere, può essere ottenuto attraverso l'utilizzo di materiali che abbiano un'elevata capacità termica e siano efficacemente combinati alla ventilazione naturale. Attualmente la normativa tecnica non fornisce criteri adeguati di scelta delle caratteristiche inerziali dei materiali.



**Figura 15**  
L'inerzia termica e la ventilazione naturale.  
Le caratteristiche inerziali dell'edificio possono essere sfruttate efficacemente utilizzando la ventilazione notturna per raffreddare le masse e limitando le infiltrazioni d'aria (e naturalmente quelle per irraggiamento) durante le ore diurne.

### L'inerzia termica nella stagione estiva

Le fluttuazioni di temperatura dell'aria all'interno di un alloggio non dipendono solo dai carichi termici attraverso le pareti, le coperture e le superfici trasparenti ma anche dalle caratteristiche inerziali dell'edificio. L'inerzia conferisce all'edificio la capacità di sfasare (cioè di ritardare nel tempo) e di smorzare (cioè di diminuirne la quantità) l'onda termica incidente. Nella stagione estiva lo smorzamento dell'escursione termica giornaliera dipende dalle caratteristiche capacitative mentre il controllo delle temperature superficiali dipende dalle caratteristiche resistive dell'involucro. All'interno degli alloggi non condizionati il controllo delle condizioni climatiche con sensibili escursioni giornaliere, può essere ottenuto attraverso l'utilizzo di materiali che abbiano un'elevata capacità termica e siano efficacemente combinati alla ventilazione naturale.

Attualmente la normativa tecnica (nazionale e non) non fornisce criteri adeguati di scelta delle caratteristiche inerziali dei materiali. Nei climi mediterranei, come quello italiano, l'inerzia termica dell'edificio può essere vantaggiosamente sfruttata se utilizzata in unione alla ventilazione naturale. Durante il giorno, infatti, la temperatura dell'aria è superiore a quella di comfort per cui è indispensabile mantenere all'interno degli alloggi solamente il minimo di ventilazione necessario, prevenendo il surriscaldamento delle strutture con l'inerzia termica degli alloggi. Durante la notte, invece, la temperatura dell'aria esterna è inferiore a quella dell'aria interna per cui l'utilizzo di alti tassi di ventilazione naturale serve a mitigare le condizioni climatiche all'interno degli alloggi, dissipando l'energia termica accumulata dalle masse (Figura 15). Questo tipo di strategia serve a mantenere all'interno dell'alloggio temperature dell'aria prossime alla temperatura media mensile, che nei mesi estivi, per i climi mediterranei, garantiscono condizioni di comfort.

**Check list: aspetti della progettazione bioclimatica**

ASPETTI ENERGETICI	ASPETTI SALUBRITÀ
<b>LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Evitare ostruzioni che limitino gli apporti solari.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Evitare terreni umidi.</li> <li><input type="checkbox"/> Evitare zone in cui vi è pericolo d'emissione di Radon.</li> </ul>
<b>MORFOLOGIA DELL'EDIFICIO</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Orientare l'edificio in modo da massimizzare gli apporti solari ed i ricambi d'aria.</li> <li><input type="checkbox"/> Massimizzare le aperture a sud, sud-est, sud-ovest e minimizzare quelle a nord.</li> <li><input type="checkbox"/> Proteggere le superfici a sud, sud-est e sud-ovest attraverso aggetti orientabili.</li> <li><input type="checkbox"/> Proteggere le superfici ad est e ovest attraverso schermi verticali.</li> <li><input type="checkbox"/> Proteggere le superfici nord attraverso spazi tampone (Figura 6).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Orientare l'edificio in modo da massimizzare i ricambi d'aria.</li> <li><input type="checkbox"/> Disporre le prese d'aria lontano dalle fonti d'inquinamento esterno.</li> </ul>
<b>DISTRIBUZIONE DEGLI SPAZI INTERNI</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Distribuire gli spazi secondo lo svolgimento delle attività e il percorso solare (Figura 5).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Localizzare le attività ad alta produzione di inquinanti in zone circoscritte.</li> </ul>
<b>SCELTA DEI MATERIALI</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Utilizzare serramenti ad alta trasparenza ed elevato isolamento termico.</li> <li><input type="checkbox"/> Utilizzare chiusure opache con elevata inerzia termica ed isolamento termico.</li> <li><input type="checkbox"/> Utilizzare per le masse d'accumulo dei sistemi solari passivi finiture superficiali ad elevato assorbimento luminoso (colore rosso o nero).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Utilizzare materiali a bassa emissione di Radon.</li> <li><input type="checkbox"/> Utilizzare materiali testati alle emissioni facendo riferimento alle caratteristiche operative e d'esercizio previste.</li> <li><input type="checkbox"/> Utilizzare materiali durevoli nelle condizioni d'esercizio previste e di facile manutenzione.</li> <li><input type="checkbox"/> Non utilizzare materiali contenenti amianto e limitare quelli con formaldeide.</li> </ul>
<b>SOLUZIONI TECNOLOGICHE E GESTIONALI</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Preferire sistemi d'oscuramento esterni rispetto a quelli interni e che non limitino la visione verso l'esterno.</li> <li><input type="checkbox"/> Preferire per le masse d'accumulo l'irraggiamento diretto dell'energia solare.</li> <li><input type="checkbox"/> Preferire sistemi d'oscuramento regolabili e prevenire il surriscaldamento estivo.</li> <li><input type="checkbox"/> Programmare e prevedere nel progetto ispezioni e manutenzioni.</li> <li><input type="checkbox"/> Privilegiare soluzioni tecnologiche nelle quali l'utente sia parte attiva nella gestione.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Utilizzare soluzioni in grado di evitare condensazioni superficiali ed interstiziali.</li> <li><input type="checkbox"/> Evitare soluzioni che impediscano il passaggio di vapore (barriere al vapore).</li> <li><input type="checkbox"/> Evitare conformazioni geometriche che possano favorire gli accumuli di polvere.</li> <li><input type="checkbox"/> Assicurare adeguati livelli di pulizia senza utilizzare prodotti inquinanti.</li> <li><input type="checkbox"/> Attendere una completa volatilizzazione dei solventi di prodotti vernicianti prima di utilizzare stabilmente l'edificio.</li> <li><input type="checkbox"/> Ventilare maggiormente l'edificio nelle prime fasi d'esercizio rispetto a quanto previsto a regime.</li> </ul>

*La tabella a lato riassume in forma schematica i principali punti che il progettista deve ricordare per quanto attiene gli aspetti di salubrità dell'aria e di comfort termico-risparmio energetico. La tabella è riferita al clima italiano.*

**Tabella 2**  
Check list degli aspetti energetici e di quelli legati alla salubrità da valutare in fase di progetto.

## Il rapporto “uomo-ambiente interno”

Il diagramma in Figura 16 può essere usato per il predimensionamento della parte opaca dell'involucro; per le parti vetrate si devono evitare eccessive differenze nella temperatura superficiale rispetto alle parti opache adiacenti.

### Temperatura dell'aria e delle pareti

Ai fini del comfort è bene che la temperatura operante ( $T_{op}$ ) in inverno, non scenda al di sotto di 19 °C; essa si può calcolare, con sufficiente approssimazione come media tra la temperatura dell'aria interna ( $T_{ai}$ ) e la temperatura media radiante, che approssimativamente è pari alla media pesata delle temperature superficiali  $T_{si}$  delle pareti che si affacciano sul volume abitato.<sup>1</sup>

$$T_{op} \cong \frac{T_{ai} + T_{mr}}{2}$$

$$T_{mr} \cong \frac{(T_{s1} \times A_1) + (T_{s2} \times A_2) + (T_{sn} \times A_n)}{A_1 + A_2 + A_n}$$

Le temperature superficiali delle pareti che confinano con altri ambienti alla stessa temperatura di quello considerato, sono uguali alla temperatura dell'aria; quelle delle pareti esterne dipendono dalle temperature interna e esterna,  $T_{ae}$ , e dal “K” della parete (o copertura, o serramento).

$$T_{si} = T_{ai} - \frac{K}{h_i} (T_{ai} - T_{ae})$$

Con  $h_i = 7,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  (coefficiente di scambio termico superficiale interno)

Partendo dalle considerazioni di cui sopra si può tracciare il profilo di Figura 16 che definisce la trasmittanza massima delle pareti perimetrali in funzione della temperatura esterna per avere una temperatura operante non inferiore a 19 °C (con  $T_{ai} = 20^\circ\text{C}$ ).

Il diagramma (Figura 16) può essere usato per il predimensionamento della parte opaca dell'involucro; per le parti vetrate si devono evitare eccessive differenze nella temperatura superficiale rispetto alle parti opache adiacenti. Per questo, in fase di predimensionamento, è bene fissare la trasmittanza massima dei serramenti (specie se grandi) non oltre 3-4 volte quella delle pareti.

### Salubrità e ricambi d'aria

Per limitare sia l'inquinamento interno che l'eccessivo tenore di umidità relativa è necessario mantenere un adeguato ricambio d'aria all'interno degli ambienti anche in inverno. In linea di larga massima nelle abitazioni si deve considerare un ricambio di almeno metà del volume d'aria contenuta ogni ora ( $n = 0,5 \text{ V/h}$ ).

Molti regolamenti edilizi prescrivono valori diversi, anche più alti specie per certi locali (bagni e cucine).

La appendice C della norma UNI 10344 dà le indicazioni per calcolare il volume d'aria ricambiato per infiltrazione naturale; si rimanda a questa per il calcolo. Quasi sempre i ricambi d'aria risultano decisamente inferiori allo 0,5 sopra indicato.

Se si prevede un impianto di ventilazione meccanico (estrattori d'aria da bagni e cucine e bocchette di immissione d'aria) i ricambi possono essere dell'ordine di 0,25÷0,30 V/h durante le 24 ore con aumento dei ricambi nei servizi, nelle ore di maggiore utilizzo. Le bocchette devono essere dimensionate per una velocità di ingresso aria di 1 m/s e devono essere posizionate in modo che l'aria in entrata (fredda in inverno) non disturbi (ad esempio mettendole dietro i termosifoni); inoltre è bene che le bocchette di entrata assicurino una buona ventilazione in tutti gli ambienti.

L'estrazione dell'aria può avvenire anche naturalmente, senza bisogno di estrattori meccanici sfruttando “l'effetto camino” (l'aria calda all'interno degli ambienti esce per effetto della diversa densità rispetto all'aria esterna).

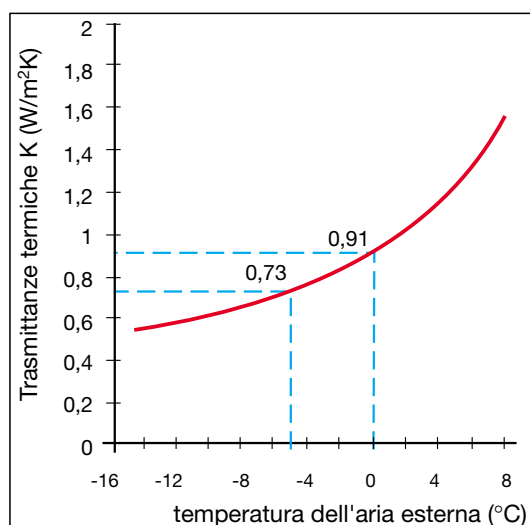
**Figura 16**  
Trasmittanze in funzione della temperatura esterna.

**Note**

1) Una più corretta definizione della  $T_{op}$  è riportata nella appendice A della norma UNI 10344.

2) Le temperature possono essere ricavate dalla pubblicazione “CNR - progetto finalizzato energetica”. La norma UNI 10349 “Dati climatici” riporta purtroppo solo le medie mensili; essa dà anche i valori della pressione di vapore effettiva che, rapportati alla pressione di saturazione della temperatura media mensile (vedi tabella in Appendice 1) permettono di calcolare l'umidità relativa.

La norma riporta temperature e pressioni di vapore per tutti i capoluoghi di provincia italiani; sono date anche indicazioni per calcolare la temperatura in località a diversa altitudine del capoluogo.



Trasmittanze massime che le chiusure opache devono avere per ottenere all'interno dell'ambiente una temperatura operante superiore a 19°C.

**ESEMPIO:**

Milano:

temperatura di progetto esterna = - 5°C  
K massimo pareti = 0,73 (W/m²K)

Roma:

temperatura di progetto esterna = 0 °C  
K massimo pareti = 0,91 (W/m²K)



# Il rapporto "edificio-ambiente esterno"

## L'edificio e la zona climatica

Il progettista deve conoscere bene le caratteristiche climatiche della zona in cui dovrà costruire; ciò gli permetterà di scegliere la "strategia progettuale" più adatta. Per questo può essere utile l'utilizzo del diagramma psicometrico (vedi Figura 7 ed esempi qui sotto).

Si riportano sul diagramma le temperature minima e massima di ogni mese posizionandole alla umidità relativa media del mese.<sup>2</sup>

Mese per mese si vede in che zona del diagramma ci si trova e si decidono le caratteristiche dell'edificio; conoscendo il luogo della costruzione ed i suoi dintorni si potrà valutare se, per l'esposizione l'edificio può ricevere e sfruttare gli apporti solari.

Gli esempi di tracciamento del diagramma qui sotto chiariscono meglio la modalità d'uso.

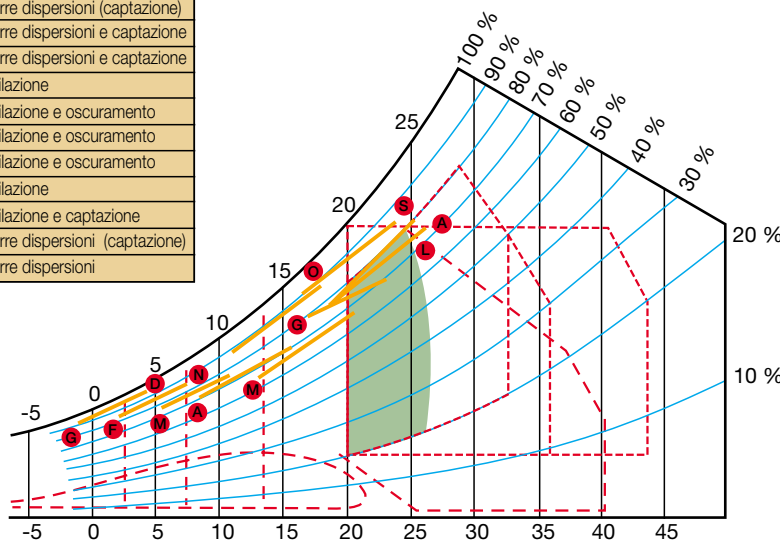
Si riportano sul diagramma le temperature minima e massima di ogni mese posizionandole alla umidità relativa media del mese.

CORRIGE

ERRATA

mesi	T minima	T media	T massima	UR	area	Strategie progettuali
G	-1	1,7	4	90	A	Ridurre dispersioni
F	0,5	4,2	7,5	85	A-(B)	Ridurre dispersioni (captazione)
M	6,5	9,2	11	80	C	Ridurre dispersioni e captazione
A	9	14	17	75	C-D	Ridurre dispersioni e captazione
M	12,5	17,9	21,5	70	C-D	Ventilazione
G	16	22,5	24	83	E	Ventilazione e oscuramento
L	18	25,1	28,5	70	E	Ventilazione e oscuramento
A	18,5	24,1	27	85	E	Ventilazione e oscuramento
S	16	20,4	23	83	D-E	Ventilazione
O	11	14	17,5	90	C-D	Ventilazione e captazione
N	6	7,9	11,5	80	A-(B)	Ridurre dispersioni (captazione)
D	1,5	3,1	5,5	82	A	Ridurre dispersioni

Milano (122 m s.l.m.):  
 Latitudine: 45°27'  
 Gradi Giorno: 2404



mesi	T minima	T media	T massima	UR	area	Strategie progettuali
G	3,7	7,6	11,1	76,5	(B)-C	Ridurre dispersioni (captazione)
F	4,4	8,7	12,2	73	(B)-C	Ridurre dispersioni (captazione)
M	6,8	11,4	15,4	71	C-D	Ridurre dispersioni e captazione
A	9,4	14,7	18,5	70	C-D	Ridurre dispersioni e captazione
M	13	18,5	23,4	67	D-E	Ventilazione
G	16,6	22,9	27,4	62	E	Ventilazione e oscuramento
L	18,9	25,7	30,3	57,5	E	Ventilazione e oscuramento
A	18,9	25,3	30,3	59	E	Ventilazione e oscuramento
S	16,4	22,4	26,4	66	D-E	Ventilazione
O	12,6	17,4	21	72	C-D	Ventilazione e captazione
N	8	12,6	15,7	76,5	(B)-C	Ridurre dispersioni (captazione)
D	5,7	8,9	12,3	78,5	(B)-C	Ridurre dispersioni (captazione)

Roma (20 m s.l.m.):  
 Latitudine: 41°53'  
 Gradi Giorno: 1415

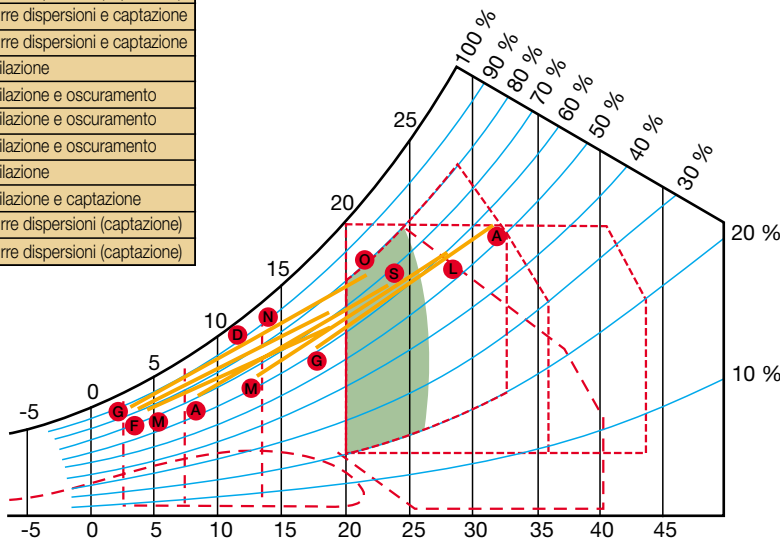


Figura 17  
 Strategie progettuali.

**Esempio Milano**  
 Le condizioni climatiche abbastanza rigide dei mesi più freddi dell'anno (N, D, G, F) e la scarsa insolazione impongono l'utilizzo di sistemi di riscaldamento convenzionale e quindi adeguati livelli d'isolamento termico dell'involucro; i sistemi solari passivi possono essere sfruttati adeguatamente nelle stagioni intermedie. Nei mesi più caldi dell'anno (G, L, A, S) l'elevata umidità relativa e la sensibile escursione termica consentono di mitigare le condizioni microclimatiche degli edifici attraverso una ventilazione sostenuta nelle ore notturne e limitata nelle ore diurne oltre ad efficienti sistemi d'oscuramento dei componenti finestrati. L'edificio dovrà possedere un'adeguata inerzia per controllare la variabilità delle temperature interne dovuta all'intermittenza dell'impianto, sfruttare adeguatamente i guadagni solari nelle stagioni intermedie e la ventilazione estiva.

**Esempio Roma**  
 Le condizioni climatiche miti dei mesi più freddi dell'anno (N, D, G, F) consentono di coprire in parte il fabbisogno energetico invernale attraverso lo sfruttamento dell'energia solare (sistemi solari passivi); nei mesi più caldi dell'anno (G, L, A, S) la limitata umidità relativa e la sensibile escursione termica consentono di controllare adeguatamente gli spazi interni attraverso una ventilazione sostenuta nelle ore notturne e limitata nelle ore diurne oltre ad efficienti sistemi d'oscuramento dei componenti finestrati. L'edificio dovrà possedere un'adeguata inerzia per sfruttare adeguatamente i guadagni invernali e la ventilazione estiva.

## Stagione invernale

*Si devono evitare eccessive disomogeneità termiche; sono da preferire pareti perimetrali traspiranti e limitare al massimo i ponti termici; da evitare le cosiddette "barriere al vapore" e si deve attentamente considerare il ruolo che l'inerzia termica dell'edificio ha sui consumi energetici.*

### Contenimento dei disperdimenti energetici

A pagina 16 (Temperatura dell'aria e delle pareti) sono date indicazioni relativamente alla trasmittanza della parte opaca dell'involucro dell'edificio in relazione alla temperatura esterna. A rigore, ai fini della determinazione della temperatura superficiale si dovrebbe partire dalla temperatura media del mese più freddo (solitamente gennaio); prudenzialmente è opportuno partire dalla "temperatura di progetto" secondo la legge 10, che è più bassa. Dimensionando l'isolamento termico, ricordare:

- Deve essere rispettata la legge "10"
- Si devono evitare eccessive disomogeneità termiche; particolare importanza hanno i serramenti specie se grandi.<sup>1</sup>
- Si devono limitare al massimo i ponti termici; essi oltre a disperdere energia (e quindi aumentare i consumi) sono zone a temperatura più bassa e quindi cagione di disomogeneità termiche e di possibili formazioni di muffe.
- Sono da preferire pareti perimetrali traspiranti, che non impediscano cioè il passaggio del vapore verso l'esterno, in inverno. Sono quindi da evitare le cosiddette "barriere al vapore" così come i materiali che presentino una alta resistenza al passaggio del vapore. Infine deve attentamente essere considerato il ruolo che l'inerzia termica dell'edificio ha sui consumi energetici; esso si

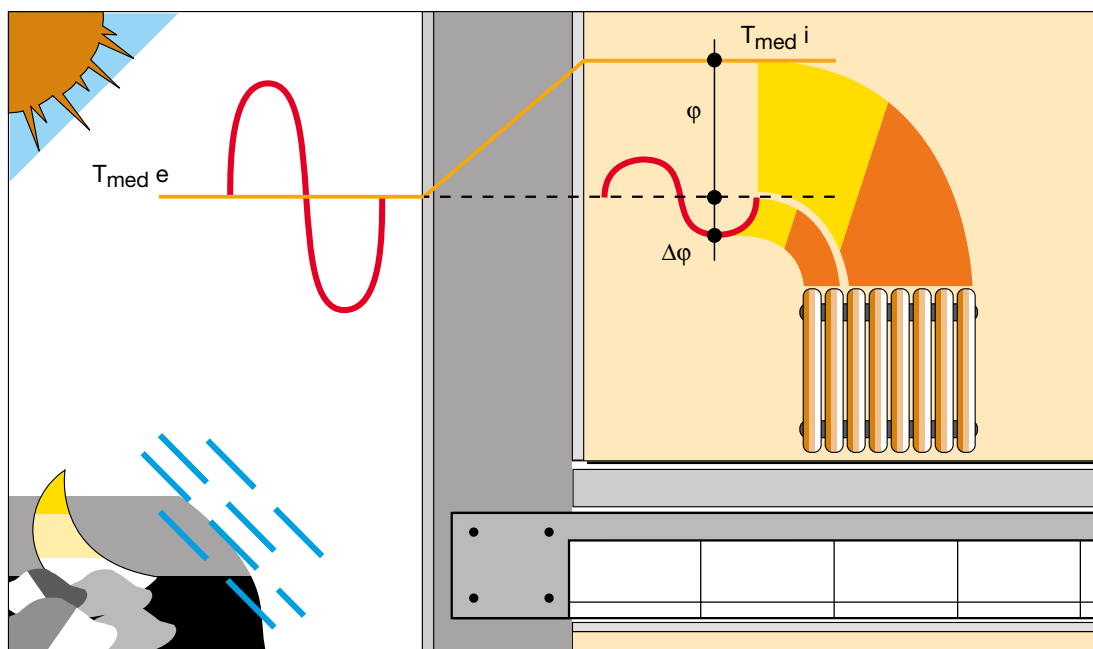
esplica in 3 diversi aspetti: quello relativo alla possibilità di accumulare gli apporti gratuiti (solari e non) evitando il surriscaldamento e permettendo un maggior utilizzo degli stessi (vedere a pagina 23 "Captazione ed accumulo degli apporti gratuiti") quello di riduzione dei consumi energetici, e quello di controllare la variazione di temperatura in presenza di impianti intermittenti. Diversi studi hanno dimostrato che l'inerzia termica dell'involucro esterno (per tutto il suo spessore) permette di ridurre l'entità massima del flusso termico necessario per superare le oscillazioni di temperatura interna indotte dalle variazioni della temperatura esterna (Figura 18)<sup>2</sup>.

Il flusso termico massimo richiesto all'impianto è dato dalla somma di  $\phi$  e di  $\Delta\phi$ , essendo  $\phi$  la quantità di energia necessaria per superare la differenza tra la temperatura interna e quella media esterna e  $\Delta\phi$  quella aggiuntiva occorrente per sopperire al calo di temperatura interna che si ha in conseguenza delle minime esterne.

Poiché l'inerzia termica riduce l'ampiezza delle oscillazioni di temperatura interna è evidente che ne risulta ridotto anche il massimo flusso termico. L'impianto funziona con un regime più costante e con migliore rendimento. L'inerzia termica quindi "collabora" con la trasmittanza ai fini del contenimento dei consumi.

**Figura 18**

*Effetto dell'inerzia termica sul flusso massimo di potenza richiesta all'impianto.*



**Note**

1) La trasmittanza dei serramenti si calcola secondo UNI 10345

2) Ciò vale evidentemente per gli edifici riscaldati tutti i giorni e non per quelli riscaldati saltuariamente.

# Stagione invernale

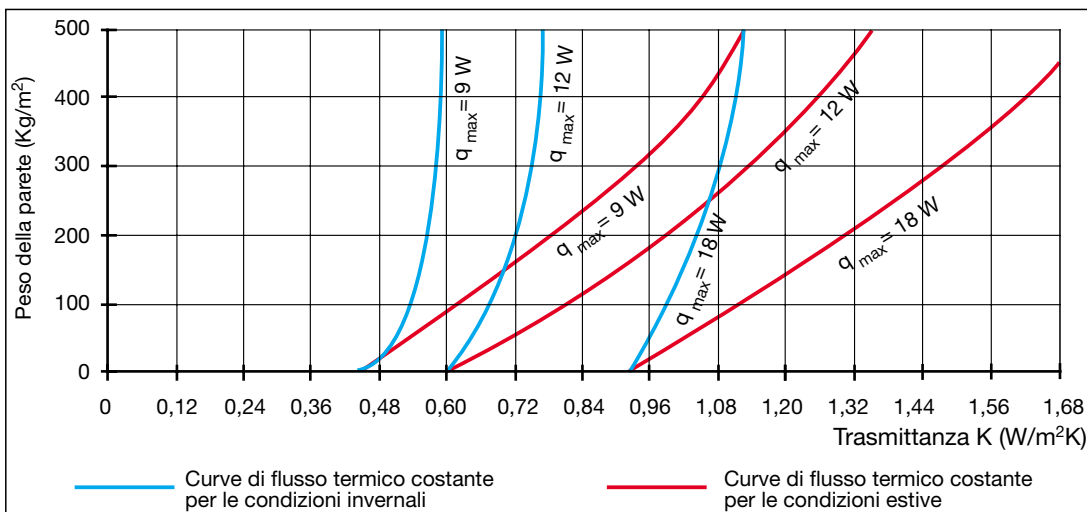
La figura 19 (fonte [21]) mostra l'andamento delle curve di flusso termico costante che attraversa una parete, per determinate condizioni climatiche, sia invernali che estive, in funzione della inerzia termica e della trasmittanza dell'involucro.

La curva per le condizioni invernali "q<sub>max</sub> = 9 W" va posta in relazione al clima del Nord Italia (forti differenze tra la temperatura interna e quella media esterna con limitate variazioni giornaliere di quest'ultima); la curva per le condizioni invernali "q<sub>max</sub> = 18 W" può essere relazionata al clima invernale del Sud Italia (minori differenze tra temperatura interna e media esterna con maggiori escursioni giornaliere esterne).

Si vede come lo stesso flusso termico può essere ottenuto con diverse trasmittanze in relazione a diversi valori di inerzia termica (qui rappresentati, per semplicità, dai valori di peso parete per m<sup>2</sup>).<sup>1</sup>

Dell'effetto della inerzia termica si può tener conto in modo semplificato, ed approssimato, nel calcolo delle dispersioni termiche; basta moltiplicare la trasmittanza effettiva della parete (e copertura) per un coefficiente che sia funzione della sua massa (peso a m<sup>2</sup>); ad esempio, per il clima del Nord Italia si ha:

Massa parete kg/m <sup>2</sup>	0	100	200	300	400
Coefficiente	1	0,89	0,83	0,81	0,79



Lo stesso flusso termico può essere ottenuto con diverse trasmittanze in relazione a diversi valori di inerzia termica e il suo effetto può essere calcolato in modo semplificato, ed approssimato, moltiplicando la trasmittanza effettiva della parete per un coefficiente che sia funzione della massa.

**Figura 19**  
Influenza della capacità termica totale (massa Kg/m<sup>2</sup>) della parete e della sua trasmittanza (W/m<sup>2</sup>K) sul flusso energetico che la attraversa. (Fonte [21])

**Nota**  
1) La capacità (o inerzia) termica di una parete dipende dal suo peso a m<sup>2</sup> e dal calore specifico dei materiali che la costituiscono. Poiché il calore specifico dei vari materiali utilizzati in edilizia varia entro limiti ristretti, l'inerzia termica viene spesso identificata (con una certa approssimazione), con il peso della parete.

## Stagione invernale

*In Italia, in inverno e nelle "mezze stagioni", è spesso conveniente ricorrere al riscaldamento solare passivo utilizzando l'energia solare che è gratuita.*

*Il guadagno diretto di energia solare è il sistema più semplice e tra i più efficaci.*

**Figura 20**  
Schema di captazione a guadagno diretto.

### Riscaldamento passivo

In Italia, in inverno e nelle "mezze stagioni" (inizio primavera - fine autunno) è spesso conveniente ricorrere al riscaldamento solare passivo utilizzando l'energia solare che è gratuita.

Per utilizzare il riscaldamento passivo l'edificio deve essere posizionato in aree che ricevano la radiazione solare senza schermature (altri edifici, alberi, rilievi naturali) nelle ore in cui essa è più intensa (dalle 9 alle 15).

Il massimo utilizzo della radiazione solare si ha seguendo alcune regole:

- La forma dell'edificio deve svilupparsi lungo un asse Est-Ovest, in modo da avere molta superficie esposta a Sud.

- La "profondità" dell'edificio e dei locali (dimensione nel senso Nord-Sud) deve essere tale da permettere una buona distribuzione del calore apportato dal sole.

La "profondità" ideale dei locali è 5÷6 m; i locali più lontani dalla facciata Sud possono essere riscaldati con aperture a shed.

- Le finestre sono causa di forti dispersioni termiche durante la notte; è necessario che siano a doppi o tripli vetri e dotate di sistemi di isolamento notturno; gli eventuali shed per il soleggiamento di locali arretrati rispetto alla facciata Sud devono avere copertura inclinata sull'orizzontale, al massimo come l'inclinazione dei raggi solari al 21 dicembre (vedi pagina 6).

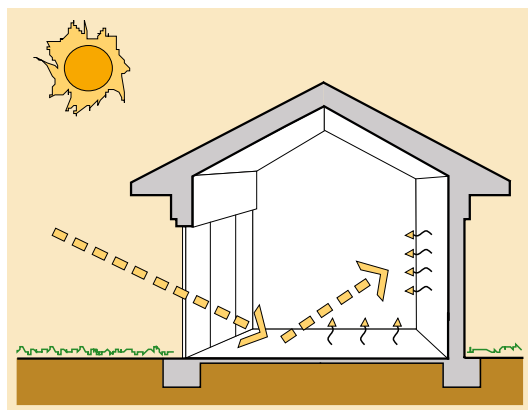
I sistemi di captazione della radiazione solare più usati, sono:

- Guadagno diretto;
- Muro ad accumulo termico (Trombe);
- Muro massiccio;
- Serre solari.

### Guadagno diretto

Il Guadagno Diretto (Figura 20) è il sistema più semplice e tra i più efficaci. L'edificio ha grandi finestre con vetro doppio sulla facciata Sud. La radiazione solare penetra attraverso i vetri e riscalda le strutture interne dell'edificio che, a loro volta riscaldano l'aria. Ha lo svantaggio di un difficile controllo del carico termico solare in entrata con rischi di surriscaldamento negli ambienti a Sud. Inoltre la radiazione solare diretta può alterare il colore di mobili o tappeti.

Per evitare il surriscaldamento e favorire l'accumulo, pareti e pavimento direttamente soleggiati dovrebbero avere una elevata capacità termica e non essere rivestiti di materiali isolanti. La tabella qui sotto dà i rapporti tra superficie vetrata e superficie pavimento affinché l'energia solare entrante sia sufficiente al riscaldamento dei locali soleggiati, senza l'aiuto dell'impianto di riscaldamento.



Temperatura media esterna (giornate serene)	Rapporto tra superfici vetrate e superfici di pavimenti			
	36°N	40°N	44°N	48°N
-7 °C	0,24	0,25	0,29	0,31
-4 °C	0,22	0,23	0,25	0,28
-1 °C	0,19	0,20	0,22	0,24
+2 °C	0,16	0,17	0,19	0,21
+4 °C	0,13	0,14	0,16	0,17
+7 °C	0,10	0,11	0,12	0,13

#### Guadagno diretto

*Criteri di dimensionamento di massima:*

##### Regime invernale

*Durante le ore notturne è necessario prevedere dei sistemi d'isolamento dei serramenti. Le masse d'accumulo devono essere direttamente sottoposte alla radiazione solare*

##### Regime estivo

*È indispensabile prevedere dei sistemi di schermature (fissi o mobili)*

# Stagione invernale

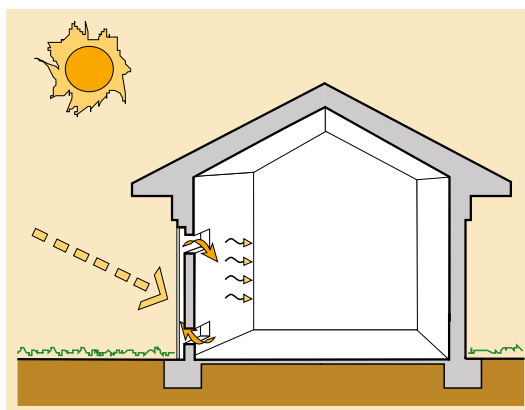
## Muro ad accumulo termico o di Trombe

Il Muro di Trombe (Figura 21) è costituito da un muro dotato di forte massa (grande capacità termica) esposto a sud e protetto esternamente da una superficie vetrata continua che forma, con il muro, una intercapedine larga 8 - 10 cm. La superficie captante del muro deve essere nera, o di colori scuri per essere efficiente. Per incrementare il rendimento e l'efficienza del sistema sono previste aperture alla base ed alla sommità del muro che mettono in comunicazione l'ambiente interno con l'intercapedine tra muro e vetro. In questo modo l'aria dell'intercapedine aumenta la sua temperatura a contatto con la superficie riscaldata dal sole, entra nell'ambiente attraverso le aperture in alto e viene sostituita da aria più fredda attraverso quelle in basso. Le aperture devono avere una sezione pari a circa 1/100 dell'area del muro (sia quelle sotto che quelle sopra) e devono essere richiudibili perché, di notte l'aria tenderebbe a fare il percorso inverso raffreddando l'ambiente.

Il vetro deve essere doppio per limitare il raffreddamento notturno del muro; meglio se nell'intercapedine si può inserire un sistema isolante mobile da mettere di notte e togliere di giorno.

Lo spessore ottimale del muro dipende dal materiale con cui esso è costruito; per muri in blocchi di calcestruzzo o riempiti di calcestruzzo lo spessore consigliato è di 30 - 35 cm. Tale spessore assicura una fluttuazione assai contenuta nella temperatura interna ed un rendimento ottimale del sistema.

Per muri esposti a Sud, di colore nero e con doppi vetri che delimitano l'intercapedine i valori del rapporto tra superficie muro e superficie calpestabile dei locali retrostanti sono dati in tabella in funzione della temperatura esterna e della latitudine. I valori indicati sono quelli che assicurano la copertura dell'intero fabbisogno energetico dei locali adiacenti il muro. Il muro ad accumulo, rispetto al guadagno diretto presenta un più facile controllo del carico termico e quindi minori rischi di surriscaldamento. Da ricordare che, per l'estate vanno previste aperture nella parte vetrata per favorire la circolazione d'aria nell'intercapedine (Figura 22).



Temperatura media esterna (giornate serene)	Rapporto tra superfici vetrate e superfici di pavimenti			
	36°N	40°N	44°N	48°N
-7 °C	0,71	0,75	0,85	0,95
-4 °C	0,59	0,63	0,75	0,84
-1 °C	0,50	0,53	0,60	0,70
+2 °C	0,40	0,43	0,50	0,55
+4 °C	0,32	0,35	0,40	0,44
+7 °C	0,25	0,26	0,30	0,33

### Guadagno indiretto (Muro Trombe)

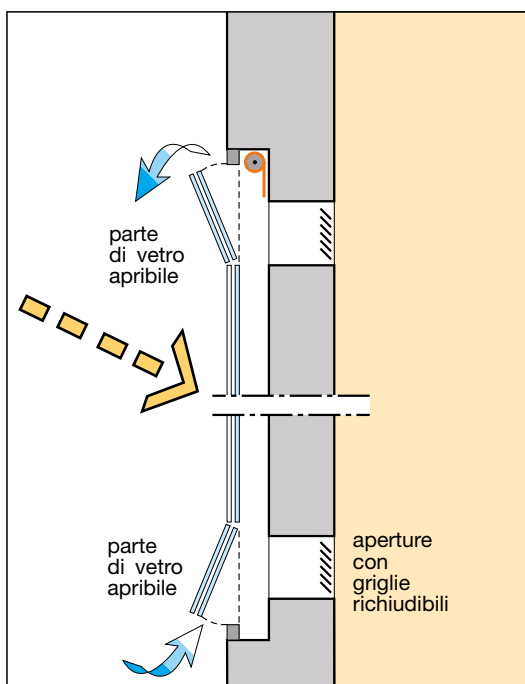
Criteria di dimensionamento di massima

#### Regime invernale

Durante le ore notturne è necessario chiudere le bocchette di ricircolo dell'aria. La superficie esterna del muro deve avere un coefficiente d'assorbimento elevato

#### Regime estivo

Attraverso un'apertura di ventilazione sul lato nord è possibile promuovere la ventilazione degli ambienti



Il Muro di Trombe è costituito da un muro dotato di forte massa (grande capacità termica) esposto a sud e protetto esternamente da una superficie vetrata e rispetto al guadagno diretto presenta un più facile controllo del carico termico e quindi minori rischi di surriscaldamento.

Figura 21

Schema di muro ad accumulo termico o di Trombe.

Figura 22

Funzionamento del Muro di Trombe.

# Stagione invernale

*Il muro massiccio è più adatto del muro di Trombe nei climi caldi ed al Sud. Ha un ottimo controllo dei carichi solari. Il sistema serra combina le caratteristiche del guadagno diretto (massima efficacia) con quelle del muro ad accumulo (miglior controllo degli apporti termici).*

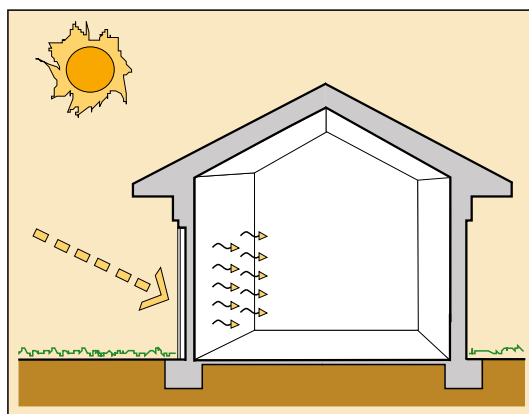
## Muro massiccio

È un muro ad accumulo termico (o di Trombe), senza le aperture di ventilazione tra intercapedine e ambiente interno (Figura 23). Il riscaldamento dell'ambiente avviene quindi per irraggiamento del muro verso l'ambiente. È più adatto del muro di Trombe nei climi caldi ed al Sud. Ha un ottimo controllo dei carichi solari. Valgono le prescrizioni date per il muro di Trombe.

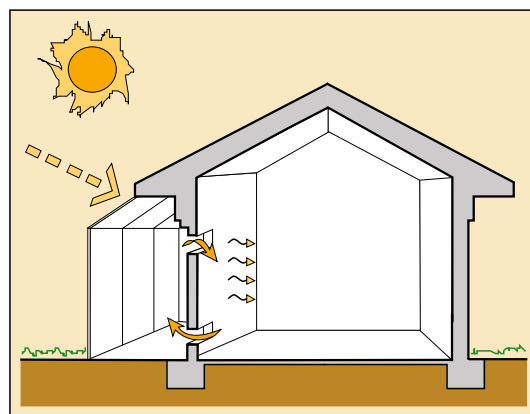
## Serre solari

Il sistema serra (Figura 24) combina le caratteristiche del guadagno diretto (massima efficacia) con quelle del muro ad accumulo (miglior controllo degli apporti termici). La serra può essere addossata su tutta o parte della facciata sud dell'edificio; può essere ricavata anche in copertura con un sistema meccanico di circolazione dell'aria che invia l'aria calda nei locali sottostanti. Il calore dato dalla radiazione solare viene accumulato nel pavimento della serra e nella parete che la separa dai locali abitati. Questa parete è un muro ad accumulo termico che può avere, o no, le aperture per la circolazione dell'aria tra serra e ambiente. Se la serra è utilizzata solo per captare ed accumulare calore, la sua temperatura può raggiungere valori elevati; se invece è utilizzata come ambiente, la temperatura deve essere controllabile mediante aperture o sistemi di oscuramento, come per i sistemi a guadagno diretto. Come per gli altri sistemi solari passivi è necessario provvedere all'isolamento termico notturno durante l'inverno ed alla protezione estiva dal surriscaldamento.

**Figura 23**  
Schema di muro massiccio.



**Figura 24**  
Schema di serra solare.



Temperatura media esterna (giornate serene)	Rapporto tra superfici vetrate e superfici di pavimenti			
	36°N	40°N*	44°N*	48°N
-7 °C	0,60	0,73	0,87	1,00
-4 °C	0,51	0,65	0,79	0,93
-1 °C	0,43	0,55	0,66	0,78
+2 °C	0,35	0,43	0,52	0,60
+4 °C	0,28	0,34	0,40	0,46
+7 °C	0,22	0,26	0,31	0,35

Temperatura media esterna (giornate serene)	Rapporto tra superfici vetrate e superfici di pavimenti	
	36°N	48°N*
-7 °C	0,90	1,50
-4 °C	0,78	1,30
-1 °C	0,65	1,17
+2 °C	0,53	0,90
+4 °C	0,42	0,69
+7 °C	0,33	0,53

\* valori ricavati per interpolazione

**Nota**  
I criteri di dimensionamento qui forniti per i sistemi solari passivi sono di larga massima e si riferiscono ad edifici aventi un K medio dell'involucro di 1,4 W/m<sup>2</sup>K (tratti dalla Fonte 17). Per definire un progetto esecutivo si devono utilizzare metodi più accurati e dettagliati. Le appendici E ed F della norma UNI 10344 danno buone indicazioni per un calcolo analitico.

### Guadagno indiretto (Muro massiccio)

Criteri di dimensionamento di massima

#### Regime invernale

Durante le ore notturne sarebbe necessario isolare il vetro esterno. La superficie esterna del muro deve avere un coefficiente d'assorbimento elevato

#### Regime estivo

È indispensabile prevedere delle aperture di ventilazione dell'intercapedine esterna e sistemi di schermatura

### Serre solari

Criteri di dimensionamento di massima

#### Regime invernale

Durante le ore notturne è indispensabile isolare l'ambiente interno dalla serra. Le superfici d'accumulo devono avere un coefficiente d'assorbimento elevato.

#### Regime estivo

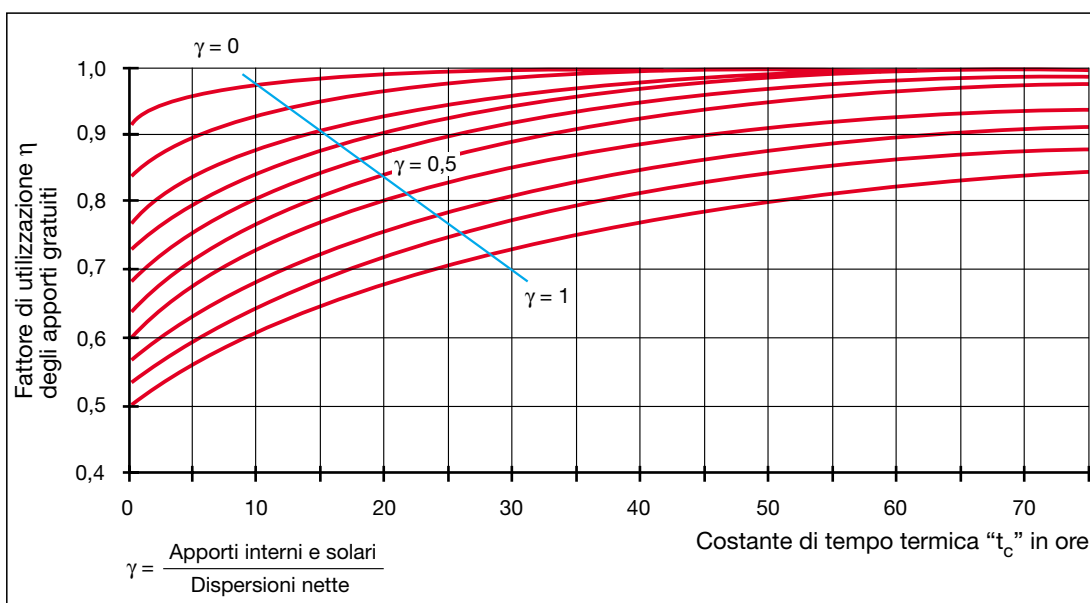
È indispensabile prevedere delle schermature della serra e dei sistemi di ventilazione

## Stagione invernale

### Captazione ed accumulo degli apporti gratuiti

Ai fini del risparmio energetico nella stagione invernale è importante poter utilizzare al meglio gli apporti gratuiti (interni e solari); per questo è necessario che l'edificio abbia la capacità di immagazzinare detti apporti che, altrimenti, provocherebbero un surriscaldamento temporaneo anziché un risparmio effettivo. Gli apporti solari attraverso i serramenti vetrati pur provenendo dall'esterno diventano calore all'interno dell'edificio; per questi e per quelli più propriamente "interni" (calore generato dalle persone, dagli elettrodomestici, ecc.), serve l'inerzia termica "interna" dell'edificio. Questo calore infatti viene immagazzinato (se lo è) nei primi 7 - 8 cm di spessore sul lato interno delle pareti e dei solai, sia divisori che interni; se in questo spessore è presente uno strato di isolante a bassissima conduttività ( $\lambda < 0,05$  W/mK) il calore non può essere accumulato o lo è in minima parte e ciò non permette un buon utilizzo degli apporti gratuiti. L'appendice B della UNI 10344 dà il meto-

do di calcolo per la valutazione della capacità termica; dal "Prospetto VI" che dà valori precalcolati della massa termica si nota come l'uso di isolamenti sul lato interno delle pareti perimetrali e di pavimentazioni tessili o in legno (che isolano la massa della struttura dall'aria ambiente) riduca la massa termica (e quindi la capacità di accumulo) a valori che sono meno della metà di quelli che si hanno con l'uso di pareti esterne senza strati ad isolamento concentrato e con solai non "isolati" rispetto all'ambiente). La tabella non tiene conto, né potrebbe farlo, dell'effetto di isolamento della struttura dovuto a tappeti e mobili addossati alle pareti. Dal diagramma di Figura 25 si vede come la presenza di "inerzia interna" (alti valori di " $t_c$ ") permette l'utilizzo degli apporti gratuiti (fattore di utilizzo  $\eta$  tra 0,8 e 1) anche in grande quantità ( $\gamma$  vicini ad 1 e cioè forti apporti solari rispetto alle dispersioni) mentre bassi valori di " $t_c$ " (poca inerzia) ne permettono un utilizzo assai limitato. In altri termini, un edificio con scarsa o nulla inerzia termica "interna" non è in grado di utilizzare bene gli apporti gratuiti.



*L'appendice B della UNI 10344 dà il metodo di calcolo per la valutazione della capacità termica. Si nota come l'uso di isolamenti sul lato interno delle pareti perimetrali e di pavimentazioni tessili o in legno riduca la massa termica e quindi la capacità di accumulo.*

**Figura 25**  
Influenza dell'inerzia termica sullo sfruttamento degli apporti gratuiti.  
Il diagramma mostra come per edifici caratterizzati da elevati apporti solari, rispetto alle dispersioni ( $\gamma$  alti), il fattore d'utilizzazione degli apporti gratuiti dipende dalle caratteristiche capacitative dell'involucro ( $t_c$  alti), mentre per bassi apporti ( $\gamma$  bassi) le caratteristiche capacitative dell'edificio hanno un'importanza limitata (da UNI 10344)

## Stagione estiva

*Il controllo solare è particolarmente importante per le superfici trasparenti; deve assicurarne l'ombreggiamento totale, o parziale, senza però limitare eccessivamente l'illuminazione e, nello stesso tempo, senza limitare gli apporti solari gratuiti nella stagione invernale.*

### Controllo solare e protezione dal surriscaldamento

Il controllo solare è uno strumento essenziale, nei nostri climi, per evitare il surriscaldamento estivo ad assicurare un buon comfort. Esso è particolarmente importante per le superfici trasparenti; deve assicurarne l'ombreggiamento totale, o parziale, senza però limitare eccessivamente l'illuminazione e, nello stesso tempo, senza limitare gli apporti solari gratuiti nella stagione invernale.

La Tabella 3 riassume i vari sistemi di controllo solare comunemente utilizzati.

Importante per la valutazione del controllo solare dato dagli schermi esterni è l'uso dei "Diagrammi solari" e delle "Maschere di ombreggiamento".

**Tabella 3**  
Caratteristiche e applicabilità dei sistemi di controllo solare.

Sistema di controllo solare	Vantaggi	Svantaggi	Caratteristiche
Trattamento delle vetrate	Buon controllo della radiazione solare.	Limitazione dell'illuminazione. Reirraggiamento verso l'interno dell'energia assorbita. Limitazione degli apporti solari nella stagione invernale.	Soluzione adeguata per tutte le esposizioni delle superfici trasparenti. Trattamento riflettente (pirolitico o magnetotronico).
Schermi paralleli ed esterni alla superficie trasparente	Alto controllo della radiazione solare.	Difficoltà di manutenzione. Soggette all'azione del vento. Limitazione dell'illuminazione. Limitazione degli apporti solari nella stagione invernale se fissi.	Soluzione adeguata per tutte le esposizioni delle superfici trasparenti. È indispensabili utilizzare schermi mobili (veneziane, tapparelle, tende riflettenti) montate su guide e con caratteristiche superficiali riflettenti.
Schermi paralleli alle superfici trasparenti interposti tra due vetri	Alto controllo della radiazione solare.	Difficoltà di manutenzione. Limitazione dell'illuminazione. Limitazione degli apporti solari nella stagione invernale se fissi.	Soluzione adeguata per tutte le esposizioni delle superfici trasparenti. È indispensabili utilizzare schermi mobili (veneziane, tapparelle, tende riflettenti) montate su guide e con caratteristiche superficiali riflettenti.
Schermi paralleli interni alla superficie trasparente	Facilità di manutenzione.	Limitazione dell'illuminazione. Reirraggiamento verso l'interno dell'energia assorbita. Limitazione degli apporti solari nella stagione invernale.	Soluzione adeguata per tutte le esposizioni delle superfici trasparenti. È indispensabili utilizzare schermi mobili (veneziane, tapparelle, tende riflettenti) con caratteristiche superficiali riflettenti.
Aggetti orizzontali	Non limitazione dell'illuminazione. Non limitazione degli apporti solari nella stagione invernale. Alto controllo dalla radiazione solare (sud, sud-ovest, sud-est).	Integrazione architettonica. Accumulo polveri. Dettagli tecnologici da risolvere adeguatamente.	Soluzione adeguata per le superfici trasparenti esposte a sud, sud-est e sud-ovest.
Aggetti verticali	Non limitazione dell'illuminazione. Alto controllo dalla radiazione solare (ovest, est).	Integrazione architettonica. Accumulo polveri. Dettagli tecnologici da risolvere adeguatamente.	Soluzione adeguata per le superfici trasparenti esposte ad est ed ovest nel caso in cui siano mobili.
Aggetti verticali e orizzontali	Non limitazione dell'illuminazione. Alto controllo dalla radiazione solare (sud, sud-ovest, sud-est).	Integrazione architettonica. Accumulo polveri. Dettagli tecnologici da risolvere adeguatamente.	Soluzione adeguata per le superfici trasparenti esposte a est, sud-est, sud-ovest e ovest.



# Stagione estiva

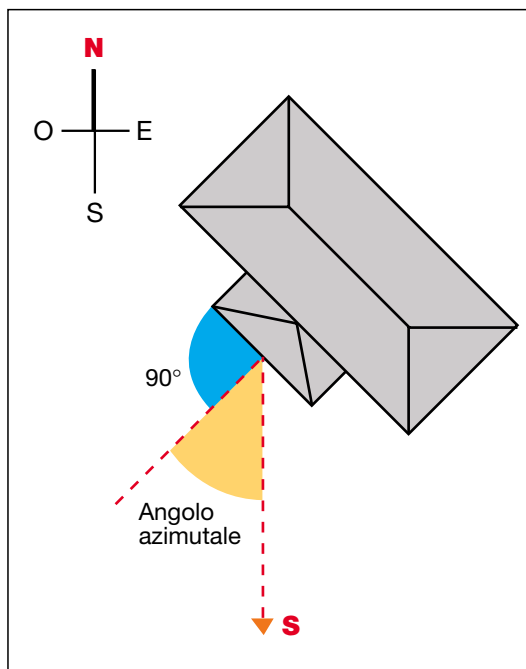
## Diagrammi solari

Sui diagrammi è riportato il percorso del sole nei vari mesi e la sua posizione alle varie ore del giorno (sia in altezza che come angolo rispetto alla direzione Sud).

I quattro diagrammi solari di pagina 25, 26 e 27 sono riferiti a varie latitudini; per latitudini intermedie si può interpolare.

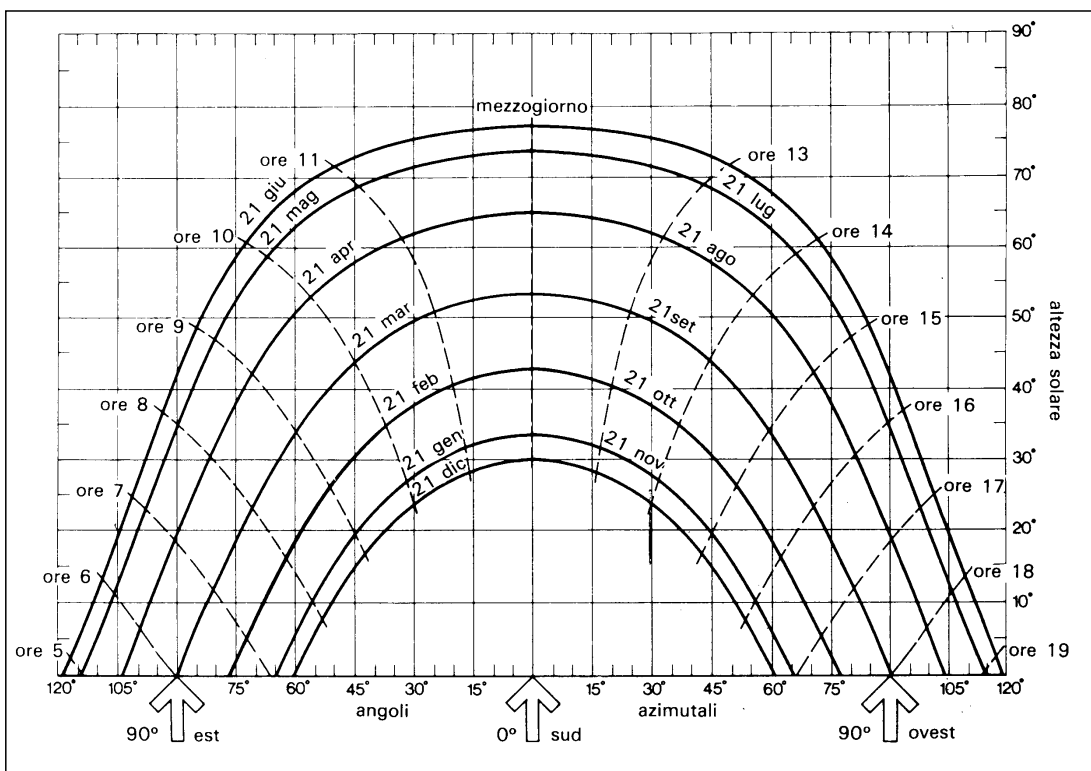
Va innanzitutto definito l'orientamento dell'edificio in rapporto alla direzione Sud; ciò si fa con "l'angolo azimutale" che indica di quanto la facciata dell'edificio è inclinata rispetto al Sud (Figura 26).

Una apertura non schermata posta su una facciata, "vede" l'ambiente esterno per 180°, 90° a destra ed altrettanti a sinistra. Se la facciata è esposta a Sud, riceve il sole dall'alba al tramonto; se essa invece è inclinata rispetto a Sud di un certo angolo azimutale (ad esempio 45° verso Ovest) si deve portare la freccia inferiore centrale del diagramma solare sui 45° a Ovest e calcolare i 90° di angolo visivo verso destra e sinistra; si vede così che essa è interessata dal sole da 45° a Est sino a 135° a Ovest (fuori dal diagramma). Se è alla latitudine 44°N (Figura 29) essa riceve il sole dalle 8 e 30 del mattino sino al tramonto (circa alle 16,30) il 21 dicembre; il 21 giugno invece, riceve il sole dalla 10 e 40 del mattino fino al tramonto, dopo le 19.



Sui diagrammi è riportato il percorso del sole nei vari mesi e la sua posizione alle varie ore del giorno. Ad esempio, una apertura non schermata posta in facciata con un angolo azimutale di 44° N riceve il sole il 21 giugno dalle 10,40 del mattino fino al tramonto (dopo le 19).

**Figura 26**  
Orientamento dell'edificio rispetto alla direzione SUD.



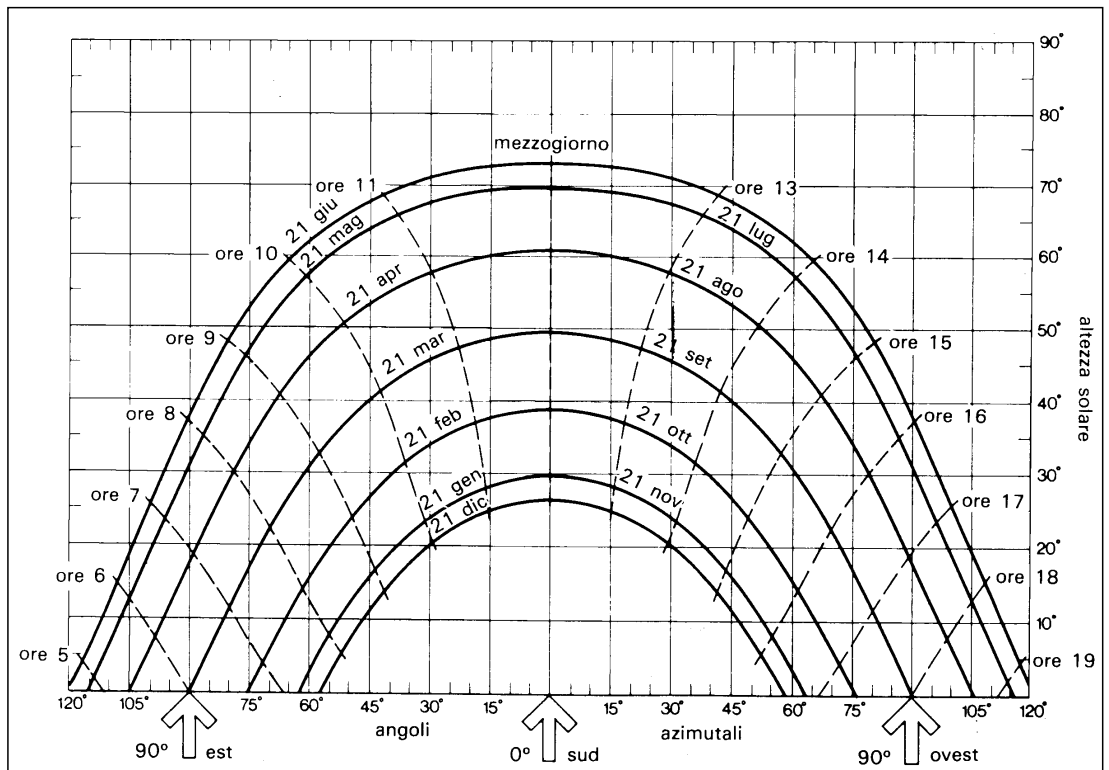
Latitudine 36°N

**Figura 27**  
Per una latitudine di 36°N; tra il solstizio estivo ed invernale la differenza della durata della giornata è di 5 ore; l'altezza massima del sole nel solstizio invernale è di 30°, mentre nel solstizio estivo è di 77°.

**Stagione estiva**

**Figura 28**

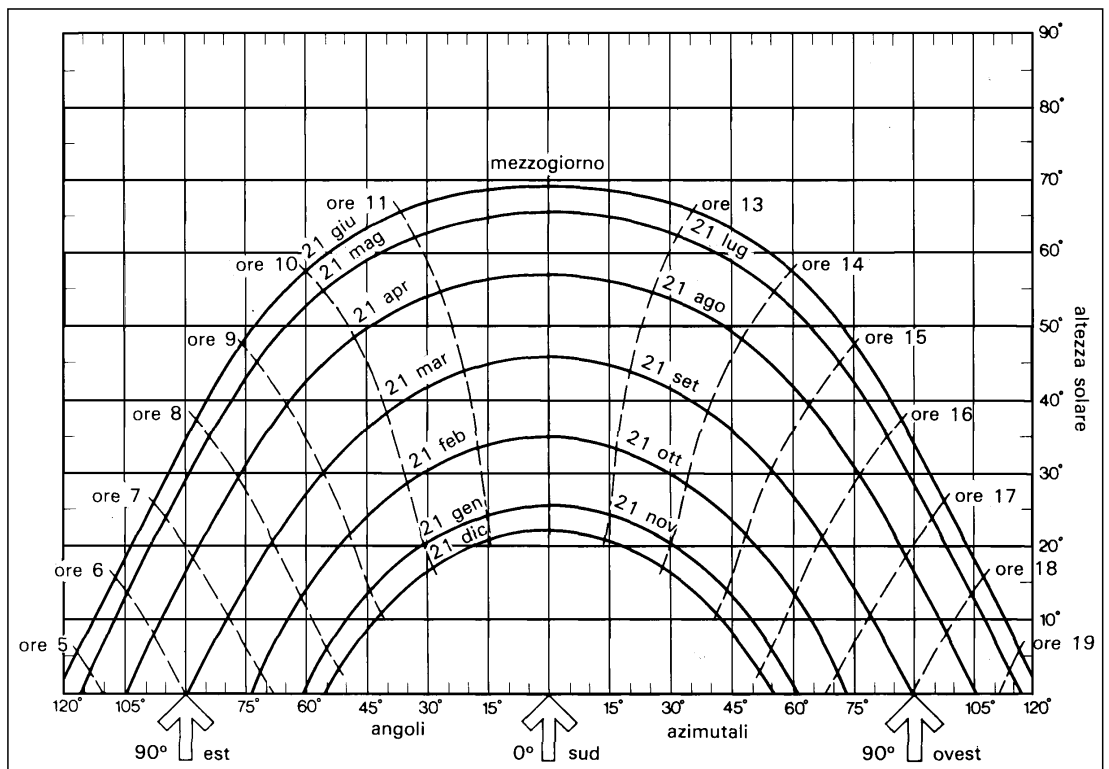
Diagramma solare per una latitudine di 40°N; tra il solstizio estivo ed invernale la differenza della durata della giornata è di oltre 5 ore; l'altezza massima del sole nel solstizio invernale è di 27°, mentre nel solstizio estivo è di 73°.



**Latitudine 40°N**

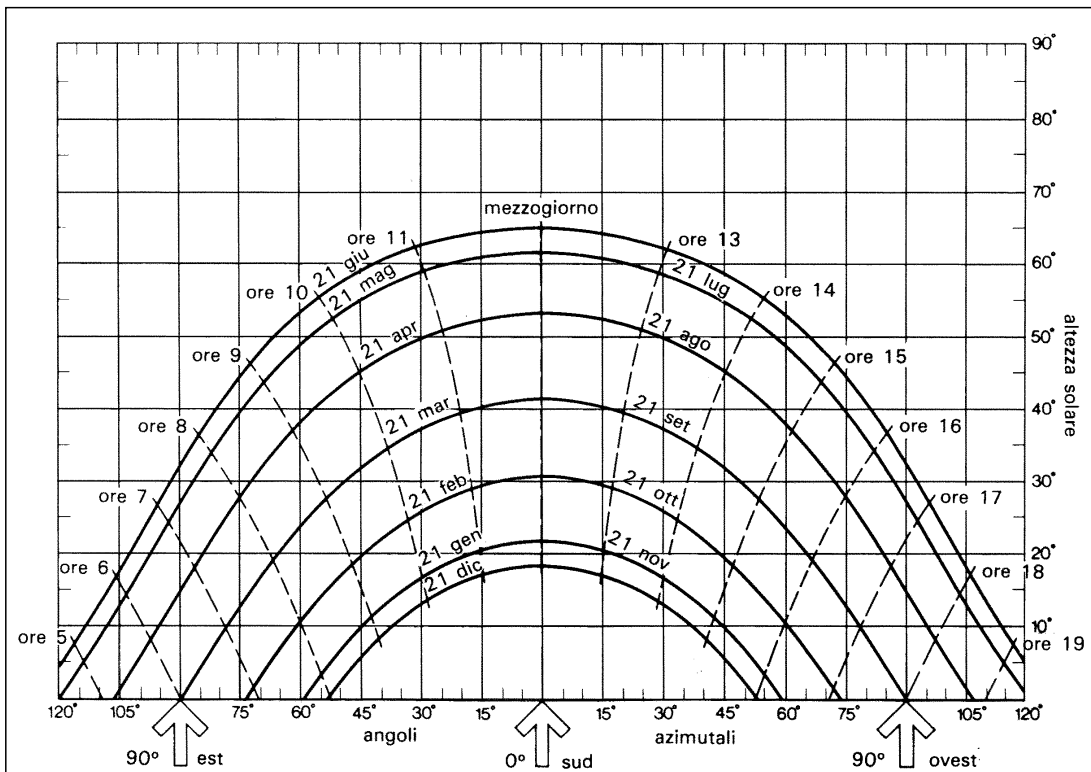
**Figura 29**

Diagramma solare per una latitudine di 44°N; tra il solstizio estivo ed invernale la differenza della durata della giornata è di quasi 6 ore; l'altezza massima del sole nel solstizio invernale è di 23°, mentre nel solstizio estivo è di 69°.



**Latitudine 44°N**

# Stagione estiva



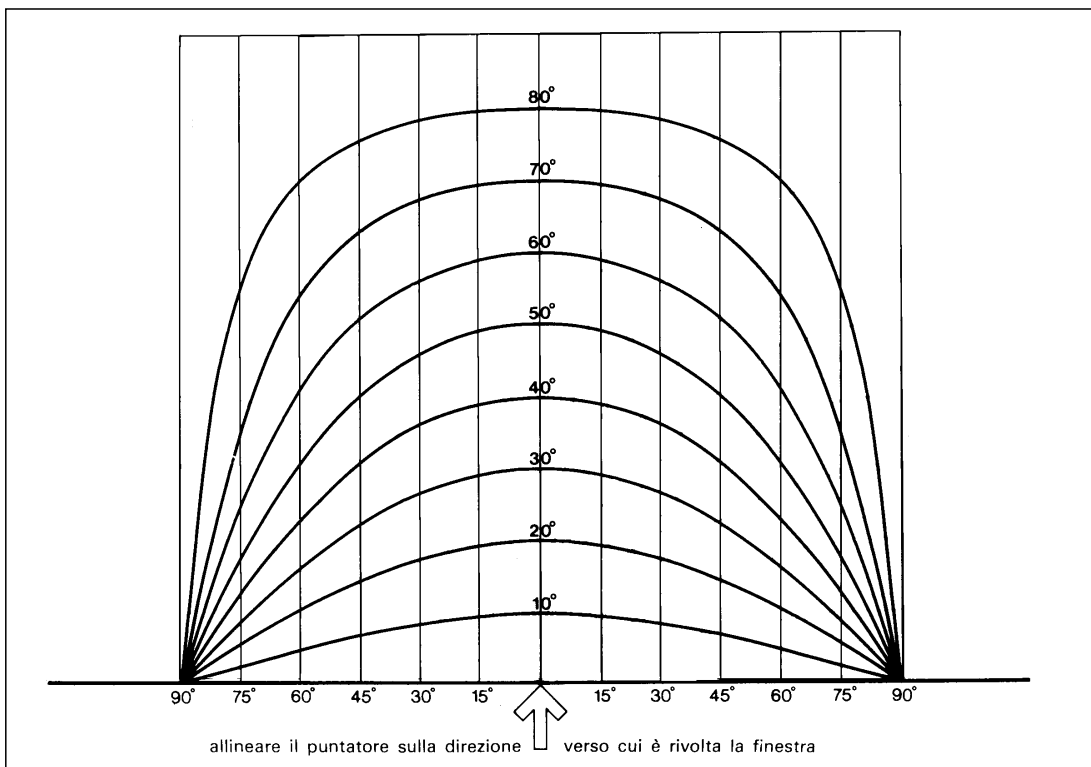
**Figura 30**  
 Diagramma solare per una latitudine di 48°N; tra il solstizio estivo ed invernale la differenza della durata della giornata è di 7 ore; l'altezza massima del sole nel solstizio invernale è di 18°, mentre nel solstizio estivo è di 65°.

Latitudine 48°N

## Maschere di ombreggiamento

Servono per valutare l'efficacia degli schermi esterni. A pagina 28 si trovano le indicazioni per l'utilizzo della maschera.

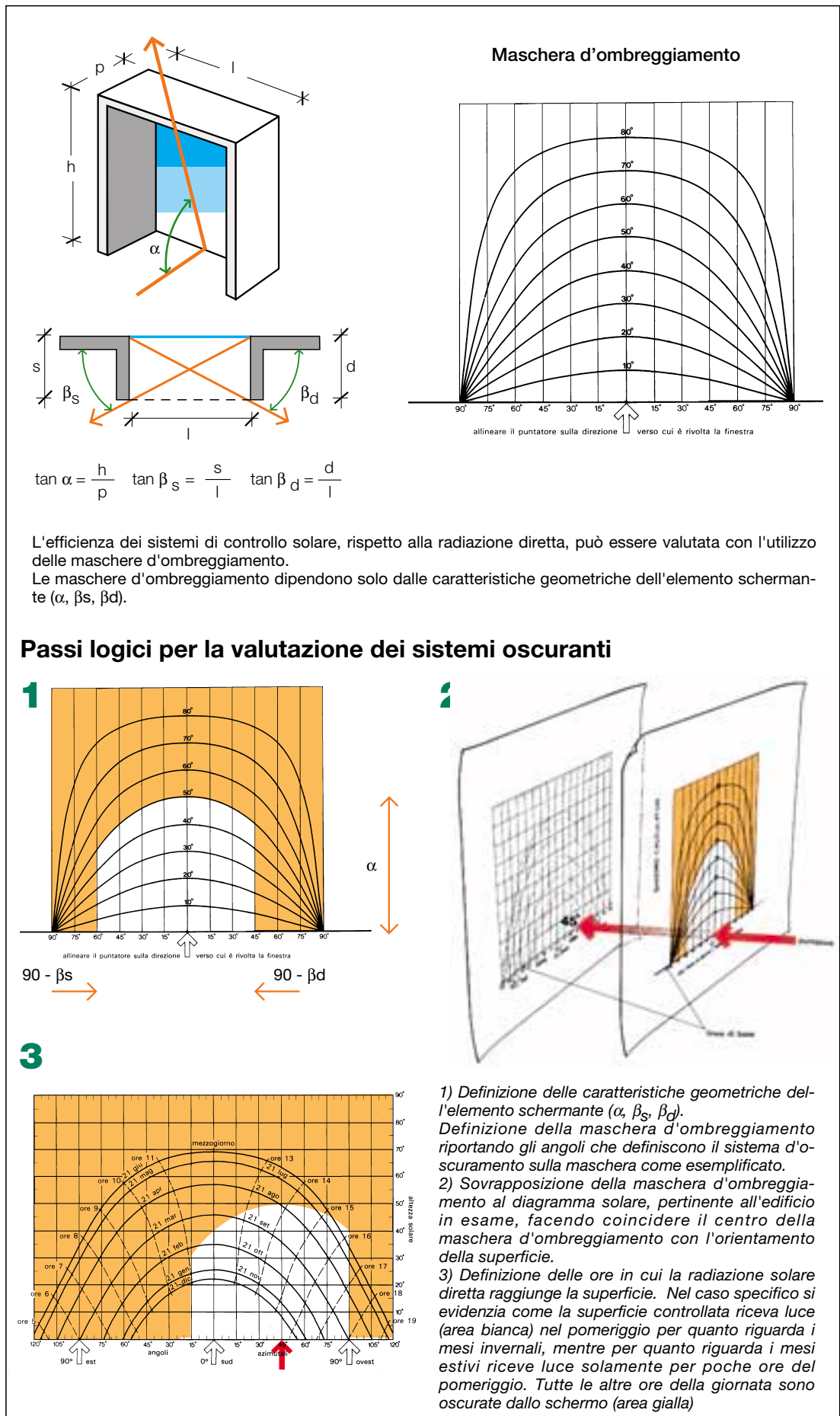
Qui sotto è riportata una maschera nella stessa scala dei diagrammi solari di pagina 25, 26 e 27.



**Maschera di ombreggiamento**  
 Questa figura, fotocopiata su carta lucida, può essere usata, secondo le indicazioni di pag. 28, con i diagrammi solari di pag. 25, 26 e 27.

# Stagione estiva

**Figura 31**  
Dimensionamento dei sistemi di oscuramento con le maschere solari (o di ombreggiamento).



Esempio di un sistema oscurante caratterizzato dai seguenti parametri:  
( $\alpha=50$ ,  $\beta_s=30$ ,  $\beta_d=45$ )  
Latitudine dell'edificio  $44^\circ N$ ;  
Orientamento della superficie  $45^\circ$  Ovest.

# Stagione estiva

## Inerzia termica

Nei nostri climi, specie nel Centro Sud è indispensabile limitare gli apporti solari anche attraverso l'involucro opaco dell'edificio. Ciò vale soprattutto per le coperture che sono le superfici più soleggiate dell'edificio ma anche per le pareti verticali (escluse quelle a Nord).

Per questo servono l'ombreggiamento delle superfici esposte al sole e l'inerzia termica delle stesse.

L'ombreggiamento si può ottenere con piante a foglie caduche (che non fanno ombra in inverno); l'inerzia termica serve a diminuire l'ampiezza delle escursioni termiche all'interno degli ambienti, causate dalle variazioni esterne, ed a far sì che gli apporti solari sull'esterno delle superfici opache non comportino temperature superficiali eccessivamente alte all'interno.

La Figura 32 riporta un criterio semplificato per definire la massa delle pareti dell'edificio in funzione della temperatura esterna massima estiva e della trasmittanza della parete (generalmente determinata in funzione dell'isolamento termico "invernale").

Il diagramma permette di definire la massa superficiale minima della parete ( $\text{kg/m}^2$ ) necessaria affinché le temperature superficiali interne non superino i  $26^\circ\text{C}$ . È evidente che con massa maggiore e/o trasmittanza minore rispetto ai valori diagrammati si avranno temperature superficiali più basse.

Dal diagramma di Figura 19 a pagina 19, si evidenzia come lo stesso flusso termico può essere ottenuto o diminuendo la trasmittanza o aumentando la massa dell'involucro; si nota anche come la massa delle pareti abbia maggior influenza in estate, rispetto all'inverno, per le maggiori escursioni termiche.

Un altro metodo per proteggersi dall'irraggiamento estivo è quello di fare pareti, o coperture, con intercapedini ventilate. La ventilazione naturale nell'intercapedine raffresca la parete interna, asportando gran parte del calore dovuto all'irraggiamento solare.

Il dimensionamento va fatto tenendo presente le esigenze sia estive che invernali, tra loro contrapposte; infatti per l'estate converrebbe fare intercapedini d'aria fortemente ventilate mentre in inverno è meglio il contrario, per usufruire delle resistenze termiche della intercapedine e del paramento esterno che la delimita. La norma UNI 7357-FA3 dà i criteri per il calcolo della resistenza termica delle pareti (verticali o orizzontali) comprendenti intercapedini d'aria che comunicano con l'esterno; la classificazione è la seguente:

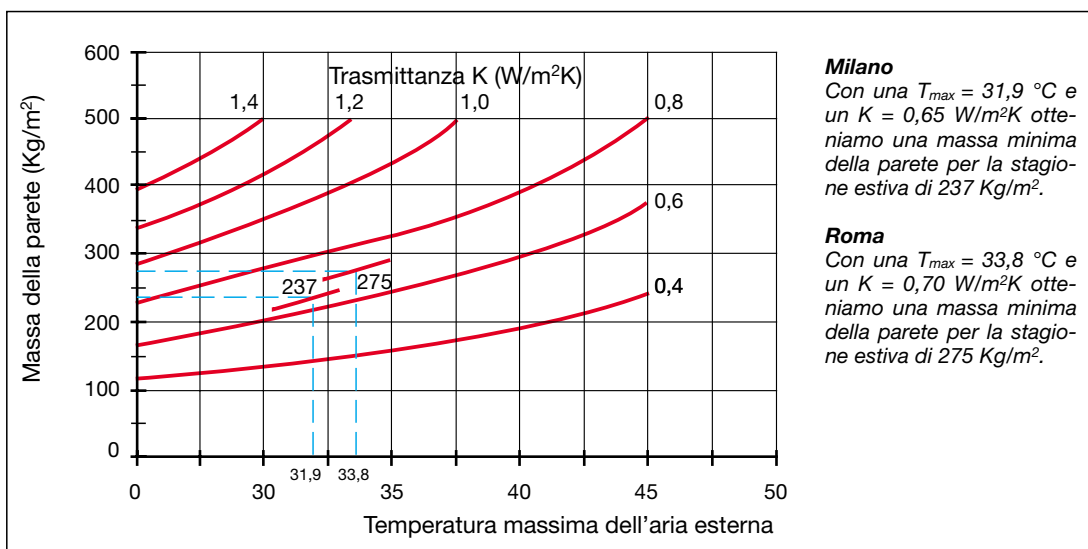
Parametri Geometrici	Grado di ventilazione		
	pochissimo	debole	forte
S/L $\text{m}^2/\text{m}$	< 0,002	tra 0,002 e 0,05	$\geq 0,05$
S/A $\text{m}^2/\text{m}^2$	< 0,0003	tra 0,0003 e 0,003	$\geq 0,003$

• S/L è il parametro che si utilizza per le pareti verticali; S è l'area totale delle aperture di ventilazione, distribuite per metà in basso e metà in alto; L è la lunghezza della parete.

• S/A è il parametro che si utilizza per le pareti orizzontali; S è l'area totale delle aperture di ventilazione; A è l'area della parete.

Per la protezione estiva occorre fare pareti con debole o forte ventilazione.

*L'inerzia termica serve a diminuire l'ampiezza delle escursioni termiche all'interno degli ambienti, causate dalle variazioni esterne, ed a far sì che gli apporti solari sull'esterno delle superfici opache non comportino temperature superficiali eccessivamente alte all'interno. Il diagramma permette di definire la massa superficiale minima della parete ( $\text{kg/m}^2$ ) necessaria affinché le temperature superficiali interne non superino i  $26^\circ\text{C}$ .*



**Figura 32**  
Predimensionamento delle caratteristiche termofisiche (massa della parete e trasmittanza termica) delle pareti in stagione estiva al variare della temperatura massima esterna dell'aria.

**Milano**  
Con una  $T_{\text{max}} = 31,9^\circ\text{C}$  e un  $K = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$  otteniamo una massa minima della parete per la stagione estiva di  $237 \text{ Kg/m}^2$ .

**Roma**  
Con una  $T_{\text{max}} = 33,8^\circ\text{C}$  e un  $K = 0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$  otteniamo una massa minima della parete per la stagione estiva di  $275 \text{ Kg/m}^2$ .

## Il Lecablocco Bioclima

*Leca è un inerte granulare, leggero, isolante, resistente, naturale; è fatto di terra cotta e aria.*

*Il Lecablocco Bioclima è prodotto utilizzando materie prime selezionate e controllate con impianti di grande affidabilità e secondo disegni studiati per ottenere le migliori caratteristiche termiche.*

Il Lecablocco Bioclima è un manufatto in calcestruzzo leggero di Leca finalizzato alla costruzione di pareti intonacate monostrato o bistrato che, oltre a buone caratteristiche meccaniche, abbiano anche ottime caratteristiche di isolamento termico-acustico, inerzia termica e salubrità.

### Leca è un prodotto naturale

Il Leca, principale costituente del Bioclima è la prima argilla espansa prodotta in Italia. Esso deriva dalla cottura, entro forni rotanti, di particolari argille. La temperatura di cottura è di quasi 1200 °C per cui il prodotto non contiene sostanze organiche.

Caratterizzato da una struttura interna cellulare compresa entro una scorza esterna dura e resistente, Leca è un inerte granulare, leggero, isolante, resistente, naturale; è fatto di terra cotta e aria.

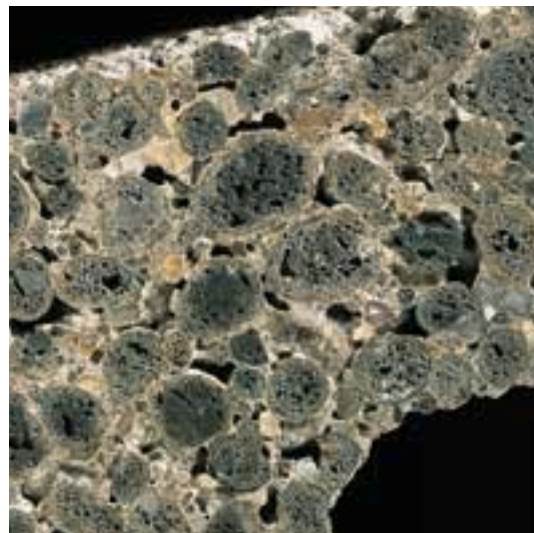
Prove di laboratorio e certificati dimostrano che il Leca e il Lecablocco Bioclima non emettono Radon né radioattività.

### Il Lecablocco Bioclima

Il Lecablocco Bioclima è prodotto utilizzando materie prime selezionate e controllate (Leca, aggregati naturali, cemento) con impianti di grande affidabilità. Gli spessori vanno dai 20 cm fino a 40 cm; la densità del calcestruzzo varia, a seconda dei tipi, tra 750 e 1100 kg/m<sup>3</sup>; la percentuale di foratura varia tra 0 ed il 30%. Densità del calcestruzzo e foratura sono abbinate tra loro in modo che la densità del blocco (vuoto per pieno), non superi gli 800 kg/m<sup>3</sup>. La forma e la disposizione delle camere d'aria sono studiate ai fini dell'isolamento termico.

Le trasmittanze ottenibili con i blocchi Bioclima possono essere ulteriormente migliorate (dal 5% al 16%) utilizzando la malta isolante "Bioclima" a base di argilla espansa Leca e con densità inferiore ai 1000 Kg/m<sup>3</sup>; si evitano in tal modo i ponti termici dovuti ai giunti di malta e, conseguentemente, si riducono le dispersioni.

Molto buone sono anche le caratteristiche di inerzia termica; come sopra detto la densità dei blocchi è di circa 800 kg/m<sup>3</sup>; ciò significa che una parete da 25 cm pesa 200 kg/m<sup>2</sup> di soli blocchi, ai quali vanno aggiunti gli intonaci; una parete intonacata da 35 cm supera nettamente i 300 kg/m<sup>2</sup>. Con questi pesi di parete e le corrispondenti trasmittanze, la protezione estiva è più che buona.



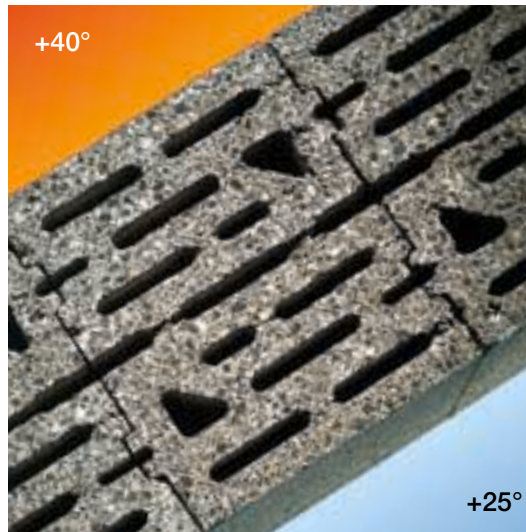
## Il Lecablocco Bioclima

### Le prestazioni del Lecablocco Bioclima

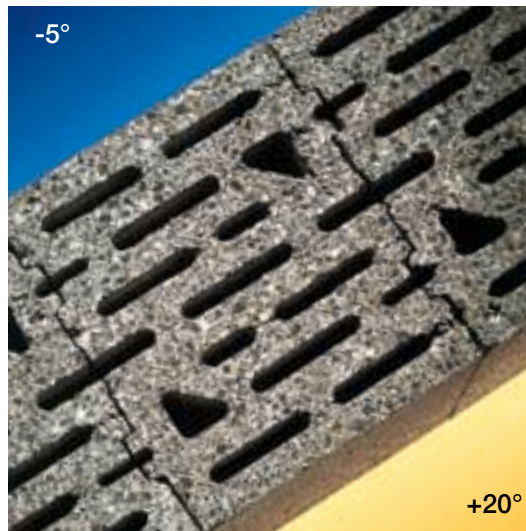
Esse sono, sostanzialmente:

- Ottimi valori di isolamento termico e di inerzia termica.
- Garanzia di igiene e salubrità ambientali: Bioclima non contiene sostanze nocive, organiche, fibrose; non emette Radon né radioattività. Ha buona permeabilità al vapore e quindi facilita lo smaltimento dell'umidità dell'ambiente.
- Ottimo comportamento al fuoco. Anche in presenza di incendio Bioclima, non brucia, non emette sostanze nocive né forma gas tossici. Le pareti in Lecablocchi hanno ottima resistenza al fuoco e restano integre; dopo l'incendio sono perciò recuperabili alle loro funzioni.
- Buona resistenza meccanica che permette la costruzione di edifici in muratura portante fino a tre piani.
- Ottimo comportamento acustico: le pareti in Bioclima hanno elevato potere fonoisolante.
- Bioclima è anche riciclabile. I materiali derivanti dalle parziali demolizioni delle pareti per gli impianti o per modifiche che l'edificio può subire nel tempo, sono assolutamente inerti e possono essere reimpiegati in edilizia.
- Assoluta durabilità: le caratteristiche e le prestazioni di Bioclima rimangono inalterate nel tempo.

Con i Lecablocchi Bioclima si possono fare pareti monostrato, intonacate sui due lati o doppie, abbinando la parete interna in Bioclima ad una parete esterna, generalmente in Lecablocchi Facciavista.



Estate



Inverno

*Lecablocco Bioclima ha ottimi valori di isolamento termico e di inerzia termica, non contiene sostanze nocive, organiche o fibrose, non emette Radon né radioattività. Ha buona permeabilità al vapore e in caso di incendio non brucia, non emette sostanze nocive né forma gas tossici. Ha un elevato potere fonoisolante, è riciclabile e le sue caratteristiche prestazionali rimangono inalterate nel tempo.*



## Il Lecablocco Bioclima

La norma UNI 10355 dà le caratteristiche di isolamento termico di diverse pareti fatte con vari elementi in diversi spessori. I blocchi Bioclima sono quelli che hanno le migliori resistenze termiche.

### Il Lecablocco Bioclima e l'isolamento termico

Qualità e densità del calcestruzzo Leca, numero, forma e dimensioni delle camere d'aria sono parametri finalizzati nel blocco Bioclima all'ottenimento delle migliori caratteristiche di isolamento termico.

I risultati variano a seconda delle dimensioni dei blocchi; sono comunque sempre di ottimo livello.

La norma UNI 10355 "Murature e solai - Valori della resistenza termica e metodo di calcolo" dà le caratteristiche di isolamento termico di diverse pareti fatte con vari elementi in diversi spessori. Sono elencate pareti in laterizio, in laterizio alveolato, in calcestruzzo di argilla espansa di diverse forme e dimensioni.

I blocchi Bioclima sono, in assoluto e per tutti gli spessori considerati quelli che danno le migliori resistenze termiche (e quindi le più basse trasmittanze).

### Il Lecablocco Bioclima e la traspirabilità delle pareti

La norma UNI 10351 dà per il calcestruzzo Leca della densità usata per i blocchi Bioclima una permeabilità al vapore di  $18 \div 36 \cdot 10^{-12}$  kg/m.s.Pa; ciò significa un coefficiente di resistenza al passaggio del vapore "μ" di  $5 \div 10$  che assicura una elevata traspirabilità della parete.

### Malta Termoisolante Bioclima

L'uso della nuova malta Termoisolante Bioclima per la posa dei blocchi permette di eliminare i ponti termici dovuti ai tradizionali giunti di malta conferendo omogeneità di isolamento e traspirabilità alla muratura. Il miglioramento dell'isolamento termico così ottenibile può arrivare al 16%.

### Il Lecablocco Bioclima e l'emissione di Radon

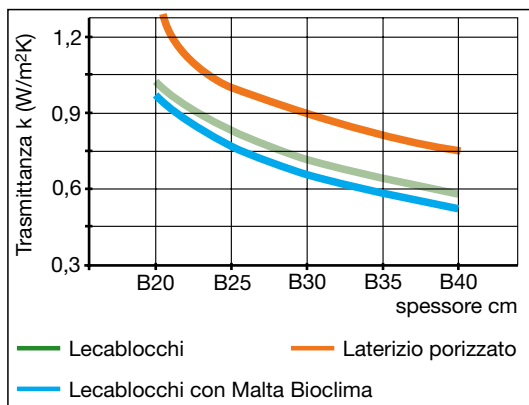
È risaputo che uno dei pericoli più insidiosi per la salubrità all'interno degli edifici è la presenza del gas radioattivo Radon.

Tale gas può provenire dal sottosuolo o dai materiali utilizzati per la costruzione.

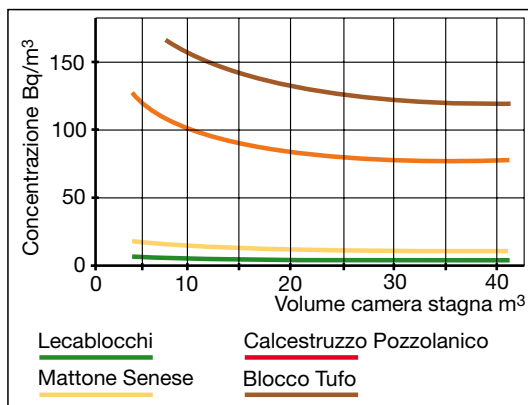
Contro il pericolo di gas proveniente dal sottosuolo si deve ricorrere a sigillatura e ventilazione dei locali a contatto col terreno (cantine, garage e simili); contro il rischio di emissione dei materiali si devono usare solo materiali testati.

Lecablocco è stato provato ottenendo ottimi risultati; il diagramma di Figura 34 riporta quale sarebbe la concentrazione di Radon in una camera stagna (senza ricambi d'aria) le cui pareti fossero state fatte con diversi materiali; il caso dei Lecablocchi è quello con minor concentrazione; il valore limite di  $100 \text{ Bq/m}^3$  è quello raccomandato dalle norme USA.

**Figura 33**  
Valori di trasmittanza indicati dalla norma UNI 10355.



**Figura 34**  
Diagramma della concentrazione di Radon in camera stagna.





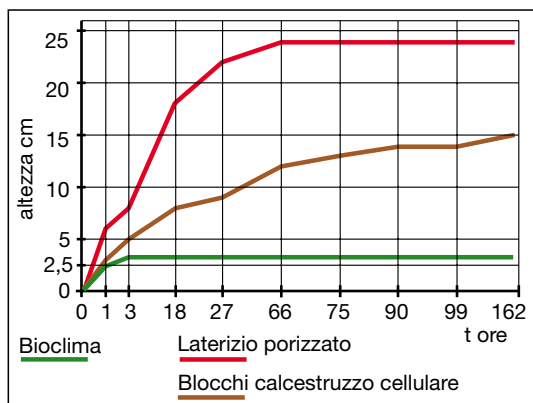
# Il Lecablocco Bioclima

## L'assorbimento per capillarità dei Lecablocchi

Nelle pareti esterne, specie se monostrato, ha grande importanza l'assorbimento d'acqua per capillarità dei materiali costituenti la parete. Infatti, eventuali infiltrazioni d'acqua meteorica che possono avvenire attraverso l'intonaco vengono trasmesse verso l'interno e assorbite dalla parete in funzione delle caratteristiche di assorbimento per capillarità degli elementi utilizzati.

I blocchi Bioclima hanno un bassissimo assorbimento; questo favorisce il mantenimento di condizioni di asciuttezza della parete.

Il diagramma di Figura 35 riporta l'andamento della risalita capillare di diversi elemento per costruzione.

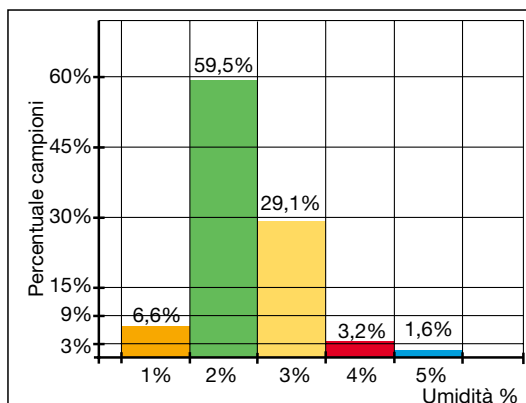


## Il Lecablocco Bioclima ed il contenuto di umidità di equilibrio

Al fine di stabilire l'effettivo contenuto di umidità di equilibrio di pareti in Lecablocchi, è stata fatta dalla Università di Bari, una campagna di misurazioni su case di abitazione costruite da almeno 3 anni. Sono stati testati 61 edifici, 42 in Val Padana e 19 in Puglia.

I controlli in Val Padana sono stati fatti alla fine dell'inverno, inizio primavera, nel periodo quindi più umido. I risultati sono riportati nell'istogramma di Figura 37. In più del 60% dei casi l'umidità contenuta risulta inferiore al 2%; nel 95% dei casi l'umidità è inferiore al 3%.

Questo fatto depone a favore della salubrità delle pareti in Lecablocchi e del mantenimento delle loro caratteristiche di isolamento termico.



*I blocchi Bioclima hanno un bassissimo assorbimento; questo favorisce il mantenimento di condizioni di asciuttezza della parete. In più del 60% dei casi l'umidità contenuta risulta inferiore al 2%; nel 95% dei casi l'umidità è inferiore al 3%.*

**Figura 35**  
Diagramma dell'andamento della risalita capillare in diversi blocchi isolanti.

**Figura 36**  
Foto della prova di risalita capillare per diversi blocchi isolanti.

**Figura 37**  
Istogramma del contenuto di umidità in equilibrio di pareti in Lecablocchi.



## Il Lecablocco Bioclima

*La rapidità di posa, i pezzi speciali, l'incastro verticale e la possibilità di utilizzare una malta isolante ed omogenea con il blocco, fanno di Bioclima un sistema costruttivo completo per pareti monostrato portanti e di tamponamento.*

**Figura 38**  
Posa del Lecablocco Bioclima. La malta va distribuita uniformemente su due fasce separate per limitare i ponti termici. Il blocco Bioclima va posato rovesciato, con il "fondo chiuso" rivolto verso l'alto, per avere un piano di posa della malta ottimale.

**Figura 39**  
Pareti monostrato portanti.

**Figura 40**  
Pareti di tamponamento. Nelle pareti di tamponamento la protezione delle strutture in c.a. è fondamentale per limitare i ponti termici.

### I vantaggi di posare Bioclima

Sotto l'aspetto ergonomico ed ergonomico Bioclima si dimostra tra i materiali più convenienti in commercio per la elevata velocità di posa ed il ridotto consumo di malta. La rapidità di posa, infatti, ovvero la resa giornaliera espressa in m<sup>3</sup> di blocchi posati/giorno è normalmente legata alla dimensione del blocco ed al suo peso. Inoltre, nei blocchi Bioclima ad incastro verticale si ottiene una notevole riduzione della malta, l'eliminazione di un ponte termico ed un'ulteriore riduzione dei tempi di posa. I blocchi Bioclima vanno posati rovesciati per sfruttare il setto di chiusura delle camere d'aria. Ciò consente la creazione di un vero e proprio piano corrimalta che impedisce alla malta di posa di intasare le camere stesse ottimizzando il comportamento termico e distribuendo correttamente i carichi verticali sul corso sottostante.

### Pareti monostrato portanti

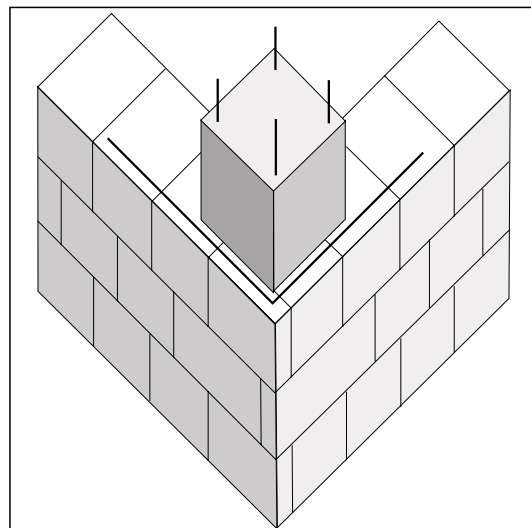
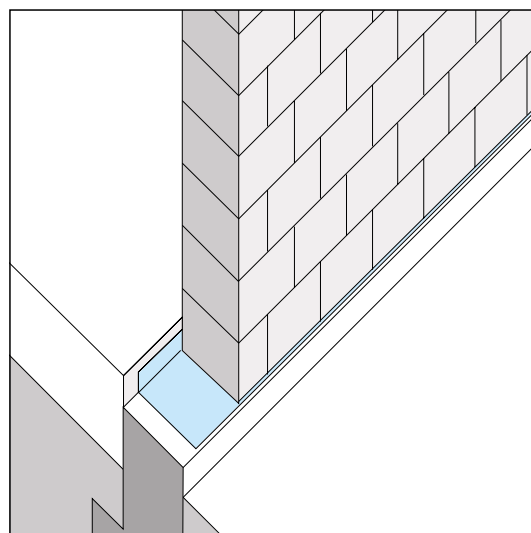
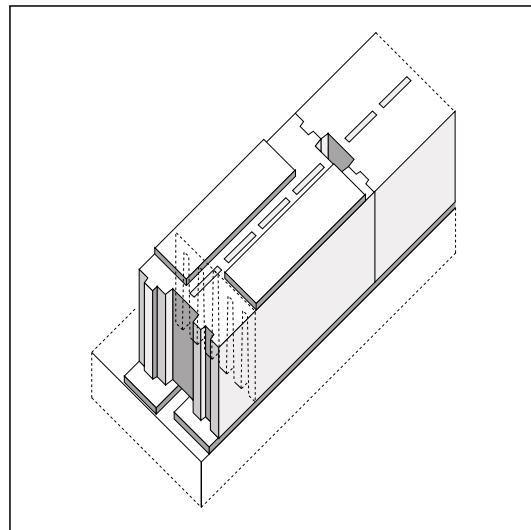
Grazie alle buone caratteristiche di resistenza meccanica e isolamento termico i blocchi Bioclima da 20-25-30-35-37 e 40 cm permettono la costruzione di pareti portanti ed isolanti al tempo stesso per edifici di alcuni piani.

Essi rispondono sia ai requisiti posti dal D.M. 20.11.87 sulle murature portanti che a quelli delle leggi energetiche (373 - 10), senza aggiunta di altri materiali, salvo l'intonaco.

### Pareti di tamponamento

I blocchi Bioclima si prestano ottimamente per costituire il tamponamento di edifici civili, industriali o commerciali con struttura intelaiata in cemento armato.

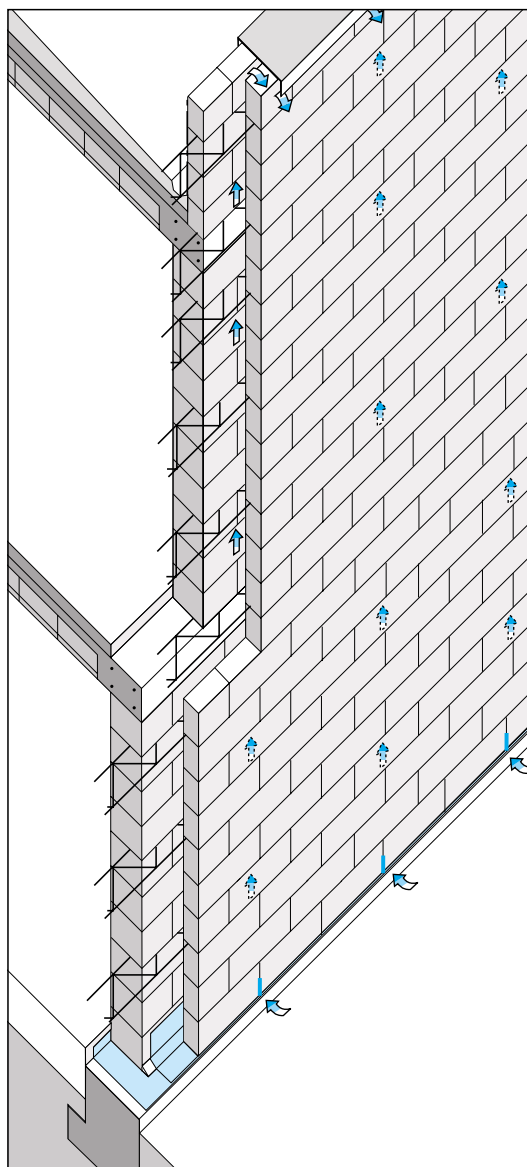
L'utilizzo di pezzi speciali permette anche la formazione, all'interno della parete, di irrigidimenti sia verticali che orizzontali assai utili per i tamponamenti di grande luce o soggetti alla spinta del vento.



# Il Lecablocco Bioclima

## La parete doppia e con intercapedine ventilata

La parete doppia permette di conciliare soluzioni architettoniche di ottima finitura con le caratteristiche bioclimatiche necessarie. La qualità, i colori e le finiture dei Lecablocchi Facciavista permettono al progettista di esprimersi con la massima libertà nella ricerca dell'effetto estetico desiderato sull'esterno della parete, combinando poi il tutto con le qualità di isolamento termoacustico dei blocchi Bioclima (paramento interno). Un altro vantaggio nell'utilizzo dei due elementi suddetti è la modularità dei blocchi che facilita la posa e risolve le eventuali difficoltà nelle connessioni interno-esterno. Dal punto di vista propriamente tecnico la parete doppia consente di realizzare pareti con spessori compresi tra i 35 e i 46 cm, con trasmittanze "K" variabili tra 0,8 e 0,5 W/m<sup>2</sup>K. L'intercapedine compresa tra i due paramenti deve avere spessore di 4 - 5 cm e deve essere lasciata vuota per evitare il passaggio verso la parete interna, e quindi nell'ambiente, di eventuali infiltrazioni d'acqua dall'esterno. Del resto la realizzazione del paramento interno con blocchi Bioclima assicura un ottimo isolamento termoacustico senza la necessità di inserire materiali sfusi o pannelli che faciliterebbero la trasmissione dell'acqua verso l'interno. Un'ulteriore possibilità di questa soluzione è la realizzazione dell'intercapedine ventilata, caratterizzata cioè dall'effetto "camino", particolarmente utile per la circolazione dell'aria e quindi per la protezione estiva (vedi pagina 13).



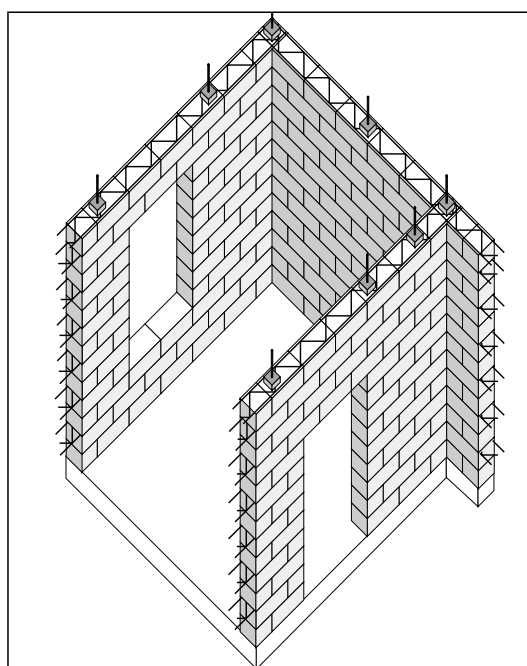
*La parete doppia con rivestimento esterno facciavista consente di unire le caratteristiche tecniche dei Bioclima con quelle estetiche ed architettoniche dei Lecablocchi Facciavista. Inoltre, con la muratura armata MBZ si possono realizzare edifici in zona sismica.*

**Figura 42**  
Pareti doppie con rivestimento in Lecablocchi Facciavista.

## La muratura armata

Buona parte del territorio italiano è classificato come zona sismica. In essa le costruzioni devono essere fatte secondo quanto prescritto dalla legge n° 64 del '74 e dal Decreto Ministeriale del 16-1-96.

Tra i sistemi costruttivi ammessi in zona sismica vi è quello in "muratura armata". Bioclima si presta ottimamente ad essere utilizzato per la muratura armata, non solo ma esso è espressamente previsto in un particolare tipo di sistema costruttivo, denominato "MBZ" che è stato riconosciuto idoneo per le costruzioni in zona sismica, dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. La muratura armata permette la realizzazione di edifici senza il telaio di cemento armato, con vantaggi economici e termici (isolamento diffuso con eliminazione dei ponti termici dovuti ai pilastri).



**Figura 43**  
Muratura armata sistema "MBZ".

## Esempi progettuali

*... la scarsa insolazione dei mesi invernali non consente di promuovere efficacemente i guadagni solari per cui è necessario privilegiare un approccio conservativo limitando le dispersioni. Nella stagione intermedia l'irraggiamento è sufficiente a coprire il fabbisogno energetico. Le elevate temperature dei mesi estivi, richiedono un adeguato controllo degli apporti solari.*

### Esempi di progettazione

Si riportano qui di seguito due esempi di progettazione fatta secondo i criteri esposti nella prima parte del manuale.

I progetti sono dell'ing. A. Filiberti e tendono a dimostrare la piena utilizzazione dei principi bioclimatici. Proprio per questo non sono stati considerati i vincoli che sono abitualmente posti dalla forma dei terreni, dagli edifici circostanti, da altri fattori che comunemente condizionano la progettazione. Ciò non significa che i principi bioclimatici non possono essere applicati in presenza di quei condizionamenti; semplicemente ogni caso va studiato a sé.

#### 1° Esempio : Milano

Villette a schiera ad uso residenziale  
Località: dintorni di Milano  
Latitudine 45° 27'  
Altezza s.l.m. 122 m.

#### Descrizione del clima e strategie progettuali adottate

Il clima dell'area di Milano si caratterizza per un inverno rigido (temperatura media del mese più freddo 1,7 °C; temperatura minima di progetto -5°C) e da un'estate calda caratterizzata da un'elevata umidità (temperatura media del mese più caldo 25,1 °C; massima di 31,9°C; escursione giornaliera  $\Delta T=12^{\circ}\text{C}$ ) con un'umidità del 70-80%. Nei mesi invernali l'irradianza media mensile sulle superfici è modesta (per le superfici esposte a sud circa 6 MJ/m<sup>2</sup> con prevalenza della componente diffusa, mentre nei mesi estivi è sostenuta

(circa 10 MJ/m<sup>2</sup>). L'analisi dei dati climatici rispetto al diagramma psicometrico (vedi pagina 17) ha evidenziato come la scarsa insolazione dei mesi invernali non consente di promuovere efficacemente i guadagni solari per cui è necessario privilegiare un approccio conservativo limitando le dispersioni (S/V e trasmittanza dei componenti limitata) e le infiltrazioni, senza tuttavia limitare la salubrità degli ambienti. Nella stagione intermedia l'irraggiamento è sufficiente a coprire il fabbisogno energetico.

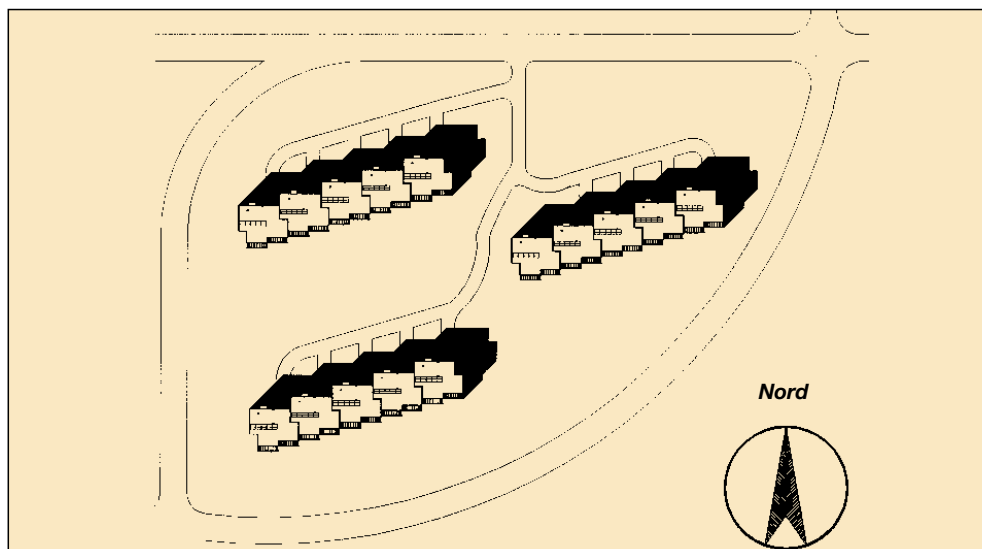
Le elevate temperature dei mesi estivi, richiedono un adeguato controllo degli apporti solari attraverso schermi, mentre le possibili situazioni di surriscaldamento possono essere gestite attraverso la ventilazione naturale privilegiando la ventilazione notturna.

#### Forma ed orientamento dell'edificio

L'edificio composto da 5 casette a schiera si caratterizza per un basso rapporto S/V (0,654) in modo tale da limitare le dispersioni energetiche. Per sfruttare efficacemente gli apporti solari durante la stagione invernale ed avere un più agevole controllo degli carichi energetici in estate l'edificio è stato concepito rispetto ad un asse principale est-ovest.

L'edificio presenta due prospetti principali (prospetto sud e prospetto nord) differenti; il prospetto sud è caratterizzato da un elevato rapporto tra la superficie trasparente e quella opaca (0,49), per sfruttare gli apporti solari, mentre quello nord presenta delle aperture trasparenti limitate (0,1) per limita-

Planimetria e orientamento dell'edificio situato a Milano



## Esempi progettuali

re le dispersioni, mentre ad est ed ovest non sono state previste aperture. Gli spazi interni sono stati distribuiti in modo tale da privilegiare la disposizione a sud dei locali a maggiore fruizione, quali soggiorno, sale da pranzo e camere principali, mentre gli altri locali, che hanno minori esigenze di comfort, quali cucine e servizi igienici, sono disposti a nord (vedi pagina 7). Nei locali a maggiore produzione di inquinanti, quali servizi igienici e cucine sono state localizzate le canalizzazioni d'aspirazione dell'aria di rinnovo, in modo tale da mantenere tali locali in costante depressione e quindi confinare gli inquinanti.

### **Sistemi solari passivi, di controllo solare e di raffrescamento utilizzati**

Per la captazione dell'energia solare si utilizzano due diversi sistemi: al pianterreno ci sono due serre per ogni villetta, non condizionate, che hanno anche la funzione di ridurre i disperdimenti energetici facendo da "spazio cuscinetto" tra la zona abitata e l'esterno; al piano superiore si opera con il

guadagno diretto attraverso le superfici vetrate. La funzione delle serre non è continua durante l'anno ma dipende dalle condizioni climatiche esterne visto che le serre non sono climatizzate.

Il dimensionamento è il seguente:

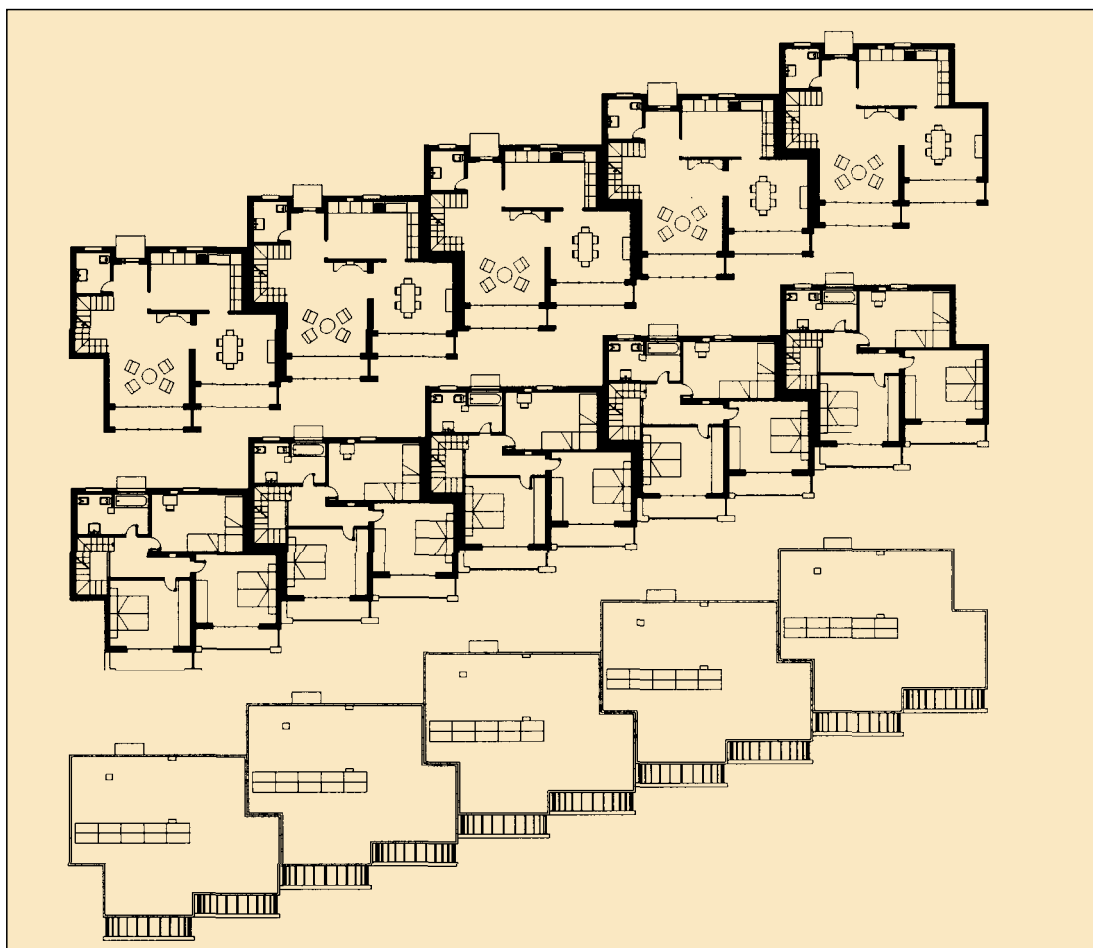
- Serre: il rapporto tra superficie vetrata e superficie del pavimento della serra indicato nella tabella di predimensionamento di massima, a pagina 22 è di 0,81 (valore interpolato per la temperatura esterna + 2°C tra i valori 0,53 per 36° Latitudine e 0,90 per 48° Latitudine); il rapporto effettivo utilizzato è di 1,42 e quindi superiore al dato di predimensionamento. Si è fatto così perché la serra prevista è apribile a ventaglio in alto e può quindi essere facilmente regolata.

Il rapporto tra superficie vetrata della serra e superficie del pavimento del locale retrostante risulta di 0,49.

La parte vetrata esterna è prevista con serramento a doppi vetri; analogo serramento separa la serra dall'ambiente interno.

- Guadagno diretto: il rapporto tra superficie vetrata e superficie del pavimento del locale retrostante, indicato nella tabella di predimensionamento a pagina 20 è pari a

*... al pianterreno ci sono due serre per ogni villetta, non condizionate, che hanno anche la funzione di ridurre i disperdimenti energetici facendo da "spazio cuscinetto"; al piano superiore si opera con il guadagno diretto attraverso le superfici vetrate.*



Piano terra

Piano primo

Piano copertura

## Esempi progettuali

*Pareti verticali esterne: sono previste in blocchi Bioclima, intonacati su ambo i lati con intonaco tradizionale; il lato esterno è protetto con intonaco plastico traspirante. La trasmittanza è di  $0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; il peso superficiale è di  $290 \text{ kg/m}^2$ .*

0,20 (interpolazione tra i valori dati per Latitudine  $44^\circ$  e Latitudine  $48^\circ$  in corrispondenza della temperatura esterna  $+2^\circ\text{C}$ ). I locali retrostanti (stanze da letto) hanno una superficie di  $16 \text{ m}^2$ ; la porta finestra ha una superficie vetrata (al netto del telaio) di  $4,6 \text{ m}^2$ ; ne risulta un rapporto di 0,29, superiore a quello indicato; anche qui la scelta è stata fatta tenendo conto della possibilità di regolazione del guadagno diretto con tende da sole.

Sono stati adottati anche sistemi di isolamento termico dei serramenti per diminuire le dispersioni termiche notturne ed avere buone temperature superficiali ( $K$  notturno  $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

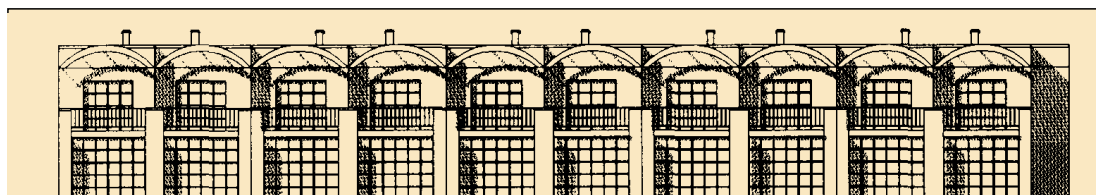
In copertura sono previsti dei lucernari che hanno la funzione di illuminare la zona centrale degli alloggi e quindi ridurre i consumi per illuminazione; i lucernari sono provvisti di un sistema di oscuramento a lamelle orientabili che hanno la funzione sia di prevenire il surriscaldamento estivo che di isolare termicamente durante le ore notturne invernali.

Per la stagione estiva sono previsti sistemi di ombreggiamento delle superfici vetrate costituiti da schermi fissi orizzontali.

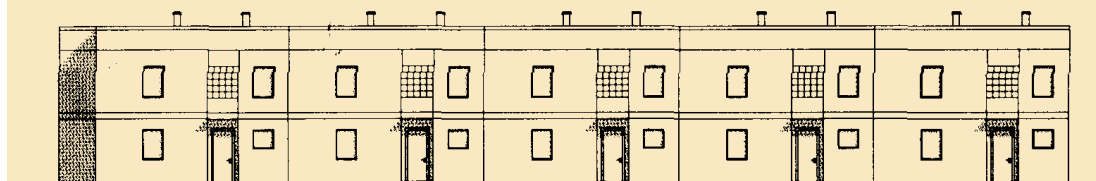
Per le serre, l'aggetto orizzontale è costituito dal balcone sovrastante, dato che la parte esterna della serra durante l'estate viene aperta mentre i serramenti del piano superiore sono ombreggiati per mezzo di una pergola superiore utilizzabile sia come elemento di supporto per rampicanti a foglie caduche, sia per tendaggi esterni. Entrambi i sistemi consentono di prevenire efficacemente gli apporti solari estivi.

Le caratteristiche geometriche dei sistemi oscuranti, definite attraverso l'utilizzo delle maschere solari hanno permesso il dimensionamento sia dei balconi che delle pergole in modo tale da prevenire apporti solari diretti nei mesi caldi (da maggio ad agosto compresi); i balconi hanno un aggetto di  $\text{m} 1,60$  a cui corrisponde un angolo  $\alpha$  di  $61^\circ$ ;  $\beta_S$  e  $\beta_D$  sono pari a  $0^\circ$  dato che non esistono schermi verticali fissi; la pergola al primo piano sporge di  $1,4 \text{ m}$  determinando un angolo  $\alpha$  di  $59^\circ$ .

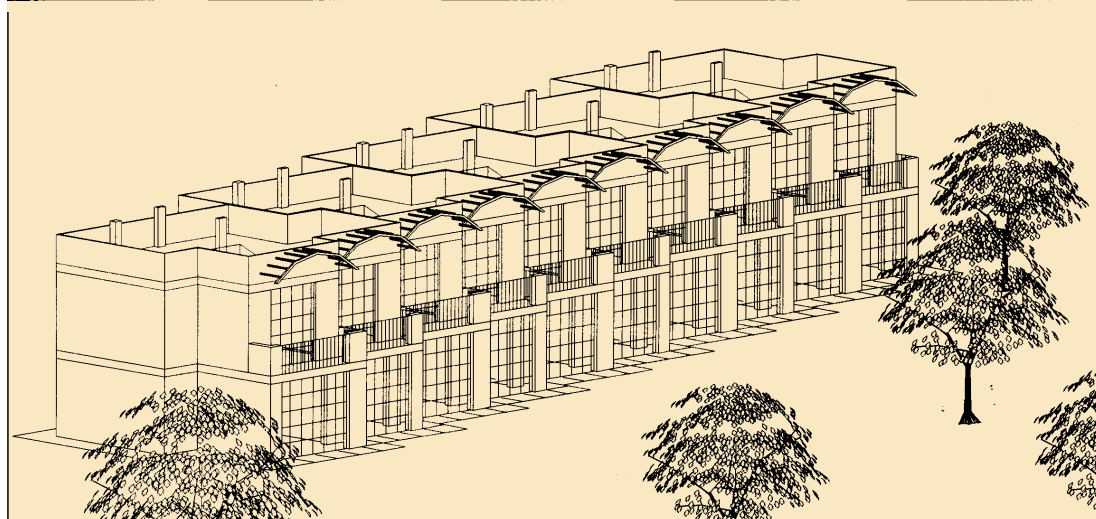
Prospetto sud



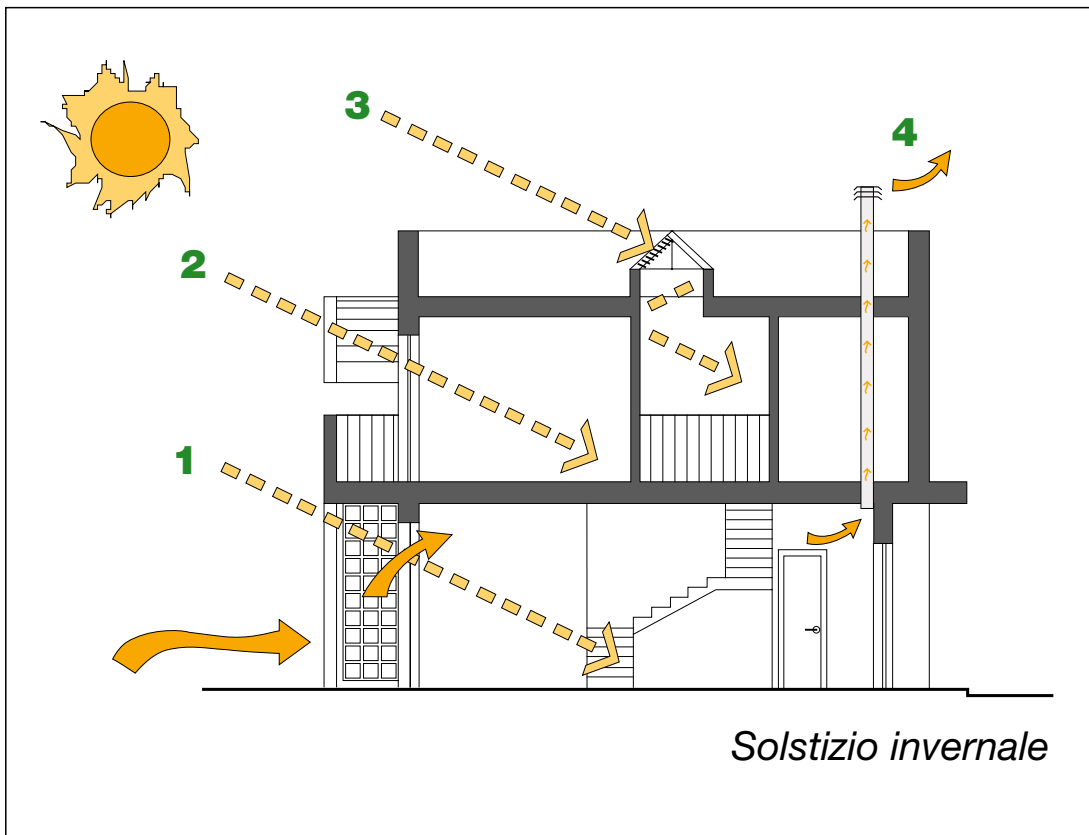
Prospetto nord



Assonometria



# Esempi progettuali



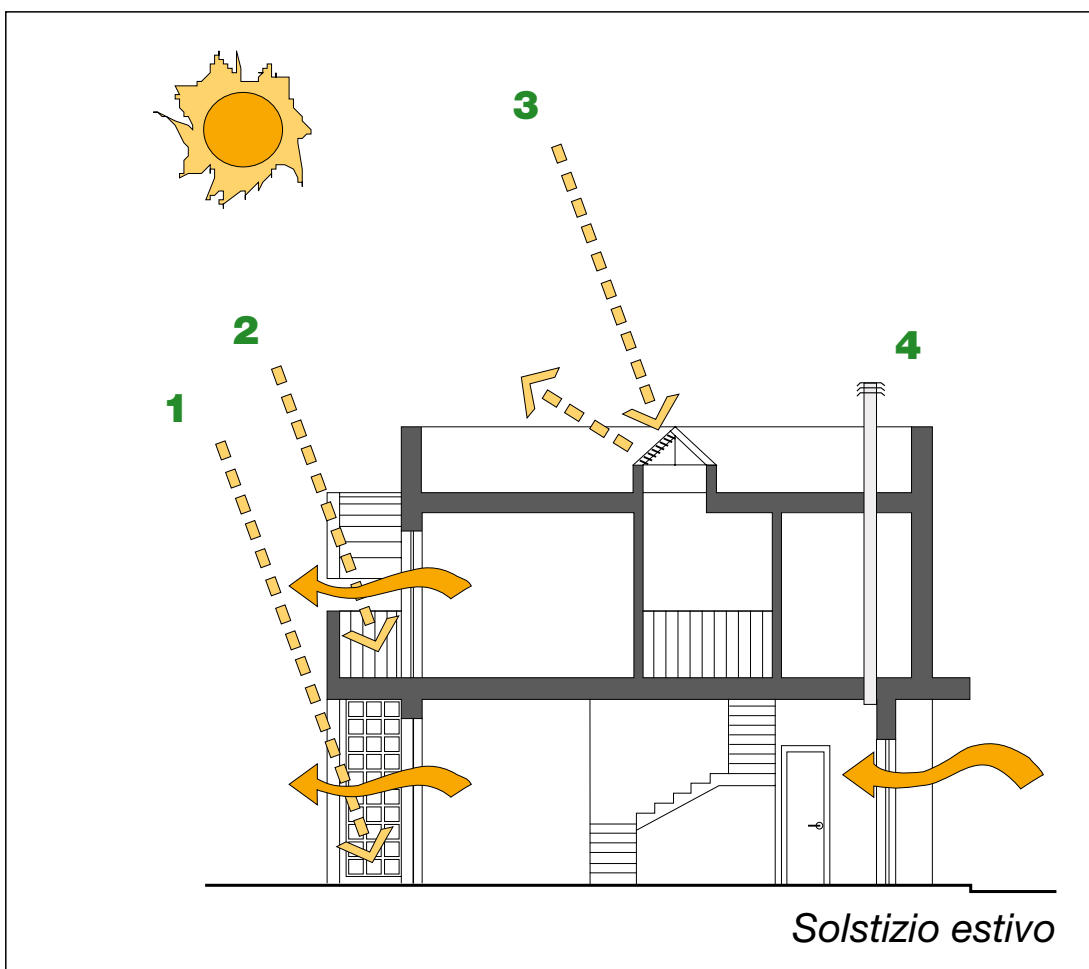
## Solstizio invernale

**1)** Durante la stagione invernale la serra, oltre a essere utilizzata come elemento di mediazione tra l'ambiente interno e quello esterno viene utilizzata come preriscaldamento dell'aria di rinnovo

**2)** Le caratteristiche dei sistemi oscuranti consentono alla luce di penetrare all'interno dell'edificio

**3)** L'utilizzo di un lucernario isolato termicamente a nord consente di illuminare gli spazi interni all'edificio

**4)** L'aria d'espulsione viene estratta dai locali ad elevata produzione di inquinanti (cucina e bagni) attraverso dei canali verticali asserviti a dei ventilatori



## Solstizio estivo

**1)** L'elemento di chiusura esterno della serra viene aperto (attraverso un'apertura a ventaglio in verticale) in modo da eliminare i carichi energetici in stagione estiva attraverso la serra.

**2)** L'elemento oscurante a forma di semicerchio è concepito in modo tale da poter essere utilizzato come pergola oppure come elemento di sostegno di sistemi oscuranti in tessuto

**3)** I lucernari sono provvisti di un sistema di oscuramento a lamelle orientabili per limitare i carichi energetici

**4)** La ventilazione naturale durante le ore notturne rinfresca le masse interne dell'edificio.

## Esempi progettuali

Come mostrato in figura i disperdimenti totali dell'edificio sono pari a 99,22 kWh/m<sup>2</sup> anno di cui solamente il 42%, sono forniti dall'impianto di riscaldamento. La restante parte deriva dai guadagni interni (4%) e dagli apporti solari.

### Caratteristiche termofisiche delle strutture e materiali utilizzati

Le caratteristiche termofisiche dell'involucro sono tali da soddisfare sia le esigenze di comfort che le disposizioni della legge 10 contro i disperdimenti energetici (Cd limite 0,64 W/m<sup>3</sup>K).

- Pareti verticali esterne: sono previste in blocchi Bioclima, intonacati su ambo i lati con intonaco tradizionale; il lato esterno è protetto con intonaco plastico traspirante. La trasmittanza è di 0,65 W/m<sup>2</sup>K; il peso superficiale è di 290 kg/m<sup>2</sup>. Per il comfort invernale la trasmittanza massima indicata dal diagramma di pagina 16 è di 0,73 W/m<sup>2</sup>K; si è scelto un Lecablocco con trasmittanza inferiore per rientrare nei limiti posti dalla legge 10; per le condizioni estive si veda il diagramma di pagina 29; risulta necessario un peso di parete di almeno 237 kg/m<sup>2</sup>.
- Partizioni interne: Lecablocchi B12 tra i locali; Lecablocchi Bioclima B25 tra le varie unità immobiliari. Tra le varie cassette a schiera la parete di separazione è fatta con blocchi Bioclima B25, intonacati, sia per motivi acustici che per quelli termici; infatti l'impianto di riscaldamento centralizzato permette la conduzione (e la contabilizzazione) separata tra le varie unità immobiliari.
- Solaio controterra (su vespaio ventilato): coibentato con sottofondo in Leca impastato, spessore 8 cm + 5 cm di cappa in Lecamix o tradizionale; la trasmittanza è di 0,80 W/m<sup>2</sup>K.
- Copertura: piana, pedonabile, costituita da solaio con sovrastante isolamento in Leca imboiacciato di spessore 16 cm e

sovrastanti guaina con terrazzo; la trasmittanza è di 0,45 W/m<sup>2</sup>K e la massa superficiale di 430 kg/m<sup>2</sup>. Confrontando con le indicazioni del diagramma a pagina 29 si nota come, in questo caso, le caratteristiche termofisiche del progetto siano sovradimensionate. Il diagramma è fatto per le pareti verticali; una copertura è esposta all'irraggiamento per tutto il giorno e deve quindi essere molto più protetta (specie se non comprende intercapedini ventilate).

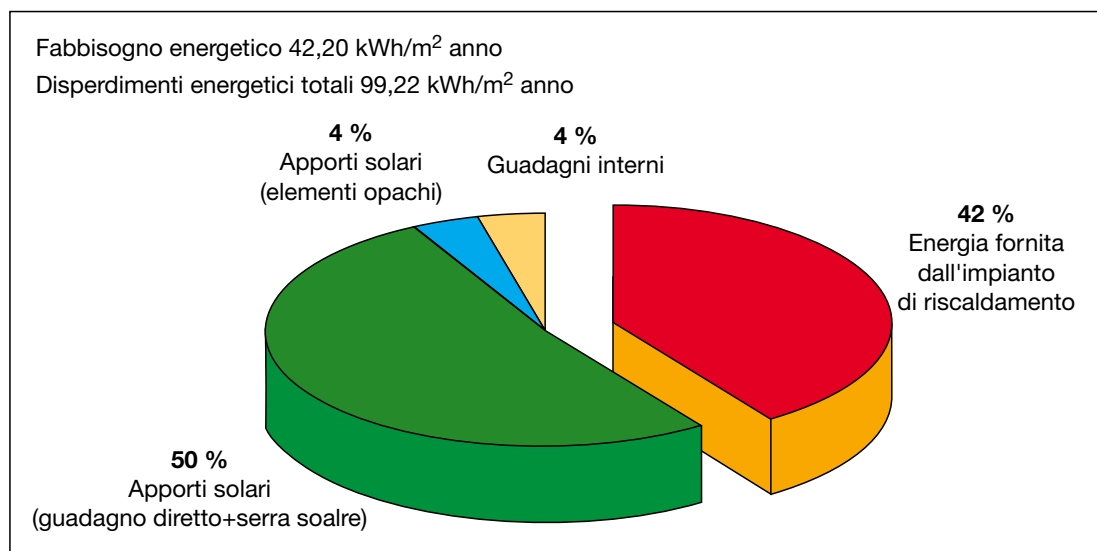
- Serra: Serramento esterno in alluminio con taglio termico e vetro camera (4-12-4) trasmittanza = 3,2 W/m<sup>2</sup>K. Serramento interno in alluminio con taglio termico e vetro camera (4-12-4). Trasmittanza = 3,2 W/m<sup>2</sup>K.
- Altri serramenti: in legno con vetro camera (4-12-4); trasmittanza = 2,7 W/m<sup>2</sup>K; trasmittanza notturna con sistema di isolamento = 1,2 W/m<sup>2</sup>K.
- Portoncino di ingresso in legno K = 2,2 W/m<sup>2</sup>K.

### Valutazione energetica

Il coefficiente di dispersione per conduzione, calcolato secondo le indicazioni contenute nel DPR 412 attuativo della Legge 10, è inferiore a quello imposto per legge (Cd progetto 0,49 < Cd limite 0,64 W/m<sup>3</sup>K)<sup>1</sup> così come i disperdimenti totali dell'edificio (FEN progetto 28,6 << FEN limite 78,9 kJ/m<sup>3</sup>GG);

Come mostrato in figura i disperdimenti totali dell'edificio sono pari a 99,22 kWh/m<sup>2</sup> anno di cui solamente il 42%, sono forniti dall'impianto di riscaldamento. La restante parte deriva dai guadagni interni (4%) e dagli apporti solari. Il coefficiente di utilizzo degli apporti solari nei mesi più freddi risulta superiore a 0,98.

Fabbisogno energetico dell'edificio situato a Milano



#### Note

1) Il valore limite di Cd = 0,64 W/m<sup>3</sup>K è quello vigente a giugno '96.



## Esempi progettuali

### 2° Esempio: Roma

Villette a schiera ad uso residenziale  
Località: dintorni di Roma  
Latitudine 41°53'  
Altezza s.l.m. 20 m.

#### Descrizione del clima e strategie progettuali adottate

Il clima dell'area di Roma si caratterizza per un inverno mite (temperatura media del mese più freddo 7,6 °C; temperatura minima di progetto 0°C) e da un'estate caldo secca (temperatura media del mese più caldo 25,7 °C con una massima di 33,8°C ed un'escursione giornaliera  $\Delta T=11^\circ\text{C}$ ) con umidità del 50-60%.

L'irradianza media mensile è sostenuta sia nei mesi invernali che in quelli estivi (circa 10 MJ/m<sup>2</sup> sulle superfici esposte a sud nei mesi invernali).

A pagina 17 è riportato il diagramma di Milne Givoni per la zona di Roma con le relative indicazioni progettuali; in sintesi: la cospicua insolazione dei mesi invernali consente di promuovere i guadagni solari attraverso sistemi solari passivi e nella stagione intermedia l'irraggiamento è sufficiente a coprire il fabbisogno energetico.

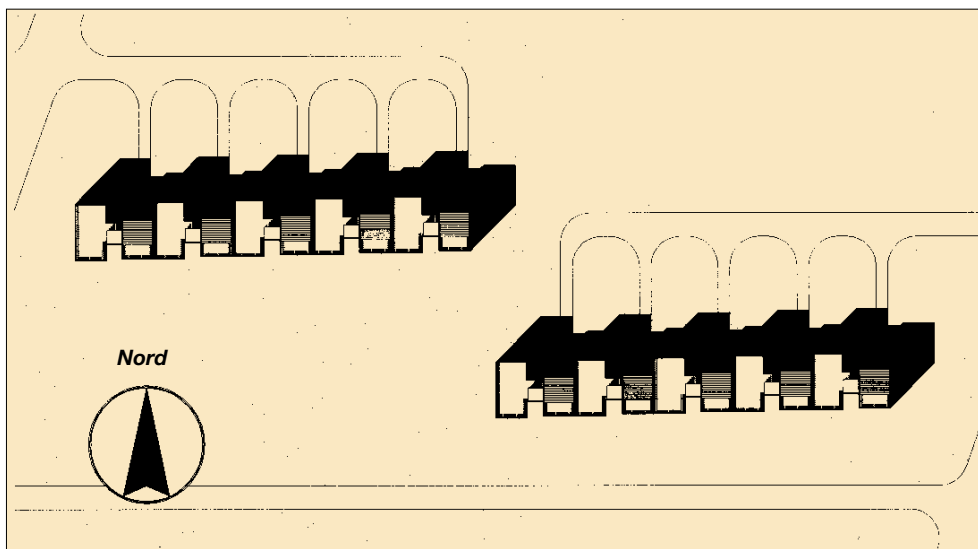
Le elevate temperature dei mesi estivi, richiedono un adeguato controllo degli apporti solari sia attraverso schermi che con l'inerzia termica dell'edificio data la rilevanza delle escursioni termiche giornaliere. La bassa umidità dell'aria permette di sfruttare efficacemente la ventilazione naturale anche in regime estivo.

#### Forma ed orientamento dell'edificio

L'edificio composto da 5 villette a schiera, si dispone lungo l'asse est-ovest in modo da sfruttare efficacemente gli apporti solari durante la stagione invernale. Il clima mite e la sensibile insolazione dei mesi invernali hanno suggerito di utilizzare elevati rapporti S/V (0,75) in modo tale da favorire la captazione dell'energia solare. A questo scopo gli edifici sono stati concepiti con una profondità limitata (massima di 8,4 m) e disponendo i locali maggiormente fruiti e con maggiori esigenze di comfort sul lato sud dell'edificio (vedi pagina 7).

L'edificio presenta due prospetti principali (prospetto sud e prospetto nord) differenti che denotano la differente propensione di captare energia; il prospetto sud è caratterizzato da un elevato rapporto tra la superficie trasparente e quella opaca (0,21 di serramenti e 0,145 di muro Trombe), mentre per quello nord è molto basso (0,08).

*... la cospicua insolazione dei mesi invernali consente di promuovere i guadagni solari attraverso sistemi solari passivi e nella stagione intermedia l'irraggiamento è sufficiente a coprire il fabbisogno energetico. Le elevate temperature dei mesi estivi, richiedono un adeguato controllo degli apporti solari sia attraverso schermi che con l'inerzia termica dell'edificio data la rilevanza delle escursioni termiche giornaliere.*



Planimetria e orientamento dell'edificio situato a Roma

## Esempi progettuali

... la captazione dell'energia solare si utilizzano due sistemi: quella a guadagno diretto e quella con il muro di Trombe.

Essi sono previsti sia a pianoterra che al primo piano nei locali principali (soggiorno - pranzo - stanze da letto).

### Sistemi solari passivi, di controllo solare e di raffrescamento utilizzati

Per la captazione dell'energia solare si utilizzano due sistemi: quella a guadagno diretto e quella con il muro di Trombe.

Essi sono previsti sia a pianoterra che al primo piano nei locali principali (soggiorno - pranzo - stanze da letto).

Il dimensionamento è il seguente:

- Muro di Trombe: dalla tabella di predimensionamento di massima a pagina 21 si ricava che per la latitudine di Roma e la temperatura esterna di + 7°C (media di gennaio a Roma) è consigliato un rapporto tra la superficie vetrata del muro Trombe e quella calpestabile del locale retrostante di 0,28 (interpolazione tra i valori 0,26 e 0,30 corrispondenti rispettivamente alle latitudini 40° e 44°).

Nel nostro caso i locali retrostanti sono, in media, di 24 m<sup>2</sup>; ne risulterebbe un muro di Trombe da 6,7 m<sup>2</sup>; poiché in questo caso si ha un sistema misto, si sceglie di farlo da 3,24 m<sup>2</sup> (rapporto 0,14).

- Guadagno diretto: sempre dalla tabella di predimensionamento, si ricava un rapporto di 0,114; per motivi architettonici si fa una portafinestra da mt 1,60 x 2,2 che, al netto del telaio, ha una superficie vetrata di 2,8 m<sup>2</sup> con un rapporto di 0,117.

I due sistemi di captazione sommati tra loro, sono quindi sovradimensionati; lo si è

fatto perché entrambi sono coperti da aggetti orizzontali per cui non saranno interamente soleggiati nelle mezze stagioni e perché entrambi sono facilmente regolabili; il muro di Trombe per mezzo di bocchette in basso ed in alto della parte vetrata (vedi Figura 22); le porte-finestre, con tende da sole.

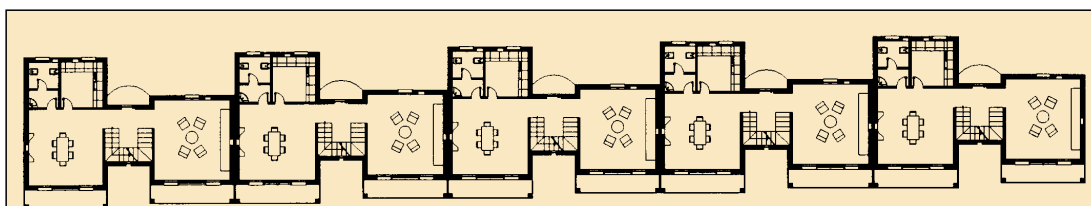
Nei muri Trombe è prevista la possibilità di chiudere le bocchette per la ventilazione verso l'interno dei locali durante la notte in modo da limitare le dispersioni termiche (vedi Figura 22).

Nella stagione estiva il rischio di surriscaldamento viene prevenuto soprattutto con gli aggetti orizzontali e verticali fissi (balcone e gronda) che oscurano i serramenti a Sud (a Est ed Ovest non ci sono aperture).

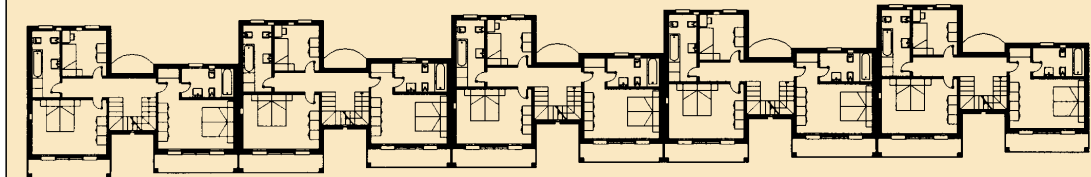
Gli aggetti orizzontali e le velette definiscono un sistema di oscuramento con le seguenti caratteristiche (vedi pagina 28):  $\alpha = 63^\circ$ ;  $\beta_s = 5^\circ$ ;  $\beta_d = 5^\circ$ . Il serramento non è soleggiato da circa metà aprile a metà agosto; tra metà agosto e fine settembre quando gli schermi fissi non oscurano completamente la parte vetrata, si può usare la tenda da sole.

Come già detto il muro di Trombe in estate può essere usato come "camino solare" per richiamare aria fresca dal lato nord dell'edificio instaurando una moderata ventilazione diurna; durante la notte si dovrà aumentare la ventilazione per raffrescare le strutture (oltre che gli ambienti).

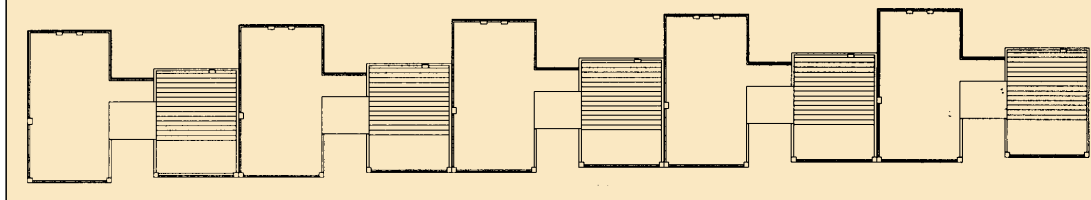
Piano terra



Piano primo



Piano copertura



## Esempi progettuali

### Caratteristiche termofisiche delle strutture e materiali utilizzati

Le caratteristiche termofisiche dell'involucro sono tali da soddisfare sia le esigenze di comfort che le disposizioni della legge 10 contro i disperdimenti energetici (Cd limite  $0,84 \text{ W/m}^3\text{K}$ ).

- Pareti verticali esterne: sono previste in blocchi Bioclima, intonacati sui 2 lati con intonaco tradizionale; il lato esterno è ulteriormente protetto con un intonaco plastico traspirante. La trasmittanza è di  $0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; il peso superficiale è di  $280 \text{ kg/m}^2$ .

Per il comfort invernale la trasmittanza massima indicata dal diagramma di pagina 16 è di  $0,91 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; si è scelto un blocco con trasmittanza inferiore per rientrare nei limiti posti dalla legge 10; per le condizioni estive si veda il diagramma di predimensionamento di pagina 29; risulta necessario un peso di parete di almeno  $275 \text{ kg/m}^2$ .

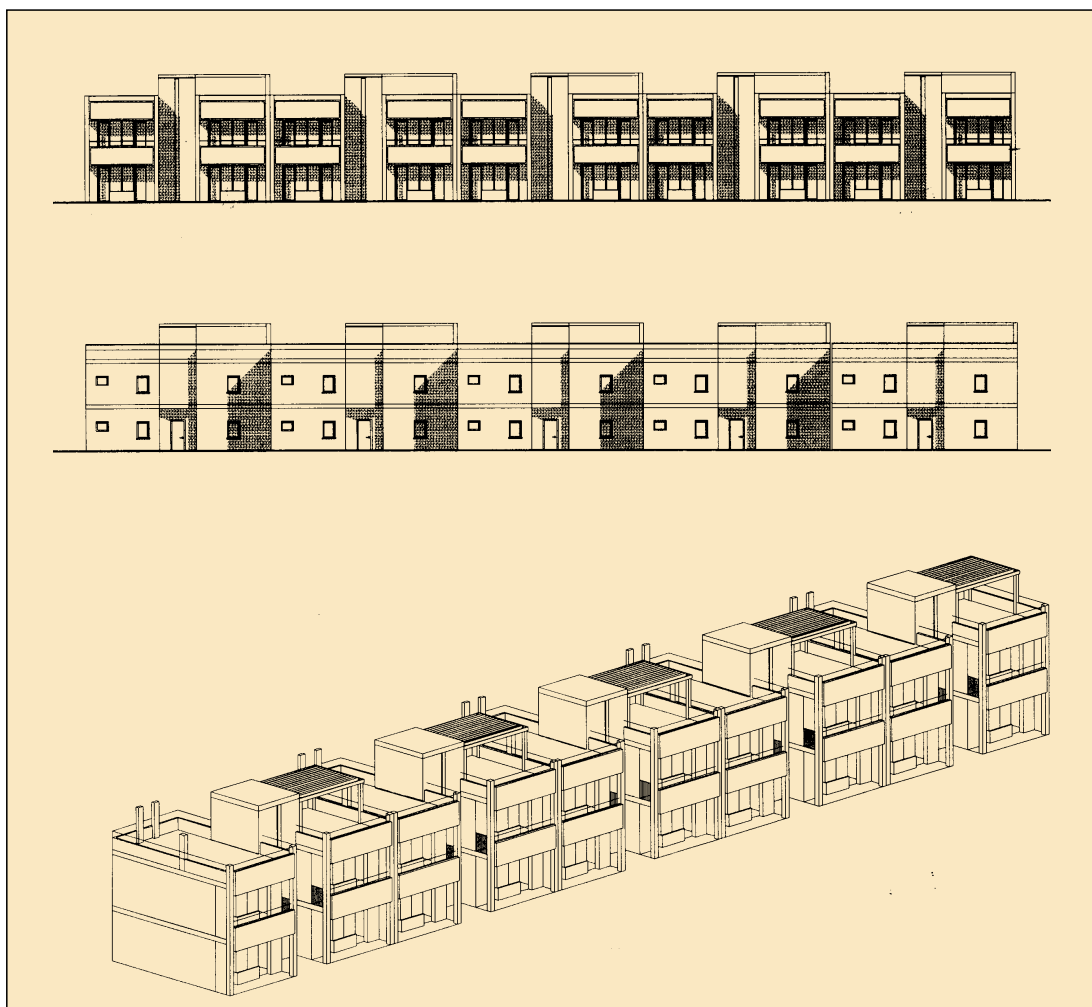
- Partizioni interne: Lecablocchi B12 tra i locali; Lecablocchi Bioclima B25 tra le varie unità immobiliari.

Tra le varie casette a schiera le parete di separazione è fatta con blocchi Bioclima B25, intonacati, sia per motivi acustici che per quelli termici; infatti l'impianto di riscaldamento centralizzato permette la conduzione (e la contabilizzazione) separata tra le varie unità immobiliari.

- Solaio controterra (su vespaio ventilato): coibentato con sottofondo in Leca impastato, spessore  $8 \text{ cm} + 5$  di cappa; la trasmittanza è di  $0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ .
- Copertura: piana, pedonabile, costituita da solaio con sovrastante isolamento in Leca imboiaccato spessore  $14 \text{ cm}$  e sovrastanti guaina con terrazzo; la trasmittanza è di  $0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$  e la massa superficiale di  $430 \text{ kg/m}^2$ . Confrontando con le indicazioni del diagramma a pagina 29 si nota come, in questo caso, le caratteristiche termofisiche siano sovradimensionate.

Il diagramma è fatto per le pareti verticali; una copertura è esposta all'irraggiamento

*Pareti verticali esterne: sono previste in blocchi Bioclima, intonacati sui 2 lati con intonaco tradizionale; il lato esterno è ulteriormente protetto con un intonaco plastico traspirante. La trasmittanza è di  $0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; il peso superficiale è di  $280 \text{ kg/m}^2$ .*



Prospetto sud

Prospetto nord

Assonometria

## Esempi progettuali

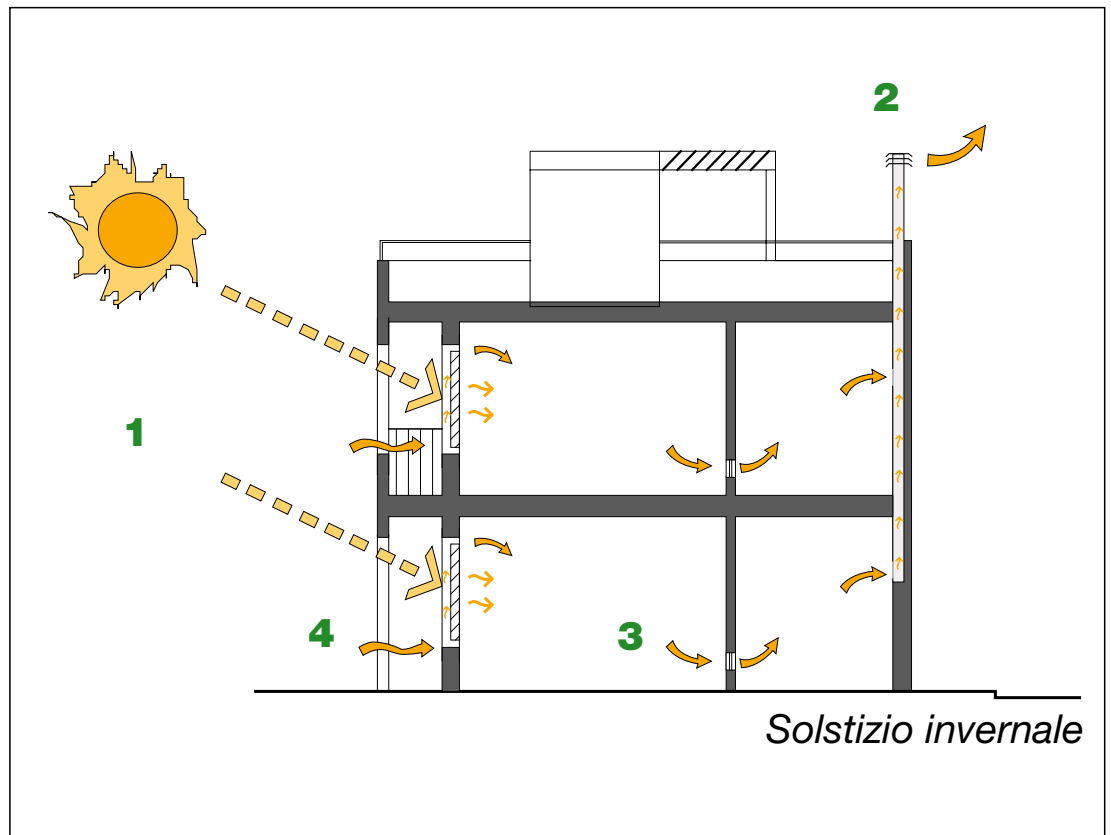
### Solstizio Invernale

1) Durante la stagione invernale il muro Trombe riscalda l'ambiente sia attraverso scambi convettivi (preriscaldamento dell'aria di rinnovo) sia radiativamente (aumento della temperatura superficiale interna)

2) I locali a maggiore produzione d'inquinanti (bagni e cucine) sono tenuti in depressione attraverso un sistema d'estrazione asservito da un ventilatore a doppia velocità

3) Scambi radiativi e convettivi con l'ambiente interno

4) Aria esterna di rinnovo



### Solstizio estivo

1) Durante la stagione estiva il muro Trombe viene utilizzato come elemento di richiamo dell'aria esterna prelevata dal lato nord dell'edificio.

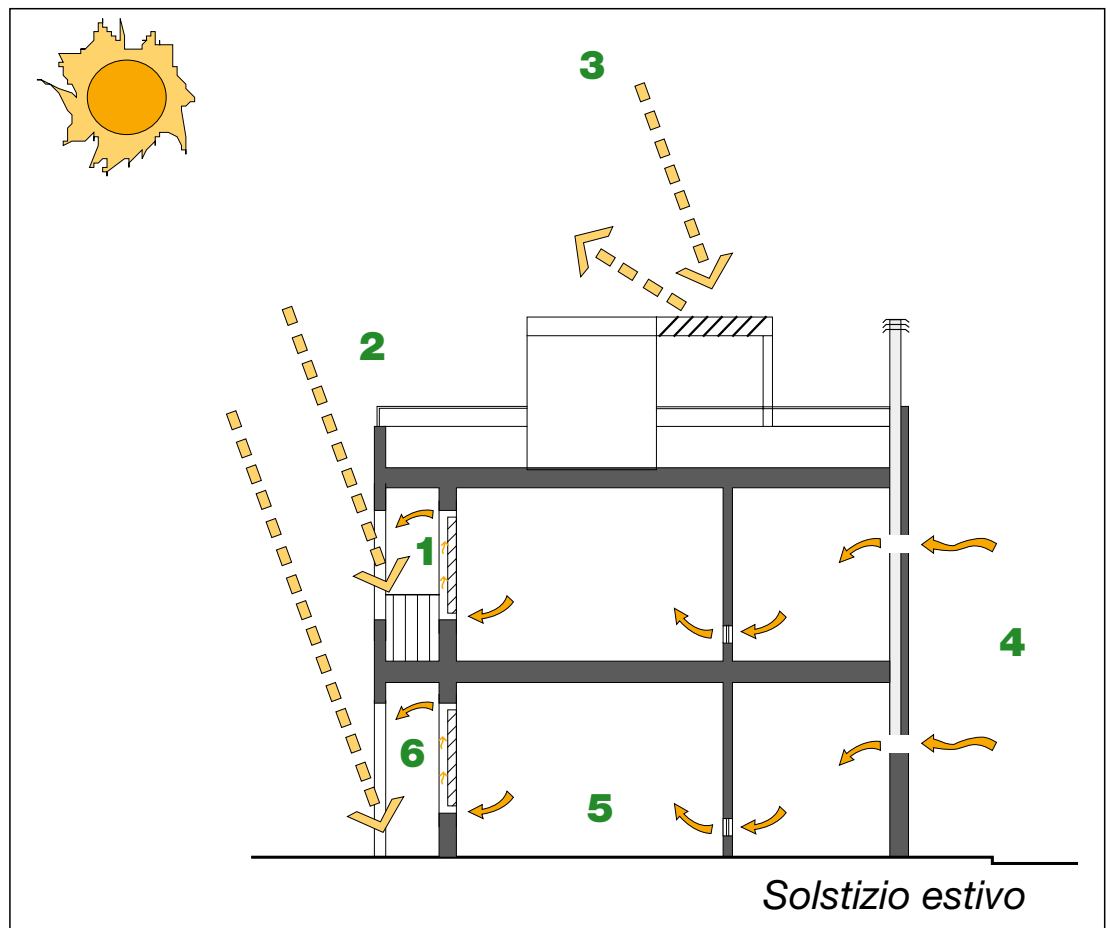
2) I sistemi d'oscuramento sono dimensionati in modo tale da eliminare l'irraggiamento diretto sulle superfici trasparenti

3) Parte della copertura viene protetta dall'irraggiamento solare estivo da degli oscuranti a forma lamellare

4) Aria esterna di rinnovo

5) Scambi convettivi con l'ambiente interno

6) Aria d'espulsione



## Esempi progettuali

per tutto il giorno e deve quindi essere molto più protetta (specie quando non comprende intercapedini ventilate).

- Muro Trombe: Il muro è realizzato in blocchi di calcestruzzo tradizionale, a 2 fori, riempiti con calcestruzzo; separato da una intercapedine di 8 cm vi è un vetro doppio. Alla base ed in sommità ci sono bocchette per il passaggio dell'aria dall'ambiente all'intercapedine (e viceversa) e tra l'esterno e l'intercapedine.
- Serramenti: in legno e vetrocamera (4-12-4). La trasmittanza media è 2,7 W/m<sup>2</sup>K.
- Portoncino di ingresso in legno  
K = 2,2 W/m<sup>2</sup>K.

### Valutazione energetica

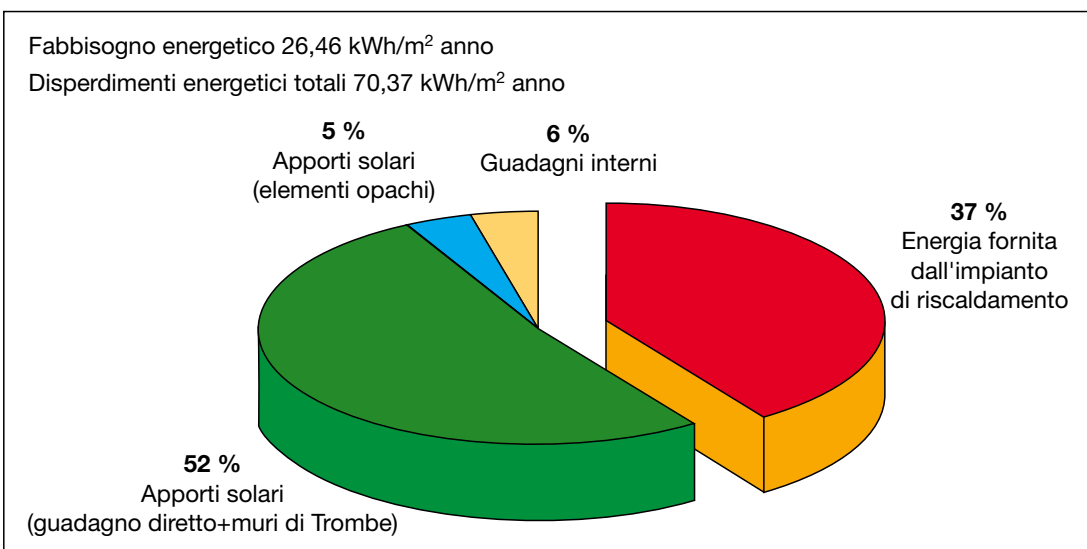
Il coefficiente di dispersione per conduzione, calcolato secondo le indicazioni contenute nel DPR 412 attuativo della Legge 10, è inferiore a quello imposto per legge (Cd progetto 0,60 < Cd limite 0,84 W/m<sup>3</sup>K)<sup>1</sup> così come i disperdimenti totali dell'edificio (FEN progetto 29,3 << FEN limite 97,9 kJ/m<sup>3</sup>GG); Come mostrato in figura i disperdimenti totali dell'edificio sono pari a 70,37 kWh/m<sup>2</sup>anno di cui solo il 37% è fornito dall'impianto di riscaldamento. La restante parte deriva dai guadagni interni (6%) e dagli apporti solari (guadagno diretto e muro Trombe 52%, elementi opachi 5%). Il coefficiente di utilizzo degli apporti solari nei mesi più freddi, risulta superiore a 0,95.

### Note ai due esempi riportati

Gli esempi dimostrano come sia possibile risparmiare energia per il riscaldamento-condizionamento degli edifici, ben oltre i limiti posti dalla legge 10 (FEN limite) ed indipendentemente dal rispetto delle prescrizioni sull'isolamento termico. (I valori limite di Cd risultano rispettati mentre i limiti di FEN sono ampiamente superati). Si tenga inoltre presente che il calcolo del FEN non tiene conto dei consumi per il condizionamento estivo che sono tutt'altro che trascurabili. Negli edifici esemplificati gli impianti di condizionamento hanno ben pochi motivi di esserci.

Per gli impianti di riscaldamento va ricordato che, negli edifici che utilizzano l'energia solare, essi devono tener conto che alcuni locali (quelli a Sud) sono suscettibili di forti apporti solari. Ciò significa che si dovranno prevedere valvole termostatiche sugli elementi scaldanti in modo che il funzionamento degli stessi tenga conto delle condizioni ambientali.

... i disperdimenti totali dell'edificio sono pari a 70,37 kWh/m<sup>2</sup>anno di cui solo il 37% è fornito dall'impianto di riscaldamento. La restante parte deriva dai guadagni interni (6%) e dagli apporti solari (guadagno diretto e muro Trombe 52%, elementi opachi 5%).



Fabbisogno energetico dell'edificio situato a Roma

#### Note

1) Il valore limite di Cd 0,84 W/m<sup>3</sup>k è quello vigente a giugno '96.

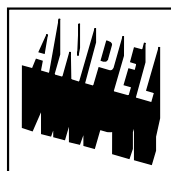
**Pressione di saturazione del vapore d'acqua, in Pa, per temperature da -15 °C a 29,9 °C**

t(°C)	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
-15	165	164	162	161	160	158	157	155	154	152
-14	181	180	178	176	175	173	172	170	169	167
-13	199	197	195	193	192	190	188	186	185	183
-12	218	216	214	212	210	208	206	204	202	201
-11	238	236	234	232	230	228	226	224	222	220
-10	260	258	255	253	251	249	247	244	242	240
-9	284	281	279	277	274	272	269	267	265	262
-8	310	307	305	302	299	297	294	292	289	286
-7	338	335	332	330	327	324	321	318	315	313
-6	369	366	363	359	356	353	350	347	344	341
-5	402	398	395	392	388	385	382	378	375	372
-4	437	433	430	426	423	419	416	412	409	405
-3	476	472	468	464	460	456	452	448	445	441
-2	517	513	509	505	500	496	492	488	484	480
-1	562	558	553	548	544	539	535	531	526	522
0	610	605	600	596	591	586	581	576	572	567
0	610	614	619	623	628	633	637	642	647	651
1	656	661	666	671	676	681	686	691	696	701
2	706	711	716	721	726	732	737	742	747	753
3	758	764	769	775	780	786	791	797	802	808
4	814	819	825	831	837	843	848	854	860	866
5	872	878	885	891	897	903	909	916	922	928
6	935	941	948	954	961	968	974	981	988	995
7	1002	1008	1015	1022	1029	1037	1044	1051	1058	1065
8	1073	1080	1087	1095	1102	1110	1117	1125	1133	1140
9	1148	1156	1164	1171	1179	1187	1195	1203	1211	1219
10	1228	1236	1244	1253	1261	1269	1278	1286	1295	1304
11	1312	1321	1330	1339	1348	1356	1366	1375	1384	1393
12	1402	1411	1421	1430	1440	1449	1459	1468	1478	1488
13	1497	1507	1517	1527	1537	1547	1557	1568	1578	1588
14	1598	1609	1619	1630	1640	1651	1662	1672	1683	1694
15	1705	1716	1727	1738	1749	1760	1772	1783	1794	1806
16	1818	1829	1841	1853	1864	1876	1888	1900	1913	1925
17	1937	1949	1962	1974	1987	1999	2012	2025	2038	2051
18	2064	2077	2090	2103	2116	2129	2143	2156	2170	2183
19	2197	2211	2225	2238	2252	2266	2281	2295	2309	2323
20	2338	2352	2367	2382	2396	2411	2426	2441	2456	2471
21	2486	2502	2517	2532	2548	2564	2579	2595	2611	2627
22	2643	2659	2676	2692	2708	2725	2742	2758	2775	2792
23	2809	2826	2843	2860	2878	2895	2913	2930	2948	2966
24	2984	3002	3020	3038	3056	3074	3093	3111	3130	3148
25	3167	3186	3205	3224	3243	3263	3282	3301	3321	3341
26	3361	3381	3401	3421	3441	3461	3482	3502	3523	3544
27	3565	3586	3607	3628	3649	3671	3692	3714	3736	3758
28	3780	3802	3824	3846	3869	3891	3914	3937	3960	3983
29	4006	4029	4052	4076	4099	4123	4147	4170	4194	4218

- [1] - M. Eekhout - *Architecture in Space Structure* - UITGEVERIJ 010 PUBLISHERS Rotterdam, 1989
- [2] - S. Croce, E. De Angelis, A. Filiberti - *How is faced conscious enviromental design in a engineering universty* - PLEA Conference, Firenze 1995
- [3] - S.V. Szokolay - *Enviromental Science Handbook: For Architects and Builders* - THE CONSTRUCTION PRESS London 1980
- [4] - J.R. Goulding, J.O. Lewis, T.C. Steemers - *Energy in Architecture: The European Passive Solar Handbook* - COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, London, 1993
- [5] - A. Filiberti - *Il progetto come elemento fondamentale per l'innovazione tecnologica: esempio di una progettazione volta allo sfruttamento delle energie rinnovabili in un clima estremo* - L'EDILIZIA, (De Lettera Editore) Milano, Aprile 1992
- [6] - Max R. Terman - *Earth Sheltered House: Principles in Practice* VAN NOSTRAND REINHOLD COMPANY, New York, 1985
- [7] - AAVV - *Verso l'edificio intelligente: Un nuovo modo di progettare e costruire* BE-MA Editrice, 1989
- [8] - O. Marc - *Psicanalisi della casa: L'architettura interiore dei luoghi domestici* RED Edizioni, 1994
- [9] - D. W. Abrams - *Low - Energy Cooling: A guide to the practical application of passive cooling and cooling energy conservation measures* - P.E. VAN NOSTRAND REINHOLD COMPANY, New York, 1986
- [10] - S. Croce, E. De Angelis, A. Filiberti - *Ventilation: standards, design strategies and modelling* - Healthy Buildings' 95 Conference Milano 1995
- [11] - A. Baglioni e S. Piardi - *Costruzioni e salute* - F. ANGELI, Milano 1990
- [12] - N.L. Nagada - *Modelling of Indoor Air Quality and Exposure* - ASTM, 1916 Raca Street Philadelphia, PA1993
- [13] - H.B. Awbi - *Ventilation of building* - E&FN SPOON, London, 1991
- [14] - *Direttive sulla qualità dell'aria in Europa* - AAVV OMS, 1987
- [15] - J.L. Iazard - *Archi-Bio: Architettura bioclimatica Clup, Milano 1982*
- [16] - B. Givoni - *Man, Climate and Architecture - second edition* , Applied Science Publishers ltd, London 1976
- [17] - E. Mazria - *Sistemi solari passivi* - Franco Muzzio Editore, Padova 1980
- [18] - R. Cadiergues - *Isolation et protection des batiments* - Eyrolles Editeur, Paris 1970
- [19] - L. Agnoletto, P. Brunello, G. Trapanese, R. Zecchin - *L'influenza dei parametri costruttivi sul comportamento termico degli edifici: la massa delle strutture* - L'ingegnere libero Professionista, n°6 1979
- [20] - A. Lucchini, V. Gallarini, A. Filiberti - *Comfort termico e risparmio energetico* - Edizione Ente Fiera di Bologna SAIE 95, Ottobre 1995
- [21] - Fantini - *Il benessere termico e i consumi energetici negli edifici.*
- [22] - Norma UNI 10344, 10349, 7357.
- [23] - DPR n° 412 del 26/8/93.



# Bioclima



**ASSOCIAZIONE  
NAZIONALE  
PRODUTTORI  
ELEMENTI  
LECA**

Via Correggio, 3 - 20149 Milano  
Tel. 02/48011970  
Fax 02/48012242