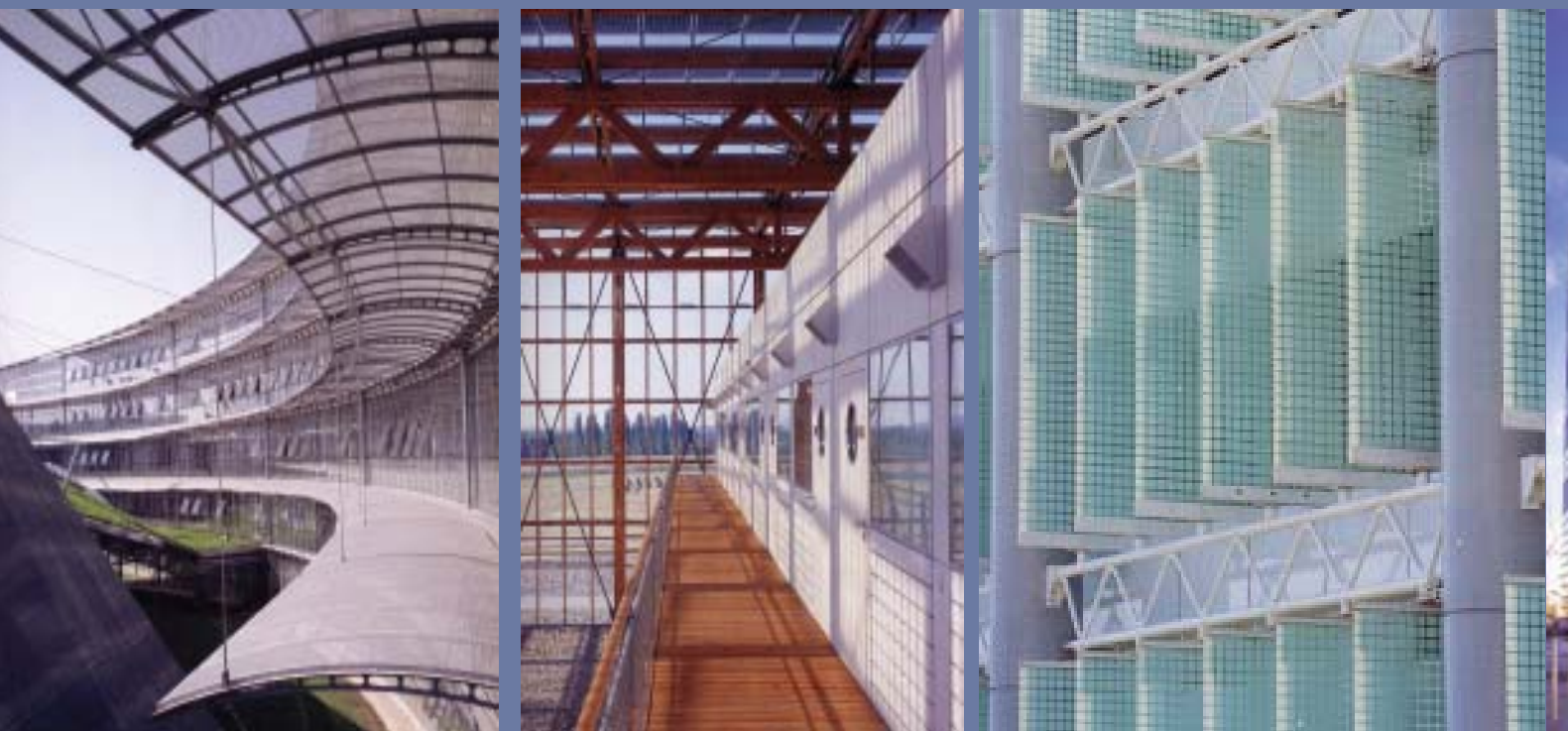


Il presente volume è un manuale tecnico per la progettazione di schermature solari, sia interne che esterne agli edifici. Il manuale offre una varietà di esempi di applicazioni in modo da favorire i progettisti nella scelta del sistema di schermatura ottimale, che può variare secondo l'orientamento ed i parametri climatici del sito. La progettazione dei frangisole deve valutare tutte le variabili che l'effetto di schermatura necessita nell'edificio, a questo proposito saranno analizzati, oltre che i sistemi di schermatura tradizionali anche quelli più innovativi, integrazione del fotovoltaico, schermi solari e sistemi di isolamento semitrasparente. Una interessante schedatura di edifici, che hanno installato sistemi di schermatura, consentirà di approfondire i sistemi tecnologici comunemente utilizzati e quelli realizzati per speciali progettazioni.

La vegetazione ricopre un ruolo molto importante per la schermatura degli edifici, offrendo molteplici soluzioni: barriere frangivento, pergolati rampicanti, alberature a foglia caduca ed infine i tetti verdi. Nell'ambito di un corretto dimensionamento saranno verificate le ombre con modelli manuali di calcolo oppure con il software allegato *Helios*, è un programma in grado di definire in modo corretto e veloce il diagramma solare per la località scelta e realizzare una simulazione di ombreggiamento sugli edifici. Insieme ad *Helios* sono stati aggiunti altri due software "Geo" e Sole", il primo calcola la latitudine in tutte le città del mondo mentre l'altro calcola il fattore di soleggiamento giornaliero per tutte le stagioni. Infine nel manuale sono state realizzate delle schede sulla produzione industriale su diverse tipologie di schermature, utilizzando diversi materiali.



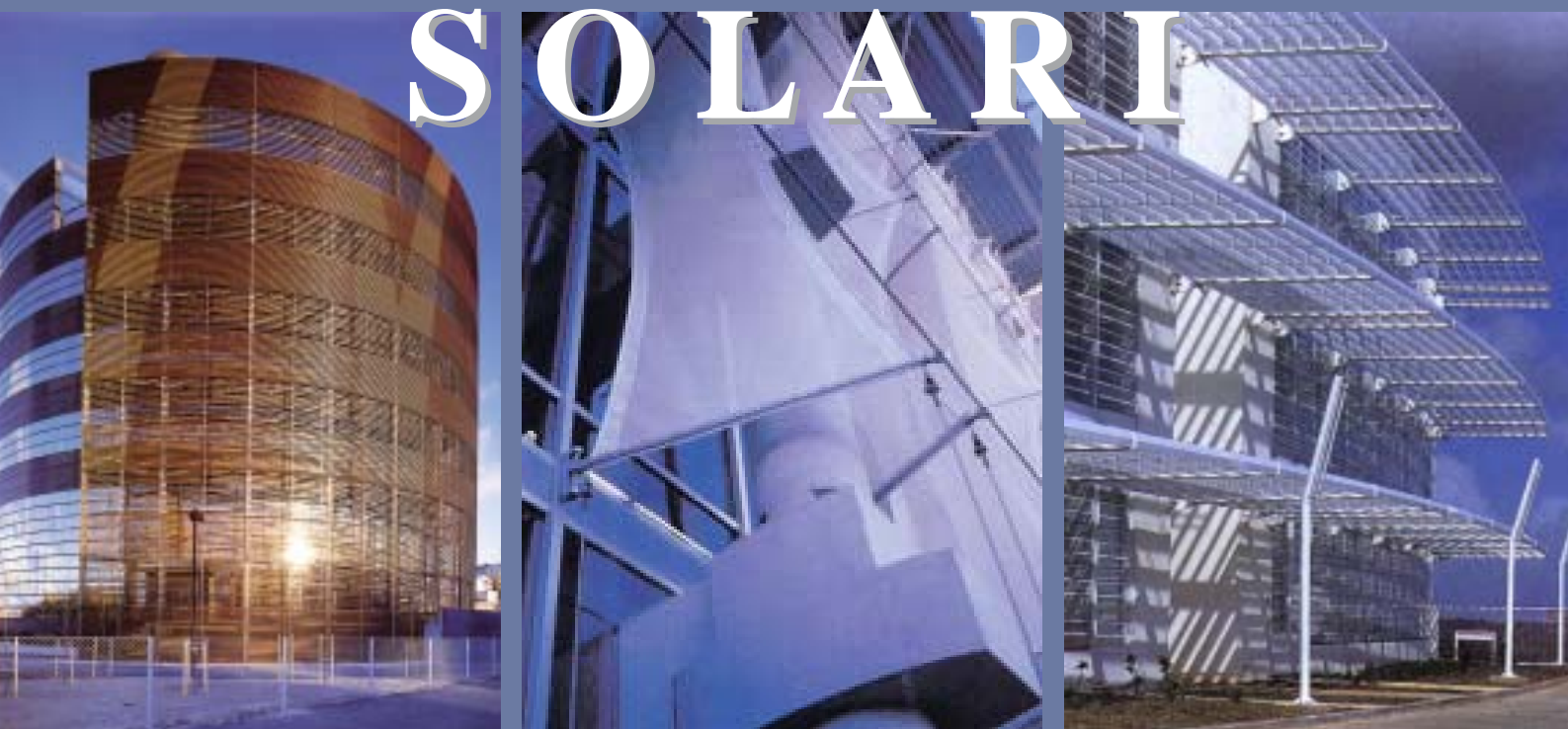
Della stessa collana *Fotovoltaico in Architettura* (2007) Lucia Ceccherini Nelli, *EULEB European high quality Low Energy Buildings* (2007) Marco Sala e Lucia Ceccherini Nelli, *Illuminazione naturale e simulazioni energetiche* (2007) Giuseppina Alcamo, *Progettazione sostenibile* (2004) Paola Gallo, *Economia della sostenibilità* (2004) Lucia Ceccherini Nelli, *Impianto fotovoltaico integrato nell'edificio aule e biblioteca al Polo scientifico universitario di Sesto Fiorentino* (2004) Lucia Ceccherini Nelli.



Lucia Ceccherini Nelli
Eugenio D'Audino
Antonella Trombadore

SCHERMATURE

SOLARI



Nuova Edizione in allegato il volume
SCHERMATURE FOTOVOLTAICHE
e CDrom *Helios*

a cura di Marco Sala
contributi di Alain Paolo Lusardi

RIFERIMENTI PROGETTUALI

Lucia Ceccherini Nelli



1.1 Analisi Storica dei Sistemi di Schermatura

Il problema delle schermature era stato nel passato il frutto di una lunga esperienza, che spesso assumeva carattere spontaneo. Bisogna comunque riconoscere che alcune regole concernenti il clima erano state enunciate nell'antichità, come dimostra la lettura di Vitruvio, il grande architetto della civiltà romana che visse nel I secolo a.C. Da I dieci libri di architettura,

"(...) Gli edifici saranno ben situati se innanzi tutto si sarà tenuto conto dell'orientamento e delle inclinazioni del cielo sotto il quale si vuole costruire; infatti gli edifici devono essere costruiti in modo diverso in Egitto ed in Spagna, nel Regno del Ponto ed a Roma, sempre a seconda della posizione dei paesi, poichè ce ne sono di situati vicino al corso del sole, altri che ne sono distanti ed altri ancora che sono situati tra questi due estremi. Poichè la faccia del cielo è diversamente orientata a seconda dei vari luoghi, e a causa del rapporto che questi luoghi hanno con lo zodiaco e il corso del sole, bisogna disporre gli edifici secondo le diversità dei paesi e dei climi" (Libro VI, Capitolo I).

Per i teatri

" che bisogna fare attenzione che il teatro non sia esposto a mezzogiorno, in quanto i raggi del sole che rimangono rinchiusi nella cinta muraria riscalderebbero l'aria che vi è rimasta rinchiusa e che non può essere rimossa e ciò la renderebbe così ardente e infiammata da bruciare, cuocere ed essiccare interamente gli umori del corpo" (Libro V, Capitolo III)

E a proposito delle abitazioni,

" (...) Le stanze che servono per l'estate saranno rivolte verso il settentrione in quanto in questa posizione saranno costantemente rinfrescate e di abitabilità sana e gradevole non essendo affatto esposte all'ardore del sole, il cui calore è insopportabile, soprattutto durante il solstizio d'estate" (Libro VI, Capitolo VI).

Alla lettura di questi brani è possibile constatare la sensibilità verso la progettazione bioclimatica non è una tecnologia recente ma un fenomeno antico di 2000 anni ...

Fino dall'antichità si è cercato di creare ambienti protetti dall'irraggiamento solare diretto, ed i sistemi di schermatura degli edifici sono stati spesso campo di grande sperimentazione nei progetti architettonici. Il comfort termico e l'illuminazione naturale sono stati raggiunti, applicando spesso, agli edifici, dispositivi di design architettonico.

L'esigenza di utilizzare sistemi di schermatura è documentabile attraverso la storia sia nell'architettura classica che nell'architettura vernacolare, in edifici di una certa importanza storica e culturale fino a quelli con caratteristiche di minor pregio.

La maggior parte dei sistemi di schermatura hanno il duplice scopo di ombreggiare l'edificio e lo spazio esterno che lo circonda.

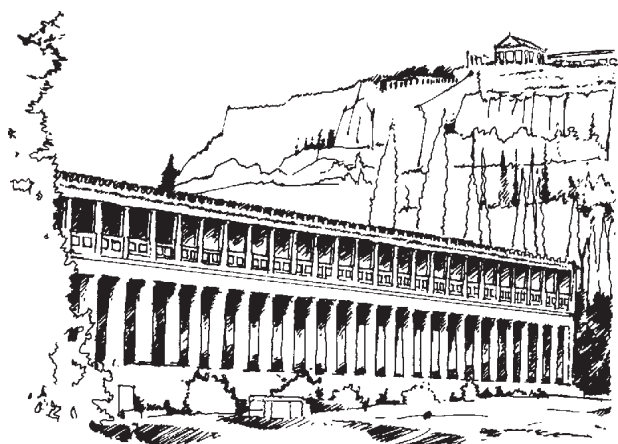
I portici, i colonnati dell'antica Grecia e quelli Romani certamente inglobano in se' questa duplice funzione. Ad esempio in America del sud l'architettura dell'antica Grecia ha influenzato notevolmente lo stile architettonico di quegli stati in quanto offre contemporaneamente effetti estetici notevoli e schermanti.

In regioni con clima caldo umido, in cui sono necessarie ampie finestrate per massimizzare l'effetto della

ventilazione naturale, si ha un effetto contrario, di eccessivo irraggiamento, dovuto alla radiazione solare diretta. Questo problema e' stato spesso risolto utilizzando ampi aggetti provenienti dalla copertura supportati da colonne.

L'effetto schermante dello stile classico, è stato ottenuto tramite ampi colonnati, coperture fortemente aggettanti ed e' stato spesso abbinato ad una colorazione bianca dell'edificio. Tale colorazione risulta molto appropriata specialmente in regioni con clima caldo umido.

1. Palazzo dell'antica Grecia



2. Revival dell'architettura greca in un edificio americano



Uno dei principali motivi delle differenze regionali in architettura e' la necessaria risposta progettuale alle variazioni climatiche in relazione ai climi caldo umidi e i climi freddi.

Nei climi caldo asciutti possiamo trovare usualmente edifici con murature piuttosto spesse e piccole finestre, tale soluzione ha permesso di raggiungere notevoli risultati. Quando il sole e' molto intenso, le piccole finestrate, riescono adeguatamente ad illuminare gli interni. Le finestre sono spesso piccole perche' durante il giorno il caldo proveniente dall'esterno provoca una ventilazione ad una temperatura elevata diminuendo le condizioni di comfort interne.

La colorazione delle murature perimetrali e l'interno sono usualmente chiare per minimizzare l'assorbimento della radiazione solare e migliore la diffusione e la riflessione della luce solare che entra attraverso le piccole finestre.

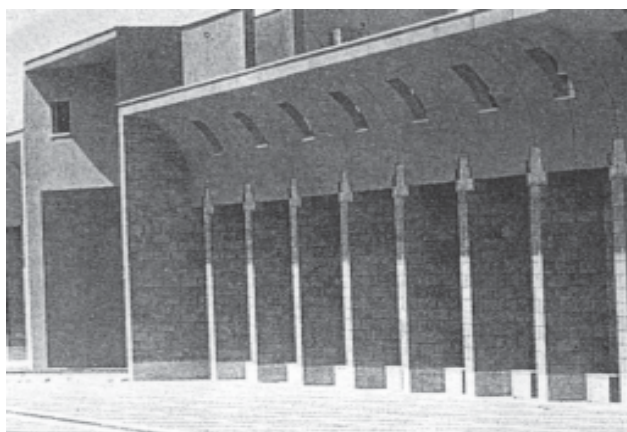
L'interpretazione di colonnati in chiave contemporanea può essere letta attraverso le piazze di Gibellina a Trapani. Le piazze di Gibellina sono simili ad una lunga strada porticata e creano un luogo di ombre per la sosta e la socializzazione. *“I portici tendono ad una espressione di arcaica forza: i pilastri in tufo con capitelli che incastonano delle piastrelle in ceramica multicolore sostengono una curva cornice aggettante in cemento armato a faccia vista, il cui estradosso è rivestito da un mosaico di frammenti in ceramica. L'effetto plastico di questa architettura dovrebbe ricordare la densa staticità delle membrature dei templi di Agrigento mentre il recinto trasparente del portico richiamerà il vibrante perimetro di Segesta.”* (Architetti: Franco Purini e Laura Thermes).

In climi caldi e asciutti spesso gli edifici sono raggruppati in modo da formare dei chiostri, e offrire al tempo stesso aree pubbliche all'aperto ombreggiate.

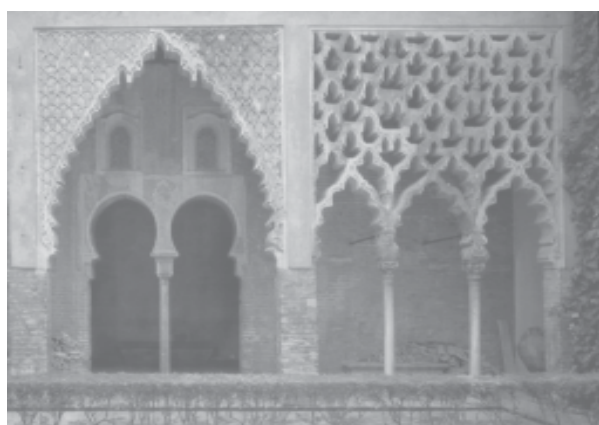
Tipici sono inoltre i palazzi di tipo arabeggiante in cui il frangisole è tessuto nella struttura muraria come un complesso ricamo ornamentale di facciata.

Nei climi caldi umidi troviamo tipologie architettoniche sostanzialmente differenti. Specialmente a basse temperature, l'alta umidità diminuisce le condizioni di comfort degli ambienti interni. I maggiori benefici si ottengono con una adeguata ventilazione per incrementare il valore del raffreddamento evaporativo.

3. Piazze di Gibellina Trapani



4. Alcazar, Patio del Yen, Siviglia



Nei palazzi signorili neogotici veneziani, abbiamo ricorrente, lo stile a loggia con ampie aperture ampiamente decorate con trame che favoriscono allo stesso tempo l'ombreggiamento e la ventilazione degli ambienti.

Numerosi sono i motivi ornamentali che venivano realizzati in certi palazzi intichi, alcuni in cemento altri quasi dei ricami nel marmo. Tale tipo di decorazione è frequente nell'architettura orientale e moresca.

Un'altra caratteristica dell'architettura veneziana sono le "altane" esterne alle coperture raggiungibili tramite piccole scale esterne, tali terrazze avevano la funzione di belvedere e in estate venivano ombreggiate tramite tendaggi in tessuto chiaro.

Il tendaggio copre l'altana nella parte superiore ed in certe occasioni viene ricalato sui lati in modo da aumentare l'effetto schermante ed ombreggiare una superficie più ampia. Tale sistema è stato riutilizzato nell'intervento di Cannaregio (area ex-Saffa) a Venezia dall'architetto Vittorio Gregotti.

L'architettura orientale tradizionale è dominata dal prevalente uso di aggetti fissi orizzontali dovuti alle grandi falde delle coperture aggettanti.

Le grandi falde del tetto coprono le pareti in legno lasciate aperte (tramite speciali forature) in questo modo è possibile massimizzare la ventilazione trasversale e l'ingresso di luce naturale anche negli ambienti più interni dell'edificio.

Le pannellature di tamponamento laterale sono spesso formate da listelli in legno a formare una griglia orizzontale che consentono tramite le fessure di far passare la luce all'interno in modo filtrato.

In Iran, in Iraq, nella penisola arabica ed in Egitto si trovano di frequente le cosiddette torri del vento, che



7. Esempio di finestra iraniana
8. Torri del vento



assolvono alla doppia funzione di incanalare i venti prevalenti e costringerli ad attraversare l'abitazione o di creare un efficace effetto camino quando l'aria esterna è immobile.

Le aperture verso l'esterno, sono di solito poche e piccole, per proteggere l'interno dalla radiazione solare. Tipicamente una finestra esterna nella sua configurazione più elaborata consta dell'apertura di un frangisole e del mousharabieh, una griglia finemente intrecciata che consente la ventilazione anche nel caso di finestra chiusa ed agisce da filtro per gli insetti.

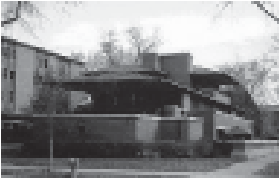


5. Palazzo veneziano
6. Intervento di Cannaregio



Le tipiche costruzioni post belliche rispondono al clima umido con ampie finestrate, con sistemi di schermatura a rotolante, realizzati con colori chiari ed alte soffittature. Le grandi aperture ottimizzano la ventilazione mentre le schermature proteggono dalle eccessive radiazioni solari diurne. Le superfici murarie chiare minimizzano l'ingresso delle radiazioni solari attraverso la muratura.

Molti dei più grandi architetti hanno capito l'importanza delle schermature inserendole nell'edificio come elementi architettonici. Frank Lloyd Wright ha utilizzato sistemi di schermatura nella maggior parte dei suoi edifici. Le coperture molto aggettanti ombreggiano le grandi pareti vetrate, che consentono di avere una buona ventilazione dell'edificio, nel clima caldo umido delle estati di Chicago.



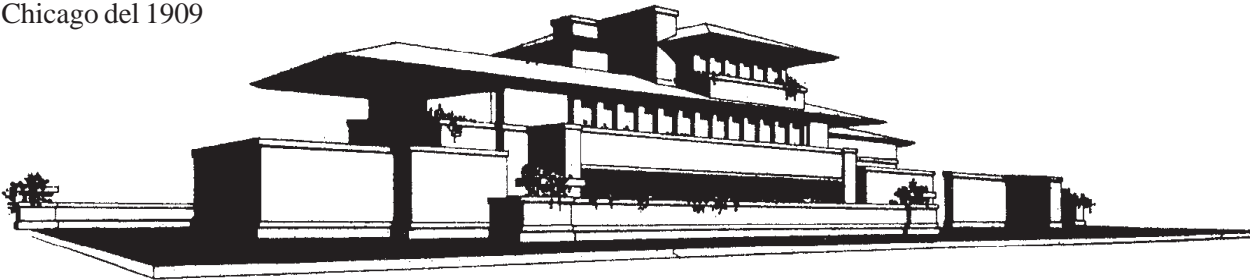
“Nella casa Robie a Chicago del 1909, è uno degli esempi di abitazione climatizzata più riusciti realizzati da Wright nel periodo “Prairie”. L’edificio assume specifiche funzioni bioclimatiche, tramite l’uso di una serie di soluzioni innovative intese a trasformare la casa in un efficace organismo ambientale, il cortile di ingresso situato a Nord e protetto dai venti gelidi dell’inverno di Chicago è fresco e ombroso in estate e, insieme al piano terreno anch’esso in ombra perché protetto a Sud dal terrazzo del soggiorno, costituisce un serbatoio di aria fresca. Anche nelle umide giornate estive senza vento la massa di aria fresca condiziona la casa fino alle camere sotto tetto.

Il volume dei locali di servizio, è collocato a Nord longitudinalmente come una vera e propria barriera al freddo; il piano soggiorno è fornito per tre quarti del suo perimetro di finestre tutte apribili con zanzariere interne, e che consentono ogni possibile combinazione di ventilazione incrociata.

La sporgenza del tetto a Sud è calcolata esattamente per impedire al sole estivo di entrare senza togliere luce e calore in inverno.

Gli ampi aggetti del tetto a Est e ad Ovest funzionano ad Ovest come parasole nei torridi pomeriggi estivi, ma consentendo ai raggi invernali, fortemente inclinati, di entrare trasformando il bow-window in un solarium; ad Est come parapioggia, proteggendo l’ingresso di servizio dal lato del cortile di accesso al garage.” Da ENEA, Architecture and Energy”, Roma, 1997.

9. Casa Robie a Chicago del 1909



10. Architettura orientale



Anche le realizzazioni architettoniche di Louis Kahn, del periodo più maturo, sembra ispirata dall'impegno di rendere la radiazione solare il fattore determinante della sua architettura. Tre realizzazioni in paesi dal clima molto caldo, una in Africa e due in Asia sono i massimi esempi di questa ricerca.

“Negli anni 1959-61, durante un soggiorno a Luanda (Angola) in seguito all'incarico relativo al progetto del nuovo Consolato Americano, Kahn si rende conto di quale illuminazione abbagliante e quale calore siano generati dal sole allorché colpisce le superfici esterne degli edifici senza incontrare schermature intermedie.

Ne deriva l'invenzione di un muro posto dinanzi alla finestra, una sorta di brise-soleil rivisitato in chiave monumentale, forato in modo da regolare l'accesso della luce negli ambienti interni; in questo modo viene data risposta al problema dell'incidenza diretta del sole sulle facciate.

A questo punto l'architetto affronta la questione del calore generato dalla copertura invasa dal SOLE: nasce un secondo elemento che potremo chiamare sdoppiamento del tetto in due superfici separate, una per la pioggia e una per il sole, distanziate di m. 1.80.

Il tetto superiore, in questa soluzione, blocca i raggi solari e crea un'intensa circolazione d'aria in tutto l'edificio.

Nel complesso dell'Assemblea a Dacca in Bangladesh (fig.1, 2, 3), degli anni 1962-74, vediamo scomparire gli elementi che a Luanda proteggevano dal calore solare in quanto dispositivi “aggiunti”: e la stessa struttura dell'edificio, grazie alla frantumazione del perimetro esterno e allo studiatissimo sistema di filtraggio dei raggi luminosi a rendere confortevole lo spazio interno.

Questa ricerca è presente, negli stessi anni, nella costruzione dell'Istituto per la formazione dei quadri dirigenti ad Ahmedabad in India .

La rilevanza dei fattori climatici nel determinare la struttura dell'insieme e raccontata dall'architetto: “Le case sono orientate nella direzione del vento: tutti i muri sono paralleli a questa direzione. Essi sono tracciati diagonalmente attorno a un cortile, al fine di delimitarlo e di conservare la regolarità richiesta dall'orientamento...”

Nell'edificio della scuola si noterà che ho inserito un pozzo di luce (fig. 1, 2, 3). Io credo che sia, in un certo modo, superiore all'accorgimento che avevo inventato a Luanda, perché la avevo tirato su un muro per schermare il sole e modificare il riverbero, mentre qui la soluzione diventa parte integrante della composizione.. Si potrebbe chiamarlo un bow-window rivolto al contrario”. ” Da ENEA, Architecture and Energy”, Roma, 1997.

Anche Le Corbusier ha utilizzato spesso elementi frangisole intesi come elementi architettonici caratterizzanti, uno dei migliori esempi si trova nella città indiana di Chandigar gli edifici del governo.

L'uso delle schermature meglio conosciute come brise-soleil e coperture aggettanti sono gli elementi dominanti dell'High Court. Le Corbusier in questo edificio è stato influenzato dall'architettura indiana infatti il Palazzo del Maharajà a Mysore ha molti elementi in comune con La High Court.

La torre d'ombre di Le Corbusier, realizzata nel 1957-58 è progettata ai bordi del Campidoglio, tra il Palazzo di Giustizia e il Parlamento.

E' una hall aperta, molto alta e ombreggiata. L'edificio è orientato verso Nord-Sud il lato Nord è completamente aperto, mentre le altre tre facciate sono munite di brise-soleil.. All'Atelier di Le Corbusier il corso del SOLE in tutte le stagioni è stato esaminato e annotato molto minuziosamente per determinare l'orientamento dei

brise-soleil” (Le Corbusier, Oeuvre complète, vol. VIII).

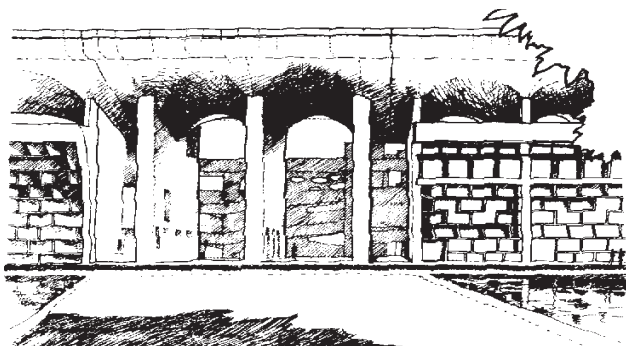
Lo studio dei brise-soleil è accurato in modo da consentire una ottima illuminazione interna con le variazioni degli effetti della luce solare nell’alternarsi delle stagioni, la facciata Sud è stata realizzata in modo che rimanga sempre in ombra nei periodi più caldi, mentre il sole, in inverno, penetra negli ambienti interni.

E’ uno spazio studiato per essere raffrescato al suo interno nelle calde giornate indiane, in modo che tale ambiente diventi luogo di incontro, di riflessione, di meditazione. *“Ma il sole, lo studio del cui percorso determina la composizione delle facciate, è anche strumento di luce e di ombra e quindi di Architettura.”*

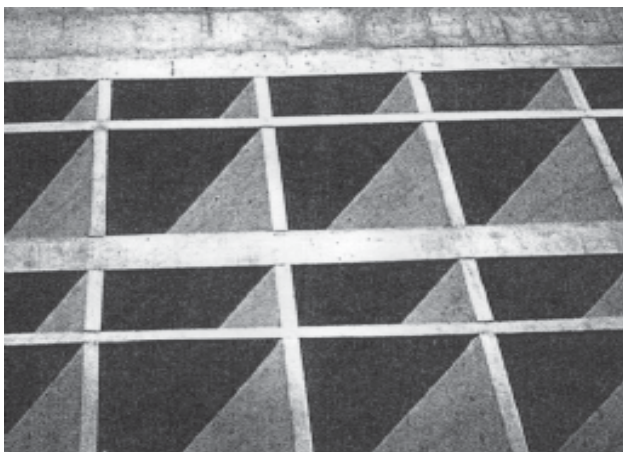
“Con l’invenzione del cemento armato Le Corbusier fa diventare la parete esterna “il pannello di VETRO” che permette alla luce di entrare e si apre sul panorama esterno.”

“...Va da sé che, ovviamente, si porranno nuovi problemi: il riscaldamento dei locali, la loro ventilazione e soprattutto... le condizioni del soleggiamento dell’entrata benefica del SOLE in inverno, dell’entrata catastrofica del sole in estate...”

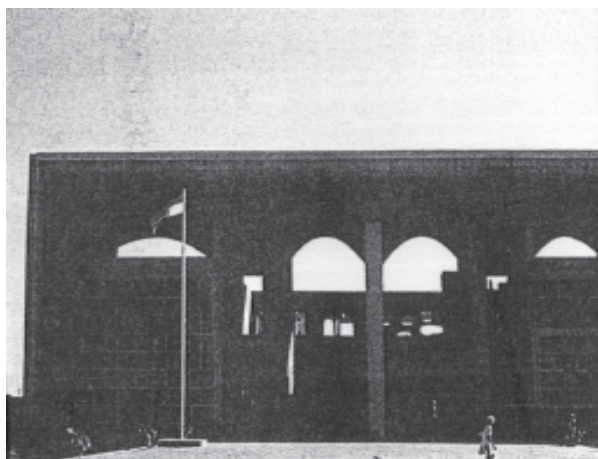
11. 12. Le Corbusier Chandigar, India

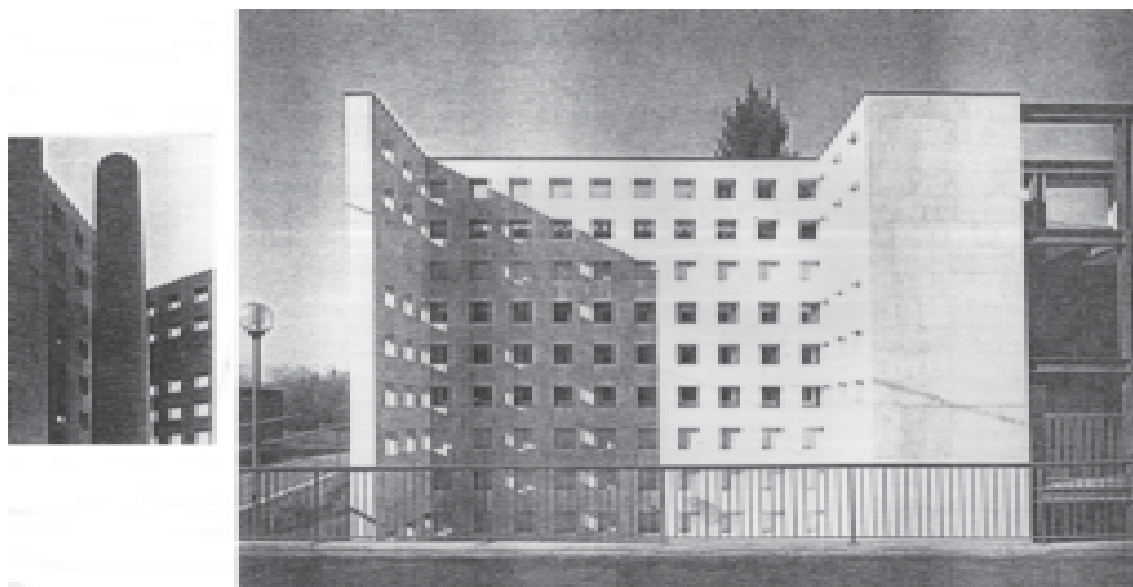


13. Le Corbusier Chandigar, India



14. Torre delle Ombre Le Corbusier Chandigar





15. Ufficio postale di Villa Falletto (Cuneo)

Il gioco delle stagioni apporterà una variata gamma di benefici e misfatti: al solstizio d'inverno, il sole è basso sull'orizzonte e i suoi raggi sono i benvenuti all'interno dell'alloggio, dove essi riscaldano psicologicamente e fisicamente; le mezze stagioni, primavera ed autunno, gratificano l'uomo di un sole dolce; ma il solstizio d'estate e la canicola, con le sue temperature insopportabili, hanno fatto dell'amico sole un nemico implacabile.

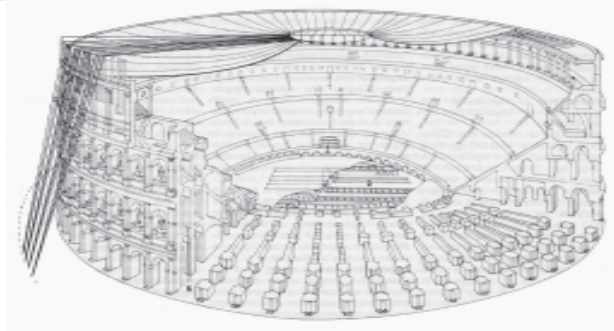
In queste ore calde il bisogno d'ombra diviene imperativo: bisogna otturare le finestre, bisogna "diaframmare" il pannello di vetro. Quali sono i mezzi disponibili?...

Nell'edificio "Clarté" di Ginevra... noi siamo stati allettati istintivamente da lavori che ci avvicinano al frangisole. Io disegno i pavimenti, essi si prolungano al di là del pannello di vetro con un balcone che sporge di un metro e mezzo munito di parapetto. Una prima ombra è provocata; vi si aggiunse per la canicola il complemento delle imposte scorrevoli installate sul fronte dei parapetti dei balconi, creando così condizioni molto soddisfacenti di penetrazione del sole in inverno (sole basso sull'orizzonte) e di ostacolo al sole in estate (sole alto sull'orizzonte)". Da ENEA, Architecture and Energy", Roma, 1997.

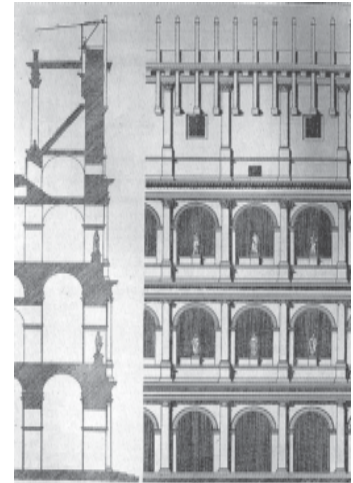
Nel secondo dopo guerra si assiste alla nascita di edifici per il terziario con struttura reticolare portante e pareti di tamponamento in vetro. L'aumento della superficie finestrata non si traduce però in un miglioramento delle condizioni di illuminazione interna, mentre invece in alcune parti della struttura l'aumento del livello luminoso corrisponde quasi sempre ad un aumento dell'abbagliamento causato dalle ampie superfici trasparenti e di conseguenza si ha una diminuzione del comfort interno.

L'edificio postale di Villa Falletto (Cuneo) degli architetti Massimo Fazzino e Domenico Sandri, pone l'attenzione su una parete strutturale a griglia che si pone il duplice scopo di schermare e raccordare l'area interna in modo da formare una piazza. Il prospetto schermatura ombreggia gran parte dell'edificio interno filtrando la luce attraverso la parete con bucatore a maglia quadrata.

Per fronteggiare i crescenti problemi legati all'utilizzo di grandi vetrate la ricerca tecnologica degli ultimi vent'anni ha risposto producendo materiali con caratteristiche ottiche e prestazioni molto differenti ed inoltre con la produzione di sistemi frangisole di diverso tipo; quindi il compito di controllo ambientale in un edificio viene affidato ai componenti strutturali del vetro e ai sistemi di schermatura, e non più esclusivamente alla scelta di localizzazione, forma, distribuzione ed orientamento dell'edificio.

Riferimenti Progettuali

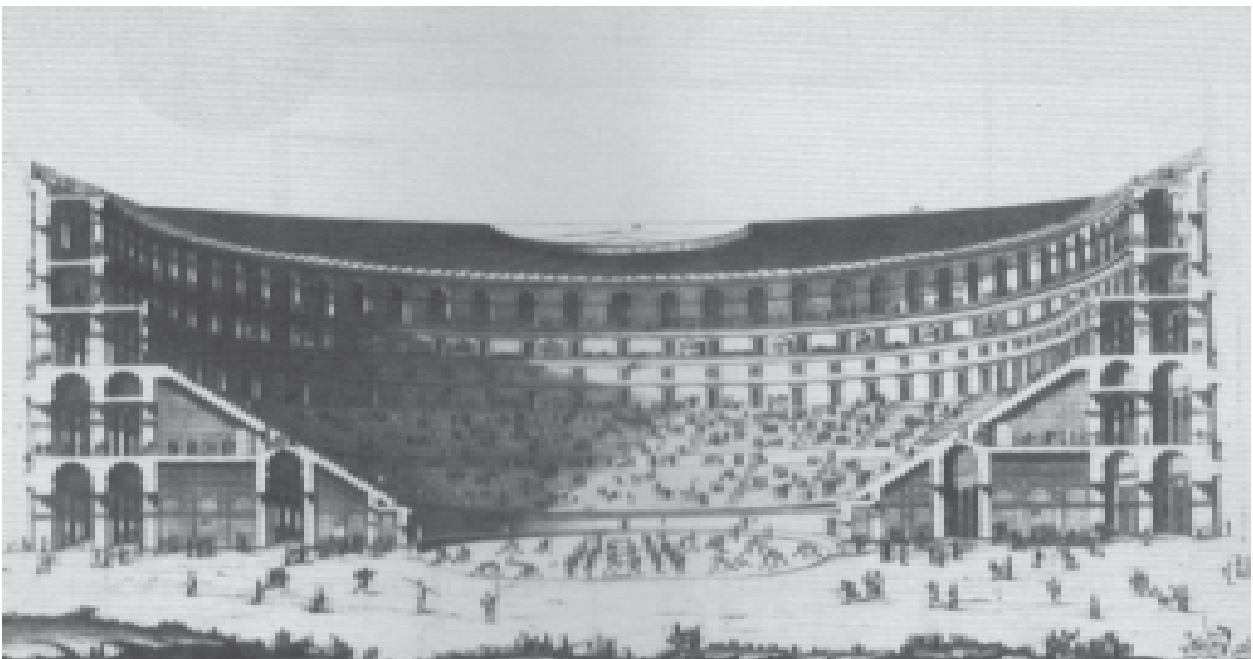
16. Colosseo



Schermare spazi all'aperto è sempre stato un problema assai critico. Anfiteatri e stadi costituiscono uno speciale problema a causa della loro grande dimensione, e senza creare ostruzioni per gli spettatori con strutture a pilastro. La soluzione più frequentemente utilizzata è la struttura in membrana tesa che viene adottata a causa della sua grandissima flessibilità nel coprire grandi luci ad un costo relativamente contenuto. Spesso vengono utilizzate membrane resistenti all'acqua, perché proteggono dalla pioggia e dalla neve. Tale sistema non è certo una novità, i Romani erano soliti utilizzare tendaggi per coprire i teatri e perfino il gigantesco colosseo. Il colosseo Romano costruito nell'80 DC, ha una capienza di circa 50.000 spettatori, veniva coperto da un enorme tendone per proteggersi dal sole. (Da *L'Anfiteatro Flavio Descritto e Delineato* da Carlo Fontana, Vaillant, 1725).

L'uomo nei secoli ha colto soprattutto l'aspetto energetico distinguendolo per meglio utilizzarlo sotto il profilo termico, luminoso e biologico. La città e la sua architettura hanno segnato lo sviluppo del progredire tecnico e formale del rapporto tra l'individuo e la luce del sole. L'architettura intesa come involucro tridimensionale pone vincoli e limiti alla luce. Ma la scelta, scientificamente determinata, del migliore orientamento non è sufficiente per assicurare anche il migliore soleggiamento. L'effetto perturbante sul campo luminoso dipende infatti dalla situazione climatica e dell'intorno ambientale circostante (ostruzioni dovute ad edifici, alberi ecc...). Il soleggiamento va considerato e studiato congiuntamente con altri fattori, quali venti, precipitazioni e più in generale tutte le caratteristiche climatiche e orografiche della regione e del sito.

16. Colosseo



1.2 L'influenza del sito e della forma dell'edificio

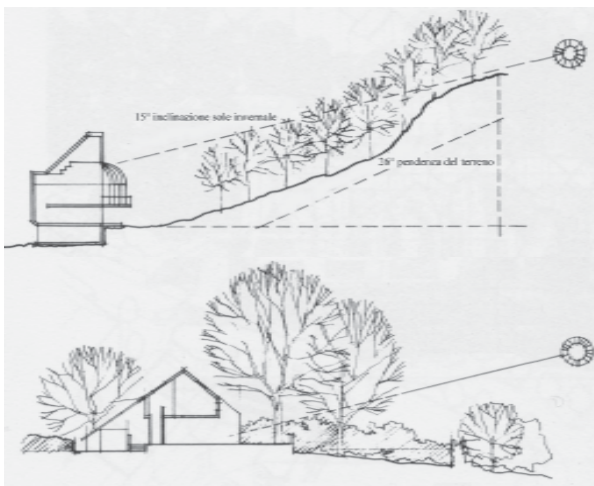
Per vari motivi le condizioni climatiche locali possono subire leggere variazioni in base alle particolari zone microclimatiche in cui si vengono a trovare. Se gli edifici sono veramente messi in relazione con l'ambiente circostante, devono essere progettati in base a quel particolare microclima che caratterizza la zona e in cui sono inseriti. I principali fattori, di cui si parlerà di seguito, sono molto importanti per capire quali variazioni climatiche si possono verificare all'interno del macroclima.

1. *Quota sul livello del mare:* più ripido è il pendio più velocemente si ha una riduzione di temperatura all'aumentare della quota. Il limite, ovviamente, sarà l'ascensione verticale, che produrrà una variazione termica di circa 3.6° ogni 270 m.
2. *Orografia del terreno:* un pendio esposto a sud è più caldo di un altro esposto a nord, perché riceve maggiore radiazione solare ed è inoltre protetto dai venti freddi invernali provenienti generalmente da nord. I pendii esposti ad ovest sono più caldi di quelli esposti ad est, perché le fasce orarie in cui è presente la radiazione solare più alta corrispondono con le temperature più elevate del pomeriggio. Nelle zone più basse tende ad accumularsi l'aria più fredda, umida, molte volte sotto forma di nebbia che riflette la radiazione solare, e così queste zone rimangono più a lungo di giorno con temperature più basse.
3. *Dimensioni, forma e vicinanza di masse d'acqua:* la presenza di acqua provoca un significativo effetto di controllo e regolazione della temperatura, dando vita giornalmente a brezze marine o incrementando il tasso di umidità.
4. *Tipo di suolo:* la diversa capacità termica del suolo, il suo colore, il contenuto d'acqua possono incidere sul microclima. Il colore brillante della sabbia, ad esempio, riflette una maggiore quantità di radiazione solare riducendo così la quantità di calore assorbita dal suolo, ma incrementando molto, allo stesso tempo, il carico termico sugli edifici e sulle persone. A causa della forte capacità termica la roccia può assorbire parecchio calore durante il giorno e rilasciarlo di notte. Le scogliere che sono esposte a sud-ovest traggono ampiamente benefici da questi effetti.
5. *La vegetazione:* l'ombreggiatura e la traspirazione dovuta alla vegetazione può ridurre significativamente la temperatura del terreno e dell'aria, però si ottiene pure un incremento del tasso di umidità. In presenza di climi caldi umidi la situazione ottimale è di avere un alto pergolato per l'ombreggiatura, ma non bassi alberi che potrebbero ostruire l'ingresso alle brezze. L'aria stagnante, per la presenza di alberi bassi e arbusti, favorisce l'aumento dell'umidità che può raggiungere alti livelli poco confortevoli. Nei climi più freddi la vegetazione può ridurre la velocità e l'effetto dei venti freddi, come pure può essere utile a schermare il rumore e a pulire l'aria dalla polvere e ad ossigenarla.
6. *Strutture create dall'uomo:* edifici, strade, aree di parcheggio, con le loro dimensioni incidono significativamente sul microclima. L'ombra portata dagli edifici può dar vita ad una fascia fredda sulle zone orientate a sud che altrimenti sarebbero state più soggette alla radiazione solare e quindi più calde. Ma gli edifici possono anche portare ombra nei caldi mesi estivi e riparare dai venti freddi invernali. Grandi superfici

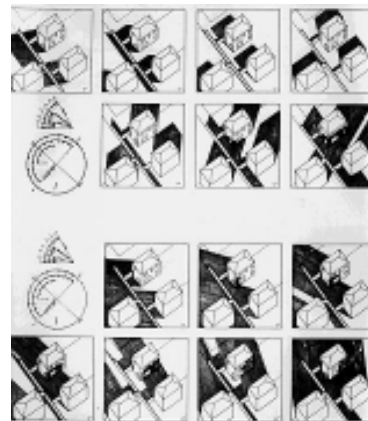
pavimentate, specialmente se presentano una colorazione scura (come l'asfalto) possono invece provocare un forte innalzamento della temperatura e l'aria calda può raggiungere gli edifici circostanti.

Nelle grandi città l'effetto combinato di tutte le strutture costruite provoca una forte variazione climatica rispetto alle condizioni che si avrebbero in uno aperto, non urbano. La temperatura media annua è generalmente più alta di $1,5^\circ$ mentre d'inverno si ha un incremento di quasi 3° . Si sa infatti che le città sono delle isole di calore. La radiazione solare comunque è più bassa del 20% a causa dell'inquinamento atmosferico, e l'umidità relativa minore del 6% per la ridotta presenza della vegetazione. Anche la velocità del vento risulta ridotta del 25%, ma localmente, in presenza di strade – canyon, le correnti si incanalano e si verificano delle accelerazioni.

17. Edifici schermati da alberi



18. Blocco di edifici che si ombreggiano tra di loro



L'organizzazione del sito e la progettazione del verde possono migliorare le condizioni microclimatiche intorno agli edifici; sfruttando le caratteristiche topografiche del terreno, la presenza di edifici attigui e tramite la presenza di vegetazione, si possono ottenere efficaci livelli di protezione solare.

Nei tessuti urbani, numerosi sono gli organismi insediativi che attraverso cortili, strade, parchi e giardini interni ai complessi edilizi, favoriscono un ombreggiamento naturale tra gli edifici.

Edifici organizzati su piani sfalsati possono favorire la ventilazione ed un ombreggiamento naturale notevole come ad esempio l'edificio City hall di Tempe in Arizona che è un edificio a forma di piramide rovescia.

Si può quindi impedire che la radiazione solare intercetti tutto o parte dell'involucro murario o delle finestre di un edificio, utilizzando elementi esterni all'edificio, come sistemi di schermatura?

A risposta di tale domanda possono essere elencate le seguenti categorie per schermare:

- presenza di edifici contigui
- configurazione degli spazi aperti dell'immediato intorno
- la presenza di pendii rivolti a nord, in collina e nelle valli.

Per quanto riguarda la presenza di edifici contigui, non abbiamo bisogno di trovare esempi particolari



19. Esempio di edifici a schiera orientati a sud con la presenza di una folta vegetazione per l'ombreggiamento nei mesi estivi

in quanto le nostre città sono piene di esempi di tale tipo. In un tessuto con strade parallele, le costruzioni situate sul lato sud sono generalmente alte ed hanno la facciata principale dalla parte del giardino a sud, mentre sul lato a nord si trovano solo costruzioni basse che sono in realtà degli edifici annessi ai principali, immersi nell'ombra, le vie che si incrociano perpendicolarmente non sono generalmente fiancheggiate da edifici. Le alberature spesso sono platani, la vegetazione è a foglia caduca.

Il passato ci fornisce numerosi esempi di come l'urbanistica abbia preso in considerazione, spontaneamente la necessità di una esposizione prevalente delle città verso il sole.

Nel campo dell'urbanistica spontanea, possiamo citare numerosi villaggi mediterranei del sud della Francia, della Costa Azzurra, del litorale tirrenico ecc., che sono stati costruiti sui versanti sud delle colline. Questa disposizione, pur permettendo di conservare una forma molto compatta, garantisce l'esposizione a sud grazie allo sviluppo prevalentemente verticale delle abitazioni. Questa verticalità permetteva la migrazione stagionale: in inverno, poiché l'unico punto di riscaldamento era situato al piano terra, si poteva beneficiare, durante il giorno, degli apporti solari ai piani superiori e ritirarsi durante la notte nelle stanze inferiori maggiormente isolate. Durante l'estate le stanze del piano inferiore restavano più fresche per la loro posizione in ombra permanente, per la massa termica dei piani e delle case vicine ed anche per lo spessore delle pareti. Alcune facciate, dalla parte del giardino, potevano essere anche totalmente soleggiate durante l'inverno per la pendenza del terreno.

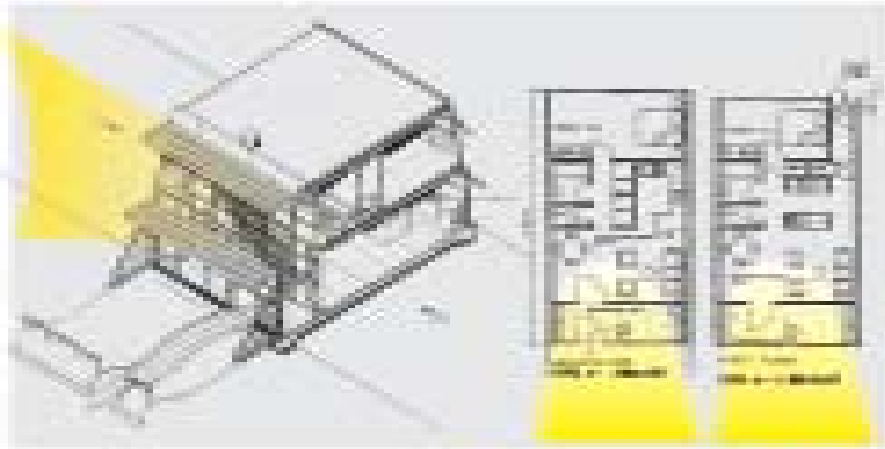
L'approccio tradizionale al progetto architettonico ed il modo diffuso di pensare l'edificio riflettono una visione statica in cui la costruzione viene ottimizzata nelle sue dimensioni, realizzata e completata. In questa ottica, ottimizzare le dimensioni e le misure vuol dire verificare i calcoli - in base alle regole stabilite dalle normative - alle estreme condizioni e dopo tutti gli elementi vengono dimensionati di conseguenza.

“Ma in realtà il comportamento dell'edificio si discosta totalmente da una visione statica: è come se fosse un elemento con un suo dinamico ciclo di vita, al pari di ogni altro organismo vivente. L'edificio percepisce le variazioni di temperatura, il caldo ed il freddo, la struttura respira e traspira, è capace di vestirsi e spogliarsi, capace di esporsi al sole o all'ombra, esporsi al vento o mettersi al riparo, in base alle necessità.”¹

La struttura fisica di un edificio esercita una forte influenza sulla sua capacità di ottimizzare la radiazione solare ed il suo apporto termico, migliorare la luce naturale e anche la ventilazione. In fase progettuale si dovrebbe considerare maggiormente:

- il rapporto tra la “compattezza” della superficie esterna e l'interno dell'edificio. Un involucro esterno molto denso e compatto aiuta a ridurre le dispersioni termiche; ma se questo si verifica in un piano molto profondo, si riduce l'opportunità di utilizzare l'illuminazione e la ventilazione naturale;
- le dimensioni e la forma dell'edificio, che possono facilitare l'accesso della radiazione solare o ostacolarla, per esempio quando sono presenti finestre o oggetti di dimensioni spropositate.
- la necessità di prevenire l'eccessivo riscaldamento che si verifica nella stagione estiva, utilizzando sistemi di schermatura e ventilazione naturale capaci però di garantire un guadagno solare in inverno;
- in particolare modo nella progettazione delle abitazioni è necessario avere la capacità di progettare e

20. Esempio di edificio duplex con le zone giorno orientate a sud



costruire in modo tale da controllare le dispersioni termiche in copertura e utilizzare gli spazi intermedi come spazi tampone.

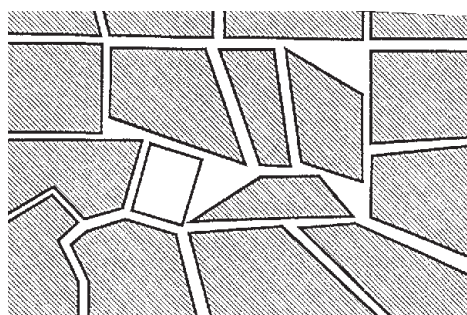
La configurazione e l'organizzazione degli spazi interni dell'edificio influisce sull'esposizione alla radiazione solare incidente, sulla quantità di luce naturale, sui flussi d'aria all'interno dell'edificio. In generale, un edificio compatto, cioè con un basso rapporto superficie/volume, avrà una superficie di esposizione relativamente piccola. Per edifici di piccole o medie dimensioni questo può costituire un vantaggio per controllare sia le perdite che i guadagni solari attraverso l'involucro edilizio, senza alcun conflitto tra le priorità progettuali in condizioni invernali o estive. Tuttavia, in edifici più grandi, una forma compatta si traduce, verosimilmente, in un corpo di fabbrica con notevole profondità di pianta, per il quale i progettisti tenderanno ad impiegare sistemi artificiali per illuminare e climatizzare gli ambienti. In pratica, oltre alle prestazioni termiche, sono molte le ragioni che guidano il progettista nella definizione della forma dell'edificio. Le soluzioni architettoniche che tengono conto delle prestazioni termiche dell'edificio adotteranno migliori sistemi di schermatura. Qualora possibile, sarebbe molto interessante e piacevole ottenere con schermature naturali un'alternanza ed una variazione del grado di luce e di ombra, così come accade negli edifici con pianta a corte in cui la diversa inclinazione della radiazione solare provoca un gioco di luci ed ombre che consentirà a gran parte dell'edificio di godere dell'irraggiamento solare diretto per gran parte della giornata.

Da un punto di vista energetico gli edifici possono essere divisi in due gruppi principali: quelli in cui è presente una predominanza dell'involucro e quelli in cui l'interno ha un peso energetico rilevante. Nel primo caso, l'edificio, presentando una notevole superficie esterna in rapporto al volume, è molto più soggetto alle variazioni climatiche e all'interno è presente un modesto carico termico. Nell'altro caso invece l'edificio, avendo una minore superficie esterna rispetto al rapporto area/volume, presenta un elevato carico termico interno, dovuto all'illuminazione interna, alla presenza degli occupanti, ai macchinari di lavoro. Un altro modo, più specifico per definire i diversi tipi di edifici è quello che, tenendo conto della destinazione d'uso, dell'attività che si svolge all'interno, associa una temperatura di comfort o di progetto (BPT balance point temperature) alle diverse tipologie di edificio.

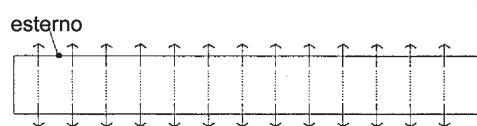
L'edificio non necessita di riscaldamento se la temperatura esterna è leggermente al di sotto della temperatura di comfort, anche per la presenza dei carichi termici interni (illuminazione, persone, macchinari, ecc.) ed anche perché l'involucro rallenta in qualche modo la dispersione di calore. Così una grande quantità di carichi termici interni, associata ad un comportamento effettivamente isolante dell'involucro, può trattenere all'interno il calore in modo che la temperatura esterna dovrà essere ancora più bassa perché sia richiesta l'attivazione un sistema di riscaldamento. Questo è una conseguenza del tipo di progettazione e della destinazione d'uso dell'edificio e non delle condizioni climatiche.

La temperatura di progetto per un tipico edificio in cui è l'interno a prevalere è di circa 23° C, (50 F) mentre in un edificio in cui predomina l'involucro esterno è di circa (60 F).

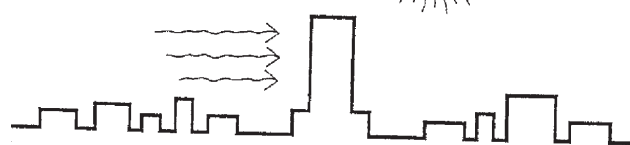
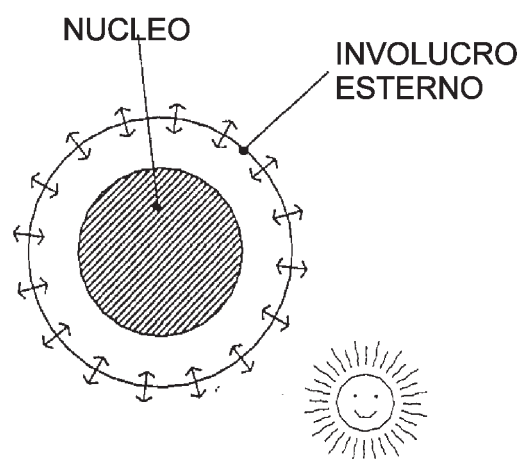
21 tipologia verticale (TOMBAZIS Associates)



Edificio in tessuto urbano consolidato



orientamento



edificio esposto al sole e al vento

1.3 Il ruolo delle schermature nel progetto architettonico

E' la progettazione bioclimatica, o qualunque altra cosa noi ci sforziamo di chiamare così, una scelta che possiamo - come non possiamo - portare avanti, una specializzazione lasciata agli specialisti o agli illuminati, mentre l'architettura reale è tutt'altra cosa, molto più importante e più nobile, che può essere praticata da coloro che non comprendono o non hanno l'interesse di approfondire questi problemi tecnologici? Portare avanti una progettazione architettonica che tiene conto del clima e nel rispetto dell'ambiente circostante è solo una questione tecnologica? Abbiamo veramente raggiunto la cima della montagna o è solo una moda che passerà al più presto? (...). Credo che siano tante buone ragioni per cui la corrente principale degli architetti non si sia mossa cominciando a pensare, progettare e realizzare architetture secondo i principi della bioclimatica, utilizzando questi principi, ma non il solo, come importante parametro nel loro lavoro.

Per cominciare farei una critica al tipo di formazione che si offre agli studenti nelle facoltà di architettura. In secondo luogo è molta diffusa l'idea che gli architetti non abbiano molta dimestichezza con tutto quello che riguarda calcoli matematici o leggi fisiche.

Terzo, gli architetti preferiscono avere una loro libertà compositiva e progettuale; tutto ciò che potrebbe inibire e limitare le loro idee deve essere evitato a tutti i costi.

Ma il problema è che tutto questo è proprio l'opposto della realtà. L'architettura è, tra l'altro, un esercizio, una magnifica partita, come giustamente sosteneva Le Corbusier, una costante ricerca di soluzioni a problemi reali. Entro i limiti, la presenza di *vincoli* può innescare un processo più interessante e molto più creativo. E'

impossibile disegnare nel vuoto.

Un altro motivo è che gli architetti sono generalmente abituati ad esercitare solo i loro occhi. Un architetto è capace di *vedere*, di immaginare uno spazio o una nuova situazione, ma non lo percepisce con gli altri sensi: così man mano, non essendo eserciti si affievoliscono gradualmente, e diventano incapaci di percepire le dimensioni nascoste che possiede un'architettura, che invece sono proprio le nozioni alla base del progetto bioclimatico.

Lasciatemi dire quali sono, per me, le tre dimensioni fondamentali, sebbene il suono, l'odore e il tatto non sono meno importanti:

Il tempo: si dice sia la quarta dimensione dello spazio architettonico, di vitale importanza perché al di fuori nessun oggetto potrebbe esistere. Il tempo in relazione al susseguirsi dei giorni, delle diverse stagioni, al clima, al modo in cui si comporta e risponde un edificio nel momento in cui entra in relazione con la natura e l'ambiente circostante. L'edificio inoltre entra a far parte del ciclo della natura, del suo dinamismo, contrariamente all'idea statica ed immobile, generalmente diffusa, dell'architettura.

L'aria: è il secondo elemento, importante ed invisibile. Noi progettiamo uno spazio e pretendiamo che questo sia vuoto, incuranti del fatto che sarà avvolto e riempito di aria. Le correnti d'aria lo attraversano, con movimenti generati dalla differenza di pressione e di temperatura. E proprio in funzione ed in relazione ai movimenti dell'aria che si possono progettare la forma dell'edificio, la sua sezione, l'altezza, l'orientamento, le dimensioni e la posizione delle aperture.

La luce ed in particolare modo la luce naturale, è il terzo elemento. Senza la luce l'architettura non avrebbe motivo di esistere. Ma con tempo l'uomo è stato capace di sostituire la luce naturale con quella artificiale e così molti edifici e parecchie architetture si sono impoveriti qualitativamente. Non è un'esagerazione dire che non dovrebbe essere il progettista a decidere quale è la forma migliore da dare ad un'architettura, ma la luce stessa.

Tre sono i parametri importanti a cui le schermature devono rispondere e che permettono l'ottimizzazione di un progetto in relazione al soleggiamento e alla verifica del suo comportamento:

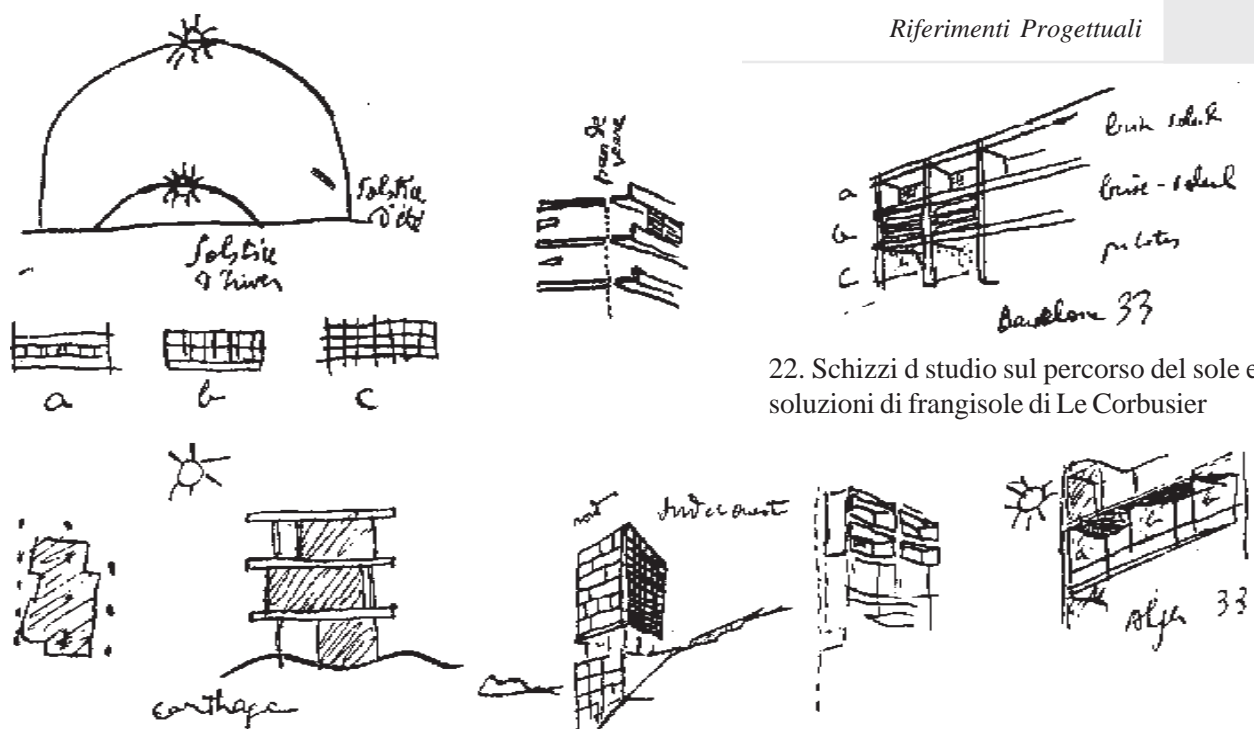
clima

movimento del sole

caratteristiche dell'edificio

il clima

la valutazione del clima locale, accompagnata dall'analisi delle variazioni di temperatura media dell'aria nei periodi dell'anno, dei mesi e dei giorni, identificano i periodi in cui è possibile evitare l'apporto solare diretto



22. Schizzi di studio sul percorso del sole e soluzioni di frangisole di Le Corbusier

il movimento del sole

la rappresentazione dei percorsi solari per avere una migliore conoscenza dell'angolo della radiazione solare alle diverse ore del giorno, alle diverse stagioni, nei differenti periodi dell'anno.

le caratteristiche dell'edificio

caratteristiche dell'edificio con l'orientamento delle facciate, l'ubicazione, la dimensione e il tipo di aperture, uso dei differenti spazi e locali e la conformazione dell'intorno.

Nel processo del progetto, sono critiche le decisioni a scala urbana relazionate all'altezza dell'edificio, alla dimensione degli spazi esterni e all'orientamento degli edifici.

Si definiscono sistemi di schermatura quei dispositivi costruttivi che fungono da barriera esterna regolatrice della radiazione solare senza impedire per questo l'illuminazione e la ventilazione dell'ambiente interno.

Più in generale i sistemi di schermatura sono costituiti sia da elementi funzionali e strutturali che decorativi al tempo stesso, che oltre a schermare la luce solare, ne graduano la luminosità senza creare fenomeni di abbagliamento o zone completamente ombreggiate; la loro struttura può costituire anche una barriera di sicurezza.

Accanto ai tradizionali frangisole in muratura ci sono sistemi di schermatura costituiti da doghe metalliche disposte su piani verticali o orizzontali: essi possono interessare ampie superfici tanto da influenzare in misura determinante l'aspetto esterno dell'edificio.

Il disegno architettonico degli edifici, analizzato secondo il principio schermante dei suoi componenti, si può scomporre in tre differenti categorie: la prima che ne classifica il design come composizione di elementi integrati all'edificio stesso, e che costituiscono per "struttura" un effetto di ombreggiatura; la seconda classifica i sistemi applicati internamente agli ambienti; la terza classifica invece gli stessi componenti edilizi dell'involucro come sistemi schermanti, ad esempio sistemi di vetrate intelligenti, oppure sistemi di pareti trasparenti o semitrasparenti a duplice valenza di schermatura e isolanti.

Mentre le prime due categorie sono parte integrante del progetto architettonico dell'edificio, si pensi alle logge o ai balconi ecc..., la terza risulta essere alquanto indipendente, caratterizzata dalla presenza di interi componenti edilizi che da soli costituiscono struttura e sistema, la sintesi delle tre categorie affiancata dai relativi parametri è descritta dalla tabella 1.a

Tabella 1.a

CATEGORIA A

- | | |
|---|---|
| a.1. Colorazione esterna | |
| a.2. Orientamento | |
| a.3. Frangisole esterni | a.3.1 verticali
a.3.2 orizzontali |
| a.4. Coperture aggettanti | |
| a.5. Volumi aggettanti | a.5.1 Finiture interne
a.5.2 Corpi addossati |
| a.6. Influenza sull'illuminazione interna | |

CATEGORIA B

- | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| b.1. Frangisole interni | b.1.1 verticali
b.1.2 orizzontali |
| b.2. Schermi di riflessione | |
| b.3. Colorazione pareti | |
| b.4. Finiture interne | |

CATEGORIA C

- c.1. Finestre
- c.2. Vetrate
- c.3. Isolamento
- c.4. Componenti edilizi integrati

In particolare, l'illuminazione interna degli ambienti e quindi l'illuminazione naturale di un edificio è fortemente caratterizzata da queste tre categorie.

I frangisole non vengono utilizzati solamente per risolvere problemi dovuti al surriscaldamento ma provvedono anche alla diffusione dei raggi solari all'interno degli edifici. Perfino il più chiaro e sottile vetro non trasmette il 100% della radiazione solare incidente. La radiazione che non viene trasmessa è assorbita oppure riflessa dalla superficie. La radiazione che viene assorbita dipende dal tipo, dallo spessore e dalla composizione del vetro. La parte riflessa dipende dalla natura della superficie e dall'angolo di incidenza della radiazione. Ognuno di questi fattori sarà meglio spiegato in seguito nella parte seconda in cui verranno analizzate le superfici vetrate e le loro caratteristiche di assorbimento e di schermatura.

Per prevenire il riscaldamento solare passivo indesiderato all'interno dell'edificio, si dovrebbe schermare la radiazione solare diretta ed i raggi solari diffusi.

In regioni soleggiate ed umide, la diffusione della radiazione solare nel cielo può essere incisiva come

la radiazione solare diretta. Aree soleggiate con molta polvere o inquinamento dell'aria possono infatti dare luogo a radiazioni molto più diffuse e provocare fenomeni di abbagliamento o di surriscaldamento imprevisti. Le radiazioni riflesse, d'altro canto possono anch'esse divenire un grosso problema, laddove coesistono l'intensa luce del sole e l'elevata area di riflettanza; spesso intonaci bianchi, vetrate con vetri riflettenti, superfici levigate, possono ricondurre le radiazioni solari in modo intenso all'interno dell'edificio; d'altro canto, superfici di colore scuro o particolarmente scabrose possono invece avere la capacità di controllare e mitigare l'effetto della riflessione.

La tipologia, la forma e l'orientamento di un frangisole, possono dipendere, in parte, dalla quantità e dal tipo di radiazione che sia essa diretta, diffusa, o riflessa. Benché gran parte del guadagno termico negli edifici sia dovuto alla radiazione solare diretta, può essere tuttavia necessario proteggere l'edificio dalla radiazione diffusa e riflessa.

Differenti soluzioni di ombreggiamento forniscono diversi livelli di protezione dai guadagni solari. Le schermature esterne offrono maggiore protezione di quelle interne, ed elementi mobili, se correttamente regolati sia manualmente che automaticamente, sono più efficaci di quelli fissi. Anche l'utilizzo di vetri speciali può garantire un discreto controllo dei guadagni solari, specialmente laddove non c'è la possibilità di impiegare le schermature convenzionali.

I sistemi di schermatura impediscono alla radiazione solare diretta, diffusa e riflessa, di raggiungere le parti più sensibili al guadagno solare dell'edificio: le finestre.

intercettare o riflettere la radiazione solare prima che raggiunga l'edificio, in particolare i componenti trasparenti, ma anche le superfici opache (inclusa la copertura), è fondamentale per impedire qualsiasi guadagno termico. All'interno di una vasta gamma di sistemi di schermatura, prima di applicare qualsiasi tipo di sistema, va fatta una scelta appropriata che tenga conto di alcuni parametri quali: la localizzazione dell'edificio, il suo orientamento, la tipologia edilizia e costruttiva e le misure integrate per il raffrescamento, il riscaldamento e l'illuminazione naturale, adottate in fase di progetto. La schermatura dipenderà anche del tipo di superficie da proteggere; ad esempio, le schermature mobili sono generalmente adottate per finestre e coperture, mentre non vengono solitamente impiegate a protezione delle pareti.

I sistemi di schermatura devono comunque garantire un efficace controllo solare soprattutto in estate, senza tuttavia ridurre i guadagni solari in inverno. Sistemi di schermatura ben progettati possono aumentare la disponibilità di luce diurna o promuovere la ventilazione naturale. Le schermature possono essere utilizzate per proteggere termicamente contro le dispersioni notturne.

La schermatura può essere ottenuta tramite uno schermo opaco esterno il quale, per non nuocere all'illuminazione naturale, copra esternamente l'involucro edilizio da schermare ed ottenere una illuminazione filtrata e non diretta. La schermatura in certi casi può avere una duplice funzione di ombreggiare e di isolare termicamente, spesso a tale scopo vengono utilizzate superfici in materiali altamente riflettenti con materiale isolante racchiuso all'interno.

1.4 Disegno delle schermature nei diversi climi

Ciò che ha determinato le maggiori differenze tipologiche nelle architetture, nelle diverse regioni geografiche, è proprio la diversità climatica. Se si osservano infatti gli edifici realizzati in un clima caldo umido, riscontriamo grosse differenze rispetto a quelli che si trovano inseriti in un contesto climatico caldo secco o freddo.

Nei climi caldo umidi si trovano generalmente edifici con elevata massa muraria, per sfruttarne l'isolamento e l'inerzia termica. Poiché la radiazione solare è molto intensa, finestre di piccole dimensioni riescono molto bene a dosare la luce naturale all'interno. Le dimensioni ridotte delle aperture garantiscono anche un controllo sulla ventilazione naturale, riducendo di giorno l'ingresso di aria calda dall'esterno. Anche il colore delle superfici esterne non è casuale: i toni molto chiari riducono il coefficiente di assorbimento della radiazione solare delle pareti. Anche le superfici interne sono generalmente di colore chiaro per consentire una migliore riflessione della luce naturale che entra dalle piccole aperture. Essendo in presenza di piogge rare e scarse, sono largamente adottate coperture piane, che diventano nelle notti estive zone abitabili di soggiorno o di riposo. Le coperture piane si raffreddano velocemente dopo il tramonto del sole per le forti escursioni termiche in condizioni di cielo sereno, diventando spazi abitabili con un comfort superiore a quello presente all'interno (che rimane caldo un po' più a lungo per effetto dell'inerzia termica della massa muraria).

Così anche la pianificazione urbanistica risponde alle esigenze climatiche. Nel clima caldo secco gli edifici sono strettamente raggruppati per favorire un ombreggiamento reciproco, ritagliando all'interno, fra loro, gli spazi pubblici.

In un clima caldo umido si trovano invece edifici con tipologia completamente diversa. Benché la temperatura sia più bassa, l'alto tasso di umidità abbassa il livello di comfort. Ma il maggior sollievo si ottiene con la ventilazione che, attraversando l'involucro dell'edificio, favorisce l'evaporazione e quindi il raffrescamento passivo. Benché l'intensità della radiazione solare sia ridotta dalla presenza di vapore acqueo nell'aria, raggi diretti provocano sempre un effetto indesiderabile.

Per far fronte a queste condizioni climatiche la tipologia costruttiva più diffusa adotta molte aperture di grandi dimensioni abbinati ad aggetti molto sporgenti, persiane, pareti di colore molto chiaro, e all'interno soffitti molto alti. Le grandi aperture favoriscono una maggiore ventilazione, mentre con la presenza degli aggetti e delle persiane si ottiene una buona schermatura e ombreggiatura oltre che una protezione dalla pioggia, ed il colore chiaro delle pareti favorisce la riflessione dei raggi solari all'esterno diminuendo la quantità di radiazione assorbita.

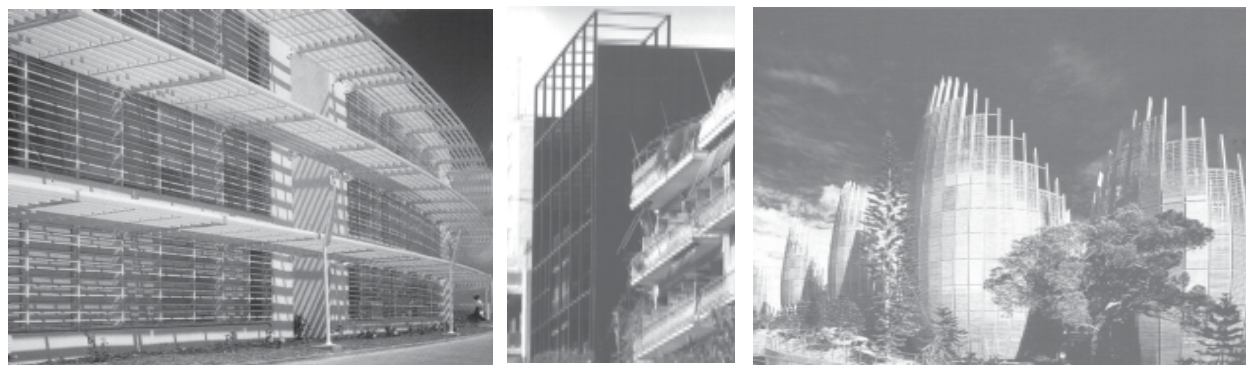
Visto che nei climi umidi la temperatura di notte non è molto più bassa di quella diurna, è inutile pensare di proteggere l'edificio con pareti ad elevata inerzia termica. Le pareti sono generalmente costruite con elementi leggeri, in legno. La presenza di soffitti alti non solo consente di poter realizzare aperture più ampie, ma favorisce la stratificazione dell'aria: in questo modo quella calda, più leggera, tende a salire verso l'alto e rimanere nella fascia più alta del volume della stanza, mentre quella fredda, più pesante rimane in basso, raffrescando e rendendo confortevole la parte vissuta dell'ambiente. La presenza di aperture nel soffitto o di finestre poste in alto, non solo incrementa la ventilazione verticale ma favorisce anche il deflusso dell'aria calda che si deposita nello stato superiore. (effetto camino) Per questo motivo, nei paesi con clima

caldo umido sono molto diffusi e popolari gli edifici che presentano soffitti alti, magari a capriate.

Nei climi miti, ma con condizioni climatiche di cielo coperto, gli edifici si presentano molto aperti per ricevere la maggior parte di luce naturale possibile. In questo tipo di clima l'uso di "bay" window è molto diffuso.

Infine, nei climi freddi, troviamo una tipologia edilizia completamente diversa, in cui si cerca in tutti i modi di trattenere il calore interno. Gli edifici tendono ad essere molto compatti per minimizzare la superficie esterna disperdente. Le aperture sono poco presenti perché diventerebbero punti deboli e superfici disperdenti presenti sull'involucro. È poiché è molto importante avere un elevato coefficiente di isolamento termico, per le superficie esterne si usa generalmente il legno piuttosto che la pietra. E, visto che l'aria calda tende a salire verso gli strati più alti, si realizzano soffitti molto bassi, cercando di sfruttare al massimo gli strati d'aria più tiepida. Spesso per proteggere le costruzioni dal vento freddo invernale si utilizzano sia gli alberi che l'orografia stessa del terreno, e per garantire una maggiore conservazione del calore interno si sacrificano le aperture e si rinuncia ad avere una vista sull'esterno.

23. Rettorato dell'Accademia delle Antille 24. Uffici ad Atene 25 Centro culturale in Nuova Caledonia



Il livello di comfort all'interno degli edifici può essere raggiunto e mantenuto, in quasi tutti i climi, utilizzando dei sistemi passivi. Nei casi in cui si desidera un raffrescamento alle varie ore del giorno, nelle diverse stagioni, nell'intero arco dell'anno, è necessario fare delle considerazioni più attente per trovare un metodo più appropriato.

La prevalenza di particolari condizioni climatiche, di caldo secco o di caldo umido, di vento secco o umido, o altro, suggerisce già il metodo da seguire per il raggiungimento di un adeguato livello di benessere. Spesso sistemi di schermatura, raffrescamento passivo, e ventilazione possono essere integrati e combinati insieme, per rispondere alle diversità climatiche stagionali o alle variazioni che si possono presentare nell'arco della giornata.

La progettazione dell'involucro edilizio deve soddisfare i requisiti di comfort sia in condizioni invernali che estive in maniera tale che eccessivi guadagni solari dovuti ai periodi di maggiore surriscaldamento siano controllati, ad esempio agendo sul ridimensionamento delle aperture, ma allo stesso tempo assicurando agli ambienti un adeguato valore di luminosità diurna per tutto l'anno; ciò comporta una riduzione dell'uso dell'illuminazione artificiale durante il giorno, con **conseguenti risparmi energetici**.

Il bilancio tra riscaldamento, raffrescamento e illuminamento naturale rappresenta quindi l'aspetto

cruciale per la scelta dell'orientamento e del dimensionamento delle aperture.

Il disegno delle aperture generalmente dipende dalla destinazione d'uso degli ambienti, ed in particolare dai regolamenti edilizi, che impongono il controllo dei minimi standard delle superfici vetrate. Spesso però ciò esula dal rispetto di tali parametri, talvolta per l'impossibilità di scegliere delle alternative, ci si trova ad affrontare problemi che riguardano il surriscaldamento, fenomeni di abbagliamento indesiderati, in estate, o aumento della dissipazione del calore, nel periodo invernale. L'impiego di dispositivi schermanti, come aggetti, scuri o vetri ad elevate prestazioni, allora consentirà al progettista di correggere o limitare gli effetti negativi di orientamenti sfavorevoli o di ampie superfici vetrate.

Ciò è valido per le aperture poste sulle superfici rivolte a sud; il dimensionamento delle aperture rivolte verso nord invece, è meno condizionato dalle variazioni stagionali e quindi può essere determinante essenzialmente per il soddisfacimento dei requisiti di illuminamento naturale, ventilazione e di accumulo termico in inverno.

In molti climi temperati controllare il carico termico dovuto alla radiazione solare è sufficiente a prevenire ed evitare il surriscaldamento degli ambienti interni. Un oggetto in copertura può schermare una superficie vetrata in modo tale da evitare che la radiazione solare estiva, ma consentendo ai raggi invernali - più bassi - di raggiungere la superficie che così lavora come collettore solare accumulando e trasmettendo calore. In funzione della latitudine e delle caratteristiche climatiche l'oggetto può subire delle variazioni o può essere regolato: in inverno e in primavera può essere tolto o represso per far sì che la superficie riceva il massimo della radiazione solare.

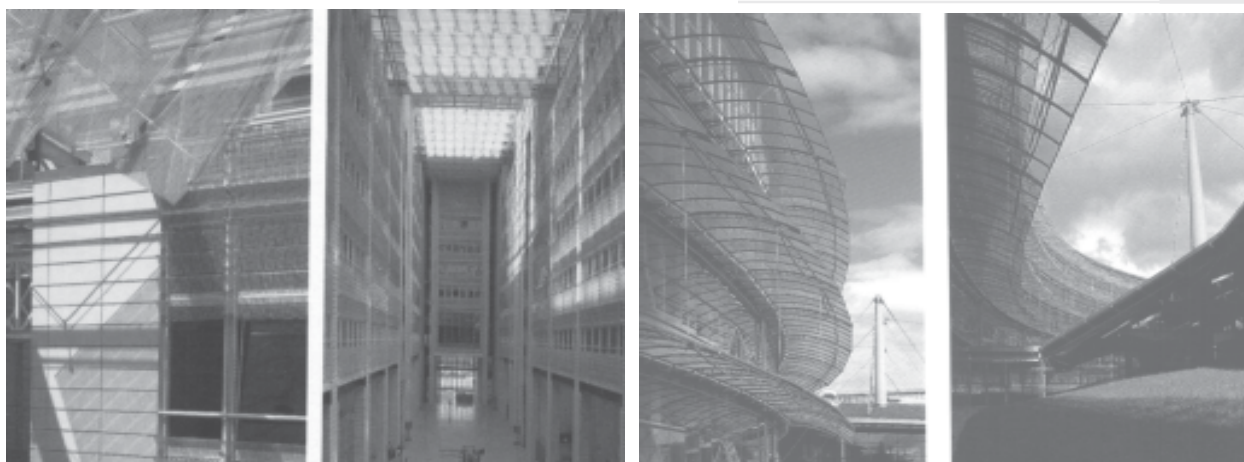
Mensole, aggetti, schermi verticali, o altri sistemi di ombreggiamento possono essere disegnati e progettati per raggiungere diverse configurazioni di ombreggiatura al variare delle stagioni.

Nella maggior parte dei climi la radiazione solare pomeridiana (e che proviene da ovest) è quella che provoca il maggior apporto termico, per cui può essere ragionevole pensare ad una forte schermatura sul prospetto dell'edificio orientato ad ovest. Sul lato est invece è preferibile avere una minore ombreggiatura per consentire, al mattino, ai raggi solari di bilanciare l'abbassamento della temperatura verificatosi durante le ore notturne.

Consideriamo un oggetto su una facciata esposta a sud, in una località costiera del centro-nord Europa: in continua presenza di condizioni di cielo coperto (Inghilterra per esempio) la porzione di cielo più luminosa è quella più alta, giusto quella che la presenza dell'oggetto schermerebbe; così per una data superficie vetrata l'illuminazione naturale potrebbe essere compromessa e fortemente ridotto. In ogni caso la superficie vetrata potrebbe essere aumentata ed incrementata per compensare questo effetto, ma facendo in modo che una parte rimanga sempre schermata per evitare la radiazione solare estiva.

L'aumento della superficie vetrata in ogni caso contribuisce all'aumento della dispersione termica in inverno, che forse potrebbe essere compensato dalla maggior quantità di radiazione solare incidente sul vetro, a meno che non si utilizzano i doppi vetri sulla facciata a sud. Questa ultima soluzione potrebbe essere favorevole per potenziare ed utilizzare al massimo l'apporto termico dovuto alla radiazione solare in primavera, anche perché il problema dell'eventuale surriscaldamento in estate è risolto per la presenza della schermatura.

Sembra che, in termini energetici, l'uso di un oggetto in questo caso, provoca il maggior risparmio energetico. Comunque, anche in termini di comfort termico, in un edificio che non presenta alcun impianto di condizionamento, questa soluzione è molto vantaggiosa. Inoltre si ottiene all'interno un incremento del livello



26 Torre Debis a Berlino

27. Scuola internazionale di Lione.

di comfort visivo perché si riduce il fenomeno dell'abbagliamento.

Nel clima del sud Europa la situazione è diversa: il cielo è prevalentemente limpido e il soleggiato per tutto l'arco dell'anno, con estati molto calde, per cui il controllo e la protezione dalla radiazione solare diretta è di fondamentale importanza, anche per le superfici vetrate più piccole.

Un altro fattore di grande importanza è che, oltre ad avere radiazione solare diretta, ci troviamo quasi sempre in presenza di un cielo uniformemente luminoso su tutta la volta celeste, a cui si aggiunge una significativa quota di radiazione riflessa dal suolo.

In questo caso l'aggetto sarebbe una soluzione poco efficace, avendo un impatto minore sul controllo del livello interno di illuminamento. Sembra allora che l'aggetto, in queste circostanze, può essere utilizzato con estrema sicurezza come sistema di schermatura fisso, perché non penalizza dal punto di vista energetico. Si può notare facilmente come questa strategia sia diventata soluzione tradizionale nei paesi del sud Europa: le finestre, profondamente arretrate rispetto alla superficie esterna del muro, presentano sia un aggetto superiore, sia le persiane.

“Barcellona: “...L'alloggio fu sistemato per assicurare il fresco negli appartamenti e. .. le case furono dotate di dispositivi che dovevano rappresentare più tardi elementi di dottrina. In a), una profonda loggia; in b), lamelle di cemento formanti gelosie e ruotanti orizzontalmente; in c), la casa è sopraelevata su un vuoto dove regna l'ombra; a), costituiva dunque un primo frangisole; b) un altro frangisole (e questo servirà più tardi)”.

Algeri: “...A Nord e forse ad Est, noi potevamo conservare puramente e semplicemente un pannello di VETRO integrale, ma a Sud e ad Ovest bisognava installare un frangisole.

Questo era fatto da alveoli che costituivano cassoni di circa 80 cm. di profondità su 70 di altezza circa, capaci di provocare un'ombra efficace. Dispositivo che si installa a qualche centimetro sul davanti della parete di vetro e che è mantenuto agganciato ai soffitti che facevano sbalzo a ogni piano.

La difficoltà stava ad Ovest poiché il SOLE più fastidioso è all'ora del tramonto, quando proietta raggi luminosi orizzontali; il nostro frangisole si rivelava inefficace e dovette essere rimpiazzato da lamelle, questa volta verticali, e disposte perpendicolarmente (a) o obliquamente (b) alla facciata, il tutto essendo regolato dall'orientamento della facciata. Gli schermi così creati costituivano un prolungamento architettonico significativo, una specie di balcone o loggia... “ Da Architecture and Energy” ENEA, Roma, 1997.

1.5 Forma e orientamento dei sistemi di schermatura

Tradizionalmente, gli edifici nel sud dell'Europa offrivano in estate condizioni ambientali interne confortevoli o quasi confortevoli, cosicché gli occupanti raramente sentivano l'esigenza di un ulteriore raffrescamento. Nelle costruzioni recenti si sono trascurati principi basilari di progettazione, con il risultato che è enormemente aumentato l'uso di impianti di condizionamento dell'aria. Ancor più impropriamente, nel nord, molti edifici commerciali sono stati concepiti in modo da rendere indispensabile l'uso dei sistemi di condizionamento.

Durante i periodi caldi dell'anno, diversi sono i fattori che concorrono a creare condizioni ambientali non confortevoli, tra i quali: la temperatura esterna, la radiazione solare, e i guadagni interni dovuti alle persone e alle apparecchiature che vengono utilizzate negli edifici.

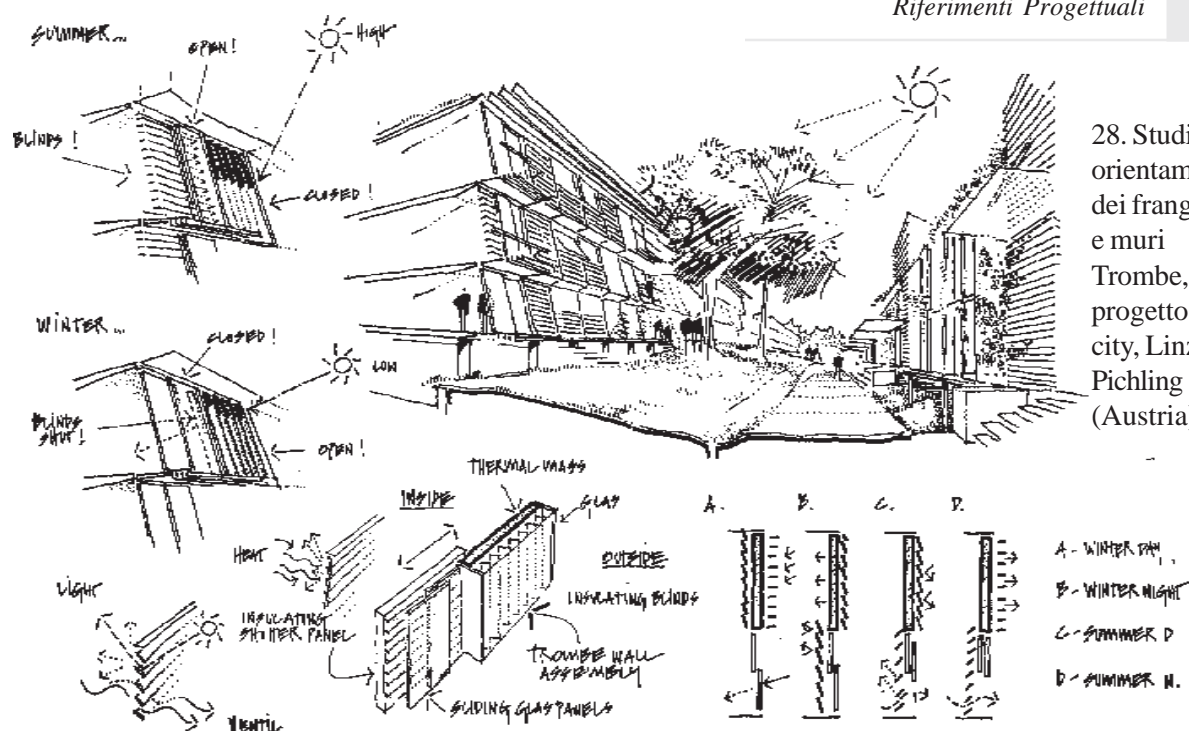
Le strategie per combattere tali fenomeni non sempre sono ininfluenti sulla forma dell'edificio; quelle relative in particolare all'applicazione di sistemi di schermatura solare o l'impiego di strutture pesanti per garantire maggiore inerzia termica, possono avere infatti rilevante influenza sulle caratteristiche architettoniche di un edificio. Il tipo, la dimensione e il posizionamento, di un sistema di schermatura, dipenderà dal tipo di radiazione solare diretta, diffusa o riflessa da schermare. Il componente riflesso è generalmente quella più facilmente controllabile riducendo la riflettività della superficie da schermare. Ciò è facilmente ottenibile tramite l'uso della vegetazione.

La componente diffusa, è un problema assai più difficile da risolvere, a causa del lungo angolo di esposizione dal quale la radiazione deriva. È comunque, usualmente controllabile dai sistemi di schermatura interni o attraverso vetrate speciali schermate. La radiazione solare diretta è quella più facilmente controllabile da sistemi di schermatura esterni. La necessità di schermare qualche volta contrasta con la domanda di illuminazione diurna. Fortunatamente, quando la radiazione solare è controllata si può ottenere un alto livello qualitativo di illuminazione naturale in modo tale da ridurre i raggi solari. Quando la radiazione solare non viene usata per illuminare l'edificio, è necessario bloccare l'ingresso dei raggi solari durante tutto il periodo più caldo dell'anno.

Il frangisole ideale bloccherà al massimo la radiazione solare mentre permetterà la vista e la brezza di entrare attraverso le finestre.

Sono possibili innumerevoli forme di frangisole, con uso di differenti materiali, dimensioni ed angolature di esposizione, le più conosciute geometrie di frangisole sono ben riconoscibili nel lavoro di sapienti architetti, durante gli anni 50', tra i quali: Le Corbusier, Oscar Niemeyer, Richard Neutra, Paul Rudolph, oppure opere attuali di Sir Norman Foster, Sir Richard Rogers, Renzo Piano, Michael Hopkins, Nicholas Grimshaw e molti altri. Per una maggiore comprensione dell'influenza dell'orientamento dell'edificio nei confronti dell'elemento schermante analizzeremo con le seguenti tabelle le differenti soluzioni architettoniche ottenibili. In climi di estremo caldo, se i frangisole sono posizionati sulla facciata sud, sud est e sud ovest, il sistema a lamelle verticali o orizzontali deve avere una spaziatura molto ravvicinata per essere efficace. Il problema maggiore dell'ombreggiatura infatti è quello di bloccare i raggi solari per alcuni angoli di incidenza molto bassi, per questo motivo i sistemi a lamelle verticali sono molto efficaci, rispetto anche ad angoli più ampi.

Ci sono comunque alcuni tipi di veneziane che presentano il passo tra le lamelle notevolmente ridotto, circa 2-3 cm., e allo stesso tempo sono molto funzionali senza impedire la vista all'esterno.



28. Studi di orientamento dei frangisole e muri Trombe, nel progetto Solar city, Linz - Pichling (Austria)

Orientamento dei sistemi di schermatura; Climi caldi					
Sud	Nord	Est	Ovest	Sud-Est	Sud-Ovest
orizz.	vert.	orizz o vert a lamelle		orizz o vert a lamelle	

FRONTE SUD schermatura orizzontale

I sistemi di schermatura orizzontali posti sulla facciata sud sono ottimi in estate quando il sole è alto in cielo. Lo stesso sistema è meno efficace se posizionato sulla facciata est, o sud-est o sud-ovest.

FRONTE NORD

FRONTE EST schermatura verticale

Le facciate est ed ovest sono difficilmente schermabili a causa dei raggi di incidenza del sole bassi al mattino ed al pomeriggio; la soluzione migliore quindi per questo tipo di orientamento, è data da sistemi a lamelle sia orizzontali che verticali, meglio se regolabili. Tale sistema per essere altamente efficiente deve presentare una distanza tra le lamelle molto ridotta, con il rischio di ridurre però la visuale dall'interno.

FRONTE OVEST schermatura verticale