

Le "vecchie" frontiere della luce

Incide sul costo complessivo per una percentuale minima; la spesa energetica si riduce anche del 40%. Ideale per edifici ad uso prevalentemente diurno, pubblico e terziario, determina un aumento della produttività e una diminuzione dell'assenteismo. Tecniche, sistemi, vantaggi e limiti del Daylighting

Giuliano Dall'Ò e Annalisa Galante*

La scoperta della luce artificiale, capace di competere per intensità con la luce naturale, ha forviato gli architetti dall'attenzione verso la progettazione di componenti in grado di sfruttare al meglio questa fonte di energia. Quante volte ci troviamo all'interno di edifici illuminati artificialmente anche in pieno giorno? Nonostante queste tendenze, l'uso della luce naturale per l'illuminazione degli interni di un edificio (più semplicemente "daylighting") ha cominciato da qualche anno ad essere rivalutato per l'illuminazione di edifici pubblici e commerciali.

Lo sviluppo di questa nuova cultura progettuale è stato incentivato dalla disponibilità di strumenti di analisi e simulazione che consentono di conoscere in dettaglio il comportamento energetico dell'edificio in fase di progetto preliminare, particolarmente efficaci se vengono applicati in edifici di grosse dimen-

sioni nei quali fino al 75% dell'illuminazione diurna può essere ottenuta con l'uso della luce naturale. Anche il lancio sul mercato di nuovi materiali e tecnologie, come i "vetri intelligenti" e i materiali isolanti trasparenti, capaci di regolare e controllare l'entità dei flussi luminosi e termici, ha dato il suo contributo per la sensibilizzazione dei progettisti all'uso della luce naturale. L'impiego di nuove tecniche di illuminazione a luce diurna, infatti, permette di dosare la quantità di luce orientandola in modo uniforme ed eliminando alcuni aspetti negativi come l'abbagliamento o il calore eccessivo.

In ottica di risparmio energetico a una maggiore illuminazione naturale corrisponde anche una riduzione della luce artificiale e quindi del condizionamento necessario a smaltire il calore immesso dalle lampade, e ciò non è poco.

* Giuliano Dall'Ò, architetto, è docente al Dipartimento BEST, Politecnico di Milano e Direttore della Rete di Punti Energia della Regione Lombardia; Annalisa Galante, architetto, è dottoranda di Ricerca al Dipartimento BEST, Politecnico di Milano.

Diffusione della luce naturale nell'edificio

Modalità	Soluzioni	Da prevedere
Toplighting	Lucernari. Cupolini. Shed. Condotti di luce.	Schermature per evitare abbagliamento e surriscaldamento estivo.
Sidelighting	Mensole riflettenti. Davanzali. Frangisole riflettenti regolabili.	Ombreggiamento per regolare il passaggio della luce.
Corelighting	Atrii, cortili. Condotti di luce.	Dispersioni termiche in inverno. Superficie dell'atrio decresce con la quota.

Fattori di riflessione delle superfici

Tipo di superficie	Fattori di riflessione
Superficie scura	3-4%
Superficie bianca	90%
Parametro di riflessione consigliato	
Soffitto	70-85%
Muri prossimi ad aperture	60-70%
Muri altri	40-50%
Pavimenti	15-30%

Sole, geometria, uso, superfici: parametri per scegliere

La progettazione dell'illuminazione naturale comincia con lo studio attento ed accurato del percorso del sole durante il giorno e nei vari periodi dell'anno. La luce solare diretta e quella diffusa dalla volta celeste hanno caratteristiche diverse, per questo richiedono una diversa considerazione nel corso della progettazione dell'illuminazione naturale degli ambienti interni. Questa può essere ottenuta facendovi penetrare la luce essenzialmente in tre modi: attraverso il soffitto (Toplighting), le pareti laterali (Sidelighting), o portando la luce all'interno dell'edificio attraverso veri e propri condotti o ricorrendo ad atrii e cortili (Corelighting).

Quando si parla di *Sidelighting* si vuole porre l'attenzione sulle soluzioni innovative utilizzate dai progettisti quali davanzali, mensole riflettenti, frangisole riflettenti regolabili e altri sistemi che vedremo dettagliatamente in questo articolo. È necessario, per questo tipo di interventi sull'involucro laterale, prevedere dispositivi di ombreggiamento per bloccare o regolare il passaggio della luce all'interno degli spazi. Lo scopo di questi elementi captanti è quello di migliorare l'illuminazione entrante dalle finestre deviando una parte del

flusso luminoso incidente verso il soffitto in modo da indirizzare la luce in profondità.

Per quanto riguarda il *Toplighting*, la luce naturale viene introdotta attraverso il tetto inserendo lucernari, cupolini, shed, condotti di luce. Va ricordato che la luce incidente su una superficie orizzontale è tre volte superiore a quella incidente su una superficie verticale e, per evitare fenomeni di abbagliamento e surriscaldamento estivo, diventa necessario posizionare accuratamente schermature o superfici riflettenti.

Si parla di *Corelighting*, invece, quando la luce naturale viene introdotta realizzando nel centro dell'edificio atrii cortili e chiostri con superficie ad elevato indice di riflessione, oppure condotti di luce. Questi spazi aumentano notevolmente la superficie laterale illuminata dell'involucro ma anche il volume dell'edificio, i costi e le dispersioni termiche in inverno. Il flusso luminoso entrante diminuisce andando verso i piani bassi e per ovviare al problema viene progettato un atrio la cui superficie decresce con la quota.

Gli obiettivi di una buona progettazione della luce naturale vengono definiti in base alla geometria degli spazi, alla destinazione d'uso e al compito visivo degli utenti. Da qui l'esigenza di massimizzare la quantità di luce trasportabile e soprattutto di controllarne la qualità in uscita.

Un raggio di luce che colpisce una superficie viene riflesso, assorbito o trasmesso modificandosi per intensità, direzione e verso in funzione delle caratteristiche fisiche del mezzo intercettato.

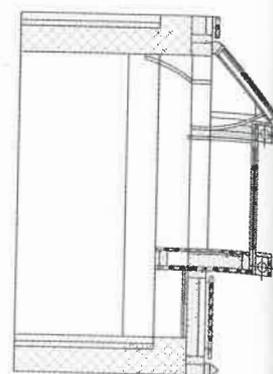
Il fattore di riflessione può andare dal 3-4% nel caso di una superficie molto scura e polverosa fino al 90% di una superficie liscia bianca. I parametri di riflessione raccomandati per un ambiente sono per il soffitto 70-85%, per i muri vicino alle aperture 60-70%, per gli altri muri 40-50% e per i pavimenti 15-30%.

Superfici interne di colore chiaro migliorano la distribuzione della luce e di conseguenza la quantità di luce naturale che giunge agli ambienti illuminati indirettamente. Ciò si ottiene calibrando la scelta delle finiture: un muro liscio bianco splendente, rifletterà sino all'85% della luce che lo colpisce, un muro color crema rifletterà sino al 75% mentre un muro giallo solo 65%. Un muro color arancio o vermiglio assorbirà più del 60% della radiazione luminosa incidente

Sistemi e componenti per progettare

Le performance di un sistema basato sull'illuminazione naturale dipendono dalla disponibilità della luce che colpisce l'edificio, dalla latitudine del sito, dalla presenza di ostruzioni, dalle condizioni atmosferiche, dalle caratteristiche del terreno circostante, dalle proprietà fisiche e geometriche del componente trasparente e dello spazio.

Lo studio della particolare esposizione di ogni singolo edificio rispetto al sole suggerisce di volta in volta per ogni singola facciata l'uso di una determinata tipologia di schermatura, il cui dimensionamento e la cui morfologia



Simulare per scegliere

Maura Maiorca e Eliana Terzoni

Il flusso luminoso all'interno di un ambiente varia a seconda del posto in cui si trova l'edificio, l'ora del giorno, il periodo dell'anno, le condizioni climatiche del luogo, e delle ostruzioni degli edifici circostanti. Gli obiettivi di partenza di un progetto vengono definiti in base alla geometria degli spazi, alla destinazione d'uso e al compito visivo degli utenti, nascono dall'esigenza di massimizzare la quantità di luce trasportabile e soprattutto di controllarne la qualità in uscita.

Si è sperimentata l'applicazione di queste teorie ad un progetto di uno spazio multifunzionale. L'edificio ha funzione di biblioteca, di mediateca, di spazio espositivo, spazi di studio e lettura. Uno spazio che necessita di una corretta strategia di daylight.

Lo studio della particolare esposizione dell'edificio rispetto al sole, fatto attraverso la simulazione dell'ombreggiamento a diverse ore del giorno in un modello tridimensionale, ha suggerito di volta in volta per ogni singola facciata l'uso di una determinata tipologia di schermatura.

La scelta di un ben preciso sistema di daylight scaturisce dall'analisi, dell'orientamento, della latitudine, delle condizioni climatiche del sito (nel caso specifico Milano), in diversi periodi dell'anno, nei solstizi invernale ed estivo e ad orari del giorno scelti in base all'incidenza della luce solare e delle destinazioni d'uso di ogni singolo ambiente.

Ritenendo indispensabili le esigenze dei fruitori e sfruttando la capacità della luce trasportata di creare un ambiente luminoso riconosciuto come confortevole, sono stati analizzati attraverso l'uso di simula-

zioni tridimensionali i singoli ambienti. È stata studiata l'effettiva incidenza della luce sul piano di lettura e in prossimità di scaffalature al fine di ottenere livelli di illuminazione adeguati agli specifici compiti visivi. La simulazione è avvenuta tracciando la traiettoria solare nel corso delle giornate del 21 Giugno e del 22 Dicembre.

I componenti di passaggio della luce naturale sono dispositivi pensati per permettere la trasmissione della luce da un ambiente luminoso a un altro ad esso adiacente, ridirezionare o rifrangere i raggi di luce diretta per ombreggiare e proteggere dall'abbagliamento quando si è in presenza di cielo sereno e ottenere notevole penetrazione della luce diffusa con cielo coperto.

L'obiettivo della simulazione è quello di correlare ambiente architettonico e spazio insieme alle esigenze riferite ad ambienti quali sale studio, sale espositive e spazi aperti per la lettura e avendo un riscontro diretto del buon funzionamento delle strategie applicate confrontando i modelli tridimensionali di una stessa stanza con e senza l'applicazione di sistemi di daylighting. Ne vediamo di seguito alcuni esempi applicativi.

Sistemi a confronto

Shed completamente vetrati coprono una hall a tutt'altezza su cui si affacciano tre livelli, due adibiti a libreria e uno a zona espositiva: da qui l'esigenza di voler diffondere la luce anche alle zone situate ad altezze inferiori sfruttando la particolare copertura. Per evitare fenomeni di abbagliamento, surriscaldamento estivo e favorire l'omogeneità della luce in tutto lo spazio è stato applicato un sistema con "Sun Directing Glass", composto da elementi di forma sinusoidale posizionati all'interno di una doppia superficie vetrata sigillata che direzionano la luce solare diretta e deviano quella diffusa.

In una sala lettura orientata a sud-ovest, con ambienti esposti a notevole radiazione solare, si è reso indispensabile prevedere un dispositivo di ombreggiamento che regolasse il passaggio di luce all'interno degli ambienti. Il sistema Okasolar fa parte della categoria dei Louvers e Blinds: assicelle riflettenti orizzontali in acciaio anodizzato, galvanizzato o alluminio verniciato posizionate nell'intercapedine del vetro vengono orientate in modo da permettere un corretto direccionamento del fascio luminoso verso l'alto. Consente di avere un adeguato rapporto tra le luminanze degli oggetti che entrano nel campo visivo in modo da ottenere il contrasto necessario a una buona visione e assicurare un adeguato illuminamento. Con l'applicazione di questo dispositivo è stato riscontrato un controllo delle ombre sul piano di lettura evitando così contrasti troppo evidenti.

Ampie luci di progetto necessitano di favorire la penetrazione della luce in profondità, oltre al miglioramento dell'illu-

Sun Directing Glass posizionati sugli shed (21 giugno ore 10): prima e dopo l'intervento.



Nella pagina a fianco:
LESO Solar Experimental
Building, Losanna,
Svizzera (1999). La
nuova facciata raggiunge
un significativo aumento
della luminosità e dell'o-
mogenizzazione dell'illu-
minazione entrambi tra-
mite un aumento del fat-
tore di luce diurna nella
profondità della stanza
(4 - 5 m dalla parte
vetrata)

gia possono essere studiati attraverso l'uso di diagrammi solari. Superfici di separazione, schermi flessibili, filtri solari, elementi di oscuramento, vengono analizzati in relazione alla localizzazione, proprietà ottiche e possibilità di movimento

Ma quali sono le funzioni dei sistemi di captazione della luce naturale? Sicuramente il miglioramento della qualità dell'illuminazione interna, che comporta un miglioramento del comfort visivo attraverso il ridirezionamento dei raggi solari, evitando fenomeni di abbagliamento e moderando la luminosità nel campo visivo, e poi un discreto controllo del flusso di

calore entrante soprattutto d'estate, evitando il surriscaldamento interno.

Per controllare o modificare la quantità e la qualità dell'illuminazione naturale in un interno vengono utilizzati sistemi di daylighting con o senza ombreggiamento addizionale. Tali sistemi possono migliorare l'uniformità distributiva luminosa interna e ridirezionare la luce proveniente da una specifica area della volta celeste direzionando la luce in aree determinate.

Svariati sono i sistemi utilizzabili come mezzi per di captazione integrati all'involucro trasparente dell'edificio, ne analizziamo alcuni.



Sistema Okasolar della categoria del Louvers e Blinds, inserito nella superficie vetrata a sud-ovest (21 giugno ore 16).

I fasci luminosi incidenti vengono totalmente riflessi all'interno e ridistribuiti uniformemente nella sala.

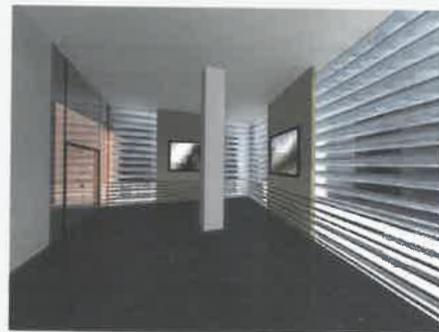
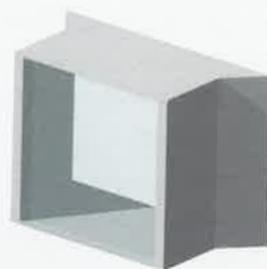
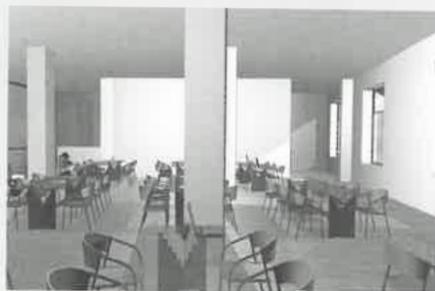
Captare e schermare

È stato poi progettato un sistema di captazione della luce diffusa proveniente dalla volta celeste idoneo quindi per cieli coperti e orientamento a nord, da posizionarsi prevalentemente su facciate verticali e in ambienti quali sale espositive.

Il TME (Technological Metallic Elements) è un "diffuse light guiding system" con sistema di ombreggiamento interno che favorisce la penetrazione della luce diffusa. Questo particolare dispositivo è stato studiato per le particolari esigenze che si possono incontrare nella progettazione di una sala espositiva, poiché integra l'uso di un dispositivo di captazione della luce e l'uso di una schermatura di blinds interni riflettenti mobili.

Si può usare preferibilmente in facciate a Nord o poco esposte alla luce diretta

Uso dei sistemi Okasolar su un lato e Anidolic Zenithal Collectors sull'altro (21 giugno ore 10).



Technological Metallic Elements: progetto di un sistema di ombreggiamento e captazione per favorire la penetrazione della luce diffusa. Utile in una sala espositiva. (Progetto: Maiorca, Prassino, Terzoni, 2003).

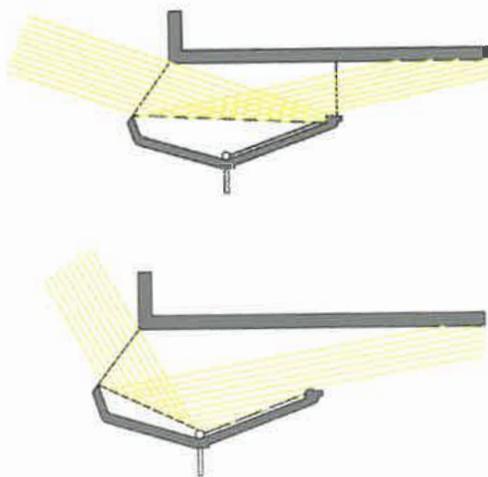
minazione entrante, evitando fenomeni di abbagliamento e surriscaldamento. In una delle sale studio, che presentava una profondità di 15 m, si è avuta la necessità di far penetrare la luce fino al centro della sala e contemporaneamente di valutare i rapporti di luminanza degli oggetti, la resa dei colori e il controllo delle ombre. Sono stati applicati due sistemi sui lati opposti finestrati: su un lato gli "Anidolic Ceiling", che data la loro conformazione hanno permesso di illuminare i piani di lavoro al centro della stanza, mentre sull'altro lato sono stati previsti gli "Okasolar". Gli Anidolic Zenithal Collectors vengono posizionati nella parte alta della superficie finestrata e vengono sfruttate la proprietà ottiche di una serie di concentratori parabolici per convogliare nell'edificio la luce diffusa proveniente dal cielo; la lastra vetrata d'ingresso è ruotata di 25°, secondo il più favorevole angolo di incidenza per i raggi provenienti dalla direzione zenitale.

dato che il primo elemento del sistema è composto da superfici in alluminio rivestite da una particolare pellicola riflettente, posizionate intorno all'apertura che sostituiscono il serramento tradizionale: queste si aprono ad imbuto verso l'esterno in modo tale da convogliare la maggior quantità di luce possibile; il secondo elemento del sistema aiuta la luce convogliata a non incidere sul piano del campo visivo dell'occhio umano, direzionando la luce verso il soffitto per non creare forti contrasti sugli elementi in esposizione. Permette di percepire il rapporto dinamico fra l'architettura e il suo ambiente ed è stato studiato per enfatizzare e modellare le caratteristiche spaziali della sala espositiva.

Gli *Anidolic Ceiling Systems* sfruttano le proprietà ottiche di una serie di concentratori parabolici per convogliare la luce diffusa proveniente dal cielo. Un *Anidolic Zenithal Collector*, chiuso da un doppio vetro isolato, viene posizionato all'inizio di un condotto di luce sporgendo di 70 cm dalla facciata, un condotto di luce viene previsto nel controsoffitto e un pannello singolo in materiale organico viene posto alla fine del condotto. L'interno di questo condotto è rivestito in fogli di alluminio post-anodizzato cosicché i fasci luminosi incidenti all'ingresso vengono totalmente riflessi al suo interno e ridistribuiti uniformemente nell'ambiente. La lastra vetrata d'ingresso è ruotata di 25°, secondo il più favorevole angolo di incidenza per i raggi di luce provenienti dalla direzione zenitale (la parte più luminosa del cielo). Unico svantaggio è che il sistema non prevede un ombreggiamento integrato, sarà compito del progettista schermare in modo appropriato l'ingresso del condotto.

I *Light Shelves* sono costituiti da un deflettore orizzontale o quasi orizzontale, che può essere parte integrante della facciata o montato sull'edificio. La funzione dei *Light Shelves* interni è quella di direzionare e riflettere la luce. Comportano una riduzione della luce filtrante all'interno rispetto ad una finestra tradizionale e un aumento della trasmissione della radiazione solare attraverso la parte superiore della finestra non ombreggiata. I *Light shelves* esterni, invece, captano maggiormente la luce proveniente dalle aree zenitali, favorendo l'ombreggiamento. Si posizionano solitamente al di sopra del livello degli occhi, dividendo l'apertura in due parti per evitare l'abbagliamento e mantenere la vista dell'esterno. Questo sistema viene progettato per qualsiasi orientamento, forma della stanza o latitudine. L'applicazione dipende dalla configurazione dell'ambiente, dall'altezza del soffitto, dall'altezza degli occhi dell'osservatore. In spazi profondi vanno orientati a sud nell'emisfero nord e a nord nell'emisfero sud. Il soffitto è una parte importante del sistema, infatti la luce vi viene riflessa dai *Light Shelves* e da qui all'interno, è necessario quindi fare attenzione alla pendenza e alle caratteristiche della superficie.

I *Sun Directing Glass* è un sistema formato da elementi acrilici di forma sinusoidale posizionati all'interno di una doppia superficie vetra-



Sun tracking light shelves - Valra. Il sistema utilizza una superficie rivestita da film plastico riflettente collegata ad un sistema a rullo che permette di variarne la posizione nel corso dell'anno all'interno di un *light shelf* fisso.

L'obiettivo principale è la riflessione della luce per tutti gli angoli solari. Nello schema la condizione invernale.

Sun tracking light shelves - Valra. Nello schema la condizione estiva.



Accademy Mont-Cenis, Germania: un esempio dell'applicazione dei Light Shelves.

ta sigillata, per direzionare la luce solare diretta e deviare quella diffusa. Viene posizionato in facciata nell'area finestrata al di sopra dell'altezza degli occhi, oppure sui lucernari come sussidio all'ingresso della luce, per esempio negli atri o nelle hall. L'orientamento ottimale è a Sud in climi temperati, ma può essere progettato anche a Est, quando si vuole sfruttare la luce nel pomeriggio, a ovest è utile al mattino. Se si orientano a Nord gli elementi devono essere molto grandi per captare più luce diffusa. La luce viene deviata allo stesso modo sia sul piano verticale che sul piano orizzontale: la deviazione verticale è realizzata tramite la sagoma degli elementi acrilici, la deviazione orizzontale tramite da elementi ottici olografici o da una superficie vetrata sinusoidale e non prevede parti mobili. Il soffitto è un'importante parte del sistema poiché direziona la luce riflettendola nell'area di lavoro. Un soffitto bianco opaco funziona bene e la luce risultante è diffusa.

Artificiale solo quando serve

Alessandro Prati

L'impianto di illuminazione ha lo scopo di garantire il compito visivo all'interno degli spazi confinati (o anche all'esterno) anche quando le condizioni in cui l'illuminazione naturale non sono sufficienti. Durante il giorno sono però frequenti le situazioni in cui tra illuminazione naturale e illuminazione artificiale si verificano delle ridondanze (presenza di entrambe) con sprechi di energia.

La disattivazione manuale dell'alimentazione di un apparecchio illuminante non è così scontata in quanto la componente naturale dell'illuminazione "oscura" quella artificiale che risulta in questo modo meno evidente: nella pratica non ci si rende conto che le luci rimangono accese per nulla semplicemente perché non si vedono. Una gestione intelligente dal punto di vista energetico dell'illuminazione di un ambiente dovrebbe considerare l'opportunità di dotare l'impianto di dispositivi in grado di privilegiare l'utilizzo della luce naturale evitando gli inutili sprechi.

Questa possibilità si può sfruttare maggiormente in ambito terziario (uffi-

ci, aule scolastiche, ecc.) più che in ambito residenziale, questo perché negli uffici il compito visivo viene svolto maggiormente di giorno nei periodi in quali il contributo di luce naturale è rilevante, mentre solitamente l'ambiente domestico, ad eccezione di soggiorno e cucina, è quello maggiormente sfruttato nelle ore del crepuscolo o notturne, dove il contributo di luce naturale è irrilevante o addirittura inesistente.

Il sistema che integra la luce naturale e artificiale è estremamente performante e garantisce un elevato risparmio energetico, e quindi economico, non solamente negli uffici ma anche negli ambienti domestici, purché vengano selezionati gli ambienti utilizzati durante il giorno (per esempio zone soggiorno, cucina o zone comunque frequentate).

Un sistema di controllo integrato dell'illuminazione è costituito da apparecchi di illuminazione di tipo a fluorescenza con reattore elettronico dimmerabile, un fotosensore con ingresso 0-10 V o 4-20 mA, un rilevatore di presenza ad infrarossi ed una scheda di gestione.

Il funzionamento del sistema è molto semplice: a seconda della reazione del fotosensore, avviene la regolazione del reattore elettronico della lampada fluorescente che modula l'emissione del flusso luminoso.

In presenza, quindi, di un forte contributo dell'illuminazione naturale il sistema si autoregola spegnendo o parzializzando il flusso luminoso emesso e quindi i lux utili sul piano di lavoro, mantenendoli costanti.

Il sistema resta disattivato se il sensore non rileva la presenza di persone nell'ambiente. Se i tempi di presenza delle persone nell'ambiente sono certi, definiti e costanti, il rilevatore di presenza può essere sostituito da un semplice orologio programmabile.

Pur dovendo monitorare la quantità di luce sul piano di lavoro, ovvero dove viene svolto il compito visivo, il fotorecettore non può essere ubicato sul piano, ma deve essere ubicato sul soffitto, misurando la componente indiretta e riflessa e calibrando il dispositivo. Analoga strategia deve essere adottata per le aule scolastiche, tenendo conto che non è sufficiente controllare gli illuminamenti sui piani orizzontali (banchi e cattedra) ma è necessario controllare anche gli illuminamenti verticali (lavagna): per questo motivo le centraline e i fotosensori dovranno essere due. Un recente studio (fonte: Lichtforum 33) ha evidenziato che, in un ambiente uffici, la regolazione a luminosità costante permette una riduzione dei costi energetici se confrontato con un funzionamento convenzionale (acceso/spento) di tipo manuale superiore al 50%.

AVAX S.A. Centro direzionale, Atene, Grecia.
Vista esterna del sistema active wall con Louvers aperti.

The Helicon Finsbury Pavement, Londra.
Edificio per uffici con struttura a doppia pelle vetrata con sistema di ombreggiamento costituito da blinds motorizzati in alluminio posizionati nella cavità tra la doppia struttura vetrata.



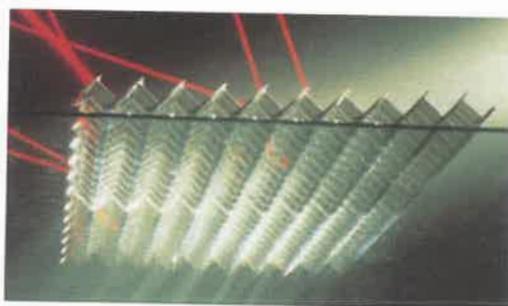
I Louvers e Blinds sono costituiti da più assicelle piane o curve orizzontali, verticali o inclinate, solitamente in acciaio anodizzato, galvanizzato, alluminio verniciato, PVC. I sistemi fissi vengono utilizzati per l'ombreggiamento, in caso di cielo coperto, quindi, riducono l'illuminazione interna. I sistemi mobili, oltre a proteggere dall'abbagliamento, direzionano luce e controllano i carichi termici. I Louvers sono generalmente posizionati all'esterno, mentre i blinds vengono posizionati all'interno o tra i due pannelli di vetro. L'interasse tra le assicelle è uguale alla loro larghezza che varia a seconda dell'ubicazione: se esterne 50-100 mm di larghezza, se interne 10-50 mm. Entrambi i sistemi possono essere utilizzati in qualunque orientamento e a qualunque latitudine, i Blinds verticali per lo più in facciate est e ovest. Questi "brise-soleil captanti" ostruiscono, assorbono, riflettono e/o trasmettono la radiazione solare all'interno dell'edificio. Il loro effetto dipende dalla posizione del sole, dall'ubicazione, dall'angolo di



inclinazione delle assicelle e dalle caratteristiche della loro superficie. Favoriscono, in genere, la penetrazione dell'illuminazione proveniente da luce diretta, in caso di cielo coperto promuovono un uguale distribuzione della luce e il loro funzionamento può essere manuale o automatizzato.

Prismatic Panels sono dei dispositivi piani, sottili, dentellati, costituiti da un materiale acrilico trasparente. Vengono utilizzati per direzionare o rifrangere la luce e ottenere una notevole penetrazione di luce naturale. Il loro funzionamento dipende dalla strategia di illuminazione utilizzata. Il *Diffuse Skylight* viene posizionato sulla facciata verticale per ridirezionare la luce, riduce la luminosità dell'apertura e per facciate soleggiate è necessario prevedere un sistema di ombreggiamento aggiuntivo. Il *Sunlight* direziona la luce del sole nell'ambiente e può causare abbagliamento e alterazione dei colori, evitabili utilizzando un profilo corretto e una rotazione stagionale. Il *Fixed sun shading system* viene posizionato solitamente sui tetti vetrati e deve essere progettato conformemente al movimento del sole. Il *Movable sun shading system* trova posto davanti o dietro il doppio vetro orizzontalmente o verticalmente per ombreggiare dalla luce diretta. Tutti i sistemi hanno lo svantaggio di procurare all'utente una vista dell'esterno distorta.

Il *Laser Cut Panels* è un sistema di direzionamento della luce consistente in un sottile pannello di materiale acrilico trasparente diviso in una serie di elementi rettangolari, utile per il ridirezionamento della luce. È preferibi-



Thomas Herzog, Centro Per Mostre E Convegni, Linz. Un esempio di applicazione dei Prismatic Panels. Esempio di Prismatic Panels: vengono ubicati in facciata verticale, su lucernari o su tetti vetrati e sono ideali per tutti i tipi di clima.

le installarli sopra al livello degli occhi, poiché deviando la luce entrante verso l'alto può causare abbagliamento. I *Sun shading system* in windows sono una serie di stretti pannelli montati orizzontalmente all'interno della finestra che rifraggono la luce proveniente da alte posizioni solari. Il *Fixed light directing system* è un pannello fissato verticalmente nella finestra che devia tutta la luce incidente al di sopra di 45° e trasmette la maggior parte della luce proveniente da angoli inferiori ai 20° la luce viene deviata verso il soffitto. Il *Light directing system* in windows è, invece, un pannello verticale devia la luce inciden-



Esempio applicativo dei Laser Cut Panels. Questo sistema devia la luce entrante verso l'alto può causare abbagliamento: preferibile installarli sopra al livello degli occhi.

Trasferimenti di luce

Applicato sul tetto, il captatore di luce riflettente, brevettato da Solatube, direziona la luce solare e la incanala trasportandola, tramite un condotto ad alta riflettanza, all'interno dell'ambiente desiderato. La serie da 530 mm, chiamata SolaMaster, è specificamente studiata per inserirsi nel pannello di controsoffitto rendendola ideale per applicazioni industriali e commerciali. Il captatore è in grado di produrre 12.000 lumen completamente gratuiti durante il giorno. La calotta captatrice, equipaggiata con la tecnologia LITD, incrementa la raccolta della luce anche con basse angolazioni di luce solare, potenziando l'intensità luminosa alla fine del condotto. Le proprietà dei condotti luce super riflettenti assicurano il massimo rendimento nel trasferimento della luce naturale. Le sue dimensioni favoriscono l'installazione perché non interferiscono con le caratteristiche strutturali del tetto. Le caratteristiche di compattezza ed i condotti a curvatura variabile rendono SolaMaster "agile" nell'evitare ostacoli durante il percorso. La scatola transitrice (da tondo a quadrato) e il pannello diffusore si inseriscono facilmente nel pannello del controsoffitto. L'ampia scelta di diffusori assicura la distribuzione ottimale della luce in ogni ambiente lavorativo (Solatube, Monza - Mi).



te da angoli maggiori di 30° mentre trasmette quella proveniente da angoli normali, mantenendo la vista dell'esterno, da utilizzare preferibilmente nella parte superiore della finestra, crea poco abbagliamento perché la luce deviata viene direzionata verso l'alto. Tutti i sistemi presentano un'elevata percentuale di

luce deviata proveniente da angoli intorno ai 120° e una buona visione attraverso il pannello. In caso di cielo coperto i Laser Cut Panels non determinano variazioni notevoli nel livello di illuminazione o nella distribuzione della luce all'interno della stanza. In caso di cielo sereno l'illuminazione viene significativamente incrementata se l'inclinazione del pannello viene regolata giornalmente e stagionalmente. È necessario prevedere un sistema di ombreggiamento aggiuntivo.

L'Angular Selective Skylight consiste in una configurazione piramidale o triangolare di Laser Cut Panels trasparenti all'interno della copertura del lucernario. L'obiettivo di questo tipo di sistema è di ottenere una trasmissione angolare selettiva, fornendo un'irradiazione costante all'interno durante il giorno e riducendo il surriscaldamento dell'edificio in estate. Non può essere utilizzato in climi predominati da cielo coperto perché respingono la luce proveniente da alte posizioni solari. L'eventuale installazione a "V" al di sotto dell'apertura permette di deviare la luce entrante verso il soffitto, distribuendola uniformemente all'interno della stanza.

segue a pagina 518

Mezzi di captazione integrati all'involucro trasparente

Tipologia	Posizionamento	Sistema	Azione	Vantaggi	Note
Anidolic Ceiling Systems	All'inizio del condotto o di luce	Concentratore parabolico	Convoglia la luce	Luce uniforme nell'ambiente	Prevedere adeguata schermatura
Light Shelves	Sia interni che esterni	Deflettore orizzontale.	Direziona e riflette la luce	Interni: luce nella parte superiore della finestra non ombreggiata. Esterni: captano la luce zenitale e favoriscono l'ombreggiamento.	Attenzione alla pendenza e al tipo di superficie riflettente
Sun Direction Glass	In facciata e sui lucernari	Elemento acrilico sinusoidale	Direziona la luce diretta e devia la luce diffusa	Aumentano l'ingresso della luce negli atri e nelle hall	I soffitti bianchi diffondono meglio la luce
Louvers e Blind	Louvers in esterno. Blind all'interno o tra due pannelli di vetro	Assicelle piane o curve verticali o inclinate in acciaio, alluminio, PVC	Direziona la luce e controlla i carichi termici	Utilizzabili con qualsiasi orientamento e latitudine	Sia manuali che automatizzati
Prismatic Panel - Diffuse Skylight - Fixed Sun Shading System - Movable Sun Shading System	In facciata verticale. Sui tetti vetrati. Davanti o dietro il doppio vetro.	Dispositivi piani sottili, dentellati in acrilico trasparente	Direziona e rifrange la luce	Notevole penetrazione di luce naturale	La vista all'esterno è distorta
Laser Cut Panel - Sun-Shading system in windows - Fixed Light directing system - Light directing System in windows	Orizzontale nella finestra Verticale nella finestra Nella parte superiore della finestra	Pannello in acrilico trasparente diviso in elementi rettangolari	Ridireziona la luce	Buona visione attraverso il pannello	Da prevedere un sistema di ombreggiamento aggiuntivo
Angular Selective Skylight	All'interno della copertura del lucernario	Laser Cut Panel trasparenti disposti a piramide	Trasmissione angolare selettiva e irradiazione costante	Adatto per edifici condizionati o aerati con coperture piane o a ridotto angolo di inclinazione	Non utilizzabili in climi a cielo prevalentemente coperto