



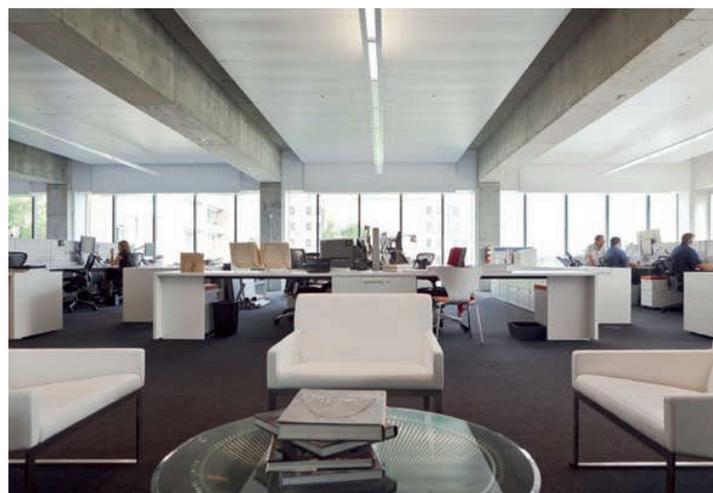
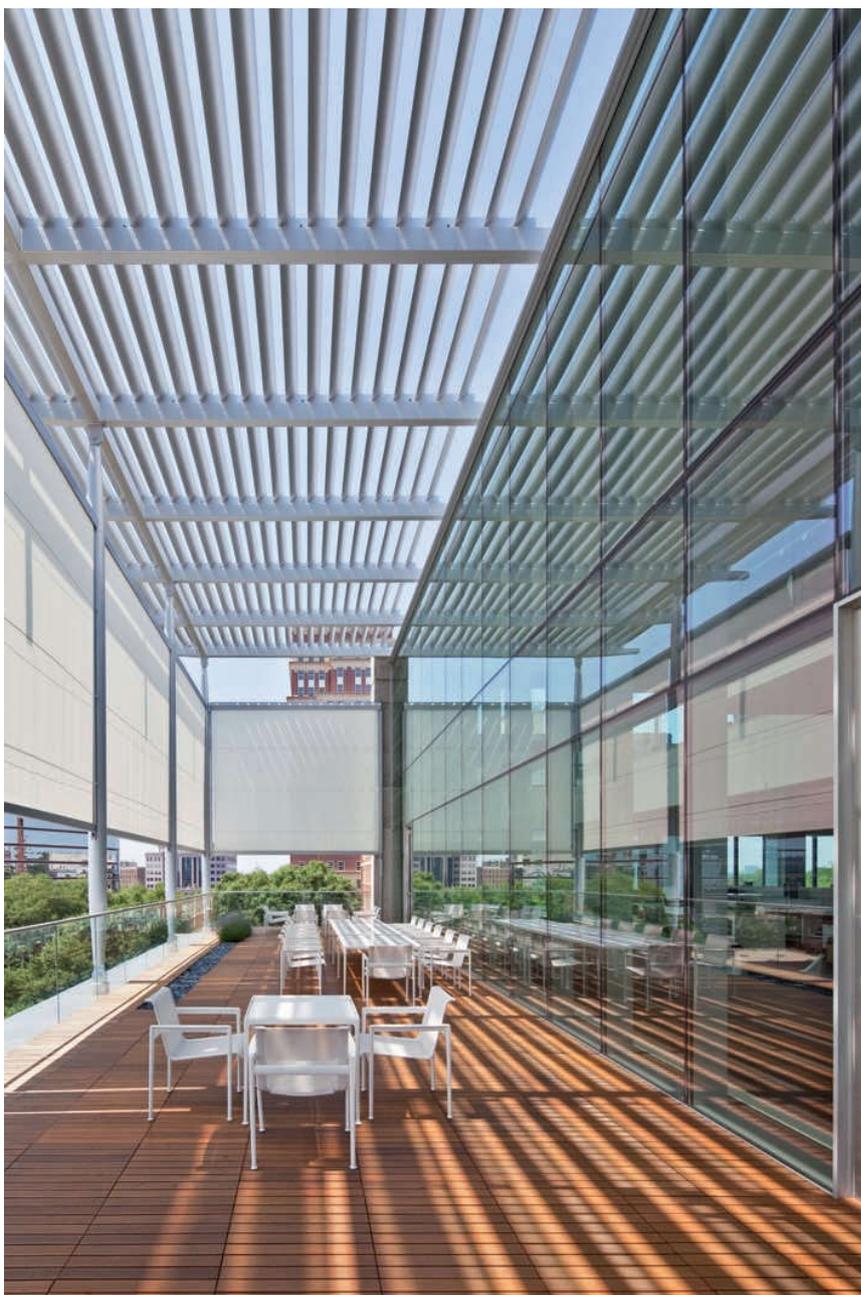
DAYLIGHTING il “progetto” della luce naturale media tra redditività, risparmio energetico e costi di manutenzione

GIULIA CUPELLONI

Tra le problematiche fondamentali che incontriamo durante lo sviluppo di un edificio vi è sicuramente il “progetto” della luce diurna. Ci sono ormai innumerevoli sistemi di diffusione e di direzionamento della luce diurna, tra cui molte e complesse tipologie di vetro. La scelta accurata di questi dispositivi ed il loro impiego incide in modo fondamentale sul comfort psico-fisico degli utenti. Anche gli aspetti della redditività, del risparmio energetico e dei costi di manutenzione non sono da sottovalutare nell’arco di questo processo.

MODULO PAROLE CHIAVE

LUCE NATURALE – EFFICIENZA ENERGETICA – REDDITIVITÀ – SISTEMI DI VETRAZIONE – COMFORT PSICO FISICO – EDIFICI PER UFFICI



1315 Peachtree Street. Uffici ad Atlanta. Progetto di Perkins+Will. Si tratta della sede dello studio di Architettura Perkins+Will. L'edificio ha vinto l'AIA COTE 2012 Top Ten Green Projects. La luce diurna è uno dei cardini della progettazione dell'edificio. Flussi di luce attraversano la facciata ovest vetrata e le grandi finestre distribuite lungo il prospetto nord. Il corretto studio della luce diurna ha consentito di ridurre l'utilizzo di luce artificiale anche in condizione di cielo grigio all'inizio della stagione invernale. Photo © Eduard Hueber.



Un comfort climatico ottimale per la soddisfazione e l'efficienza dei lavoratori presuppone una sistemazione interna flessibile dei posti di lavoro e opportunità di trasferimento comunicative. Presupposto di un alto grado di comfort è un modo di costruire giusto dal punto di vista climatico, rispettoso del luogo. Sono importanti le condizioni di temperatura in inverno ed estate, come anche una buona qualità dell'aria interna e buone condizioni visive ed acustiche. Deve essere preso in considerazione il rapporto tra i componenti tecnici installati e i sistemi di regolazione.

Con il modificarsi della luce naturale nell'arco della giornata, e per riuscire a trasporre i benefici biologici all'interno degli spazi, è necessario adattare il sistema di illuminazione artificiale alla temperatura colore e alla direzione della luce naturale.

Una buona illuminazione diurna è il presupposto per condizioni di lavoro senza affaticamento. In ambienti lavorativi con sufficiente luce naturale la produttività è maggiore e la percentuale di malattia dei lavoratori minore.

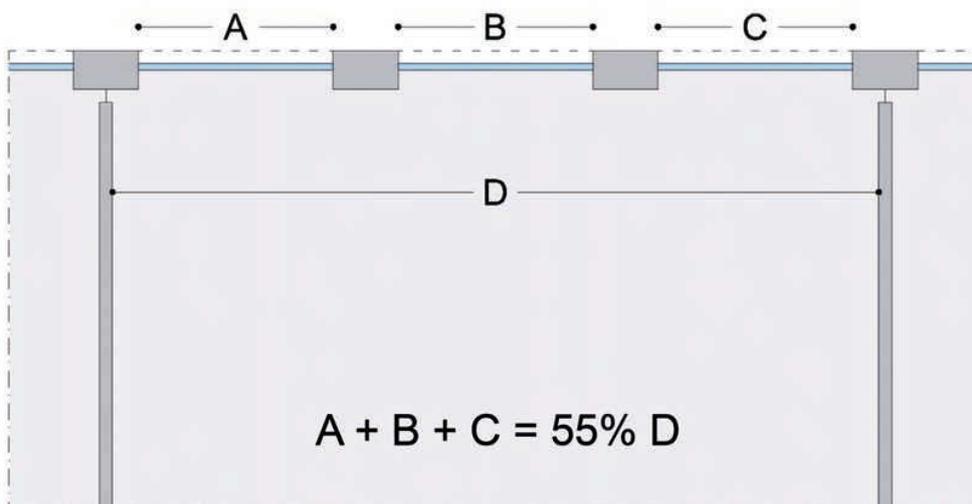
Le conseguenze di una illuminazione non ottimale sono invece una postura tesa, irrigidimento muscolare, mal di testa, ridotte capacità visive e malattie psicosomatiche.

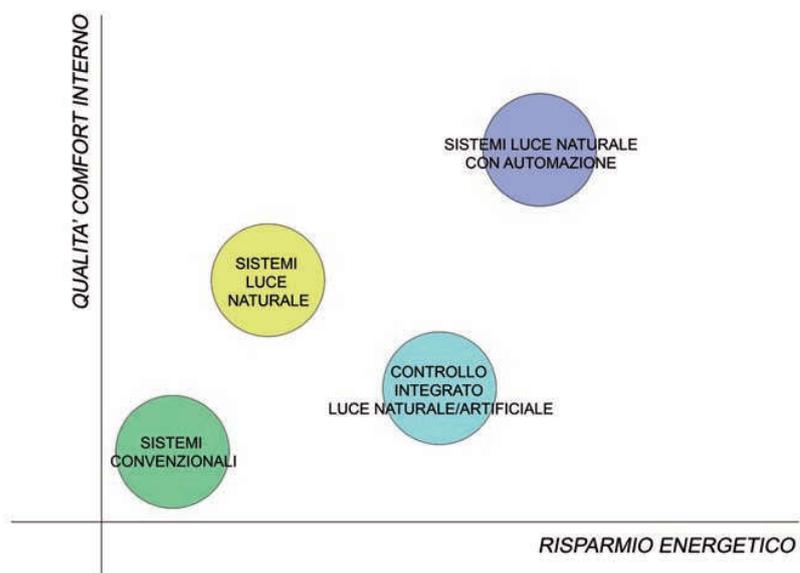
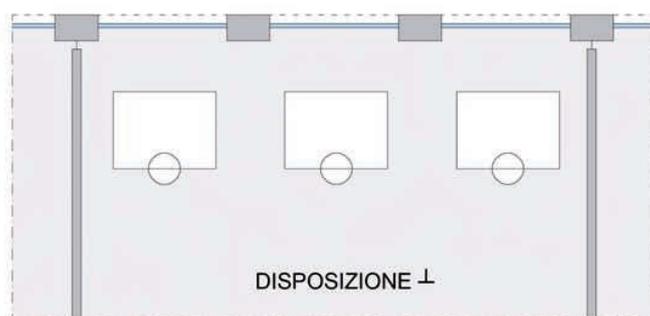
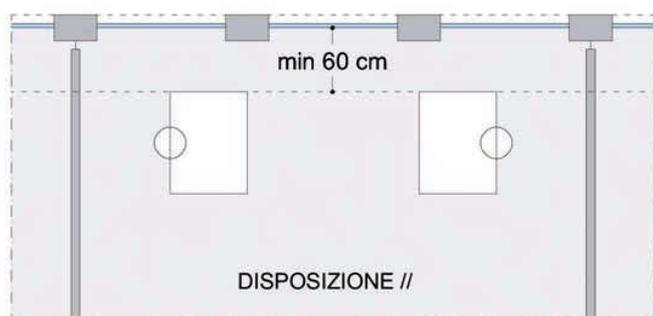
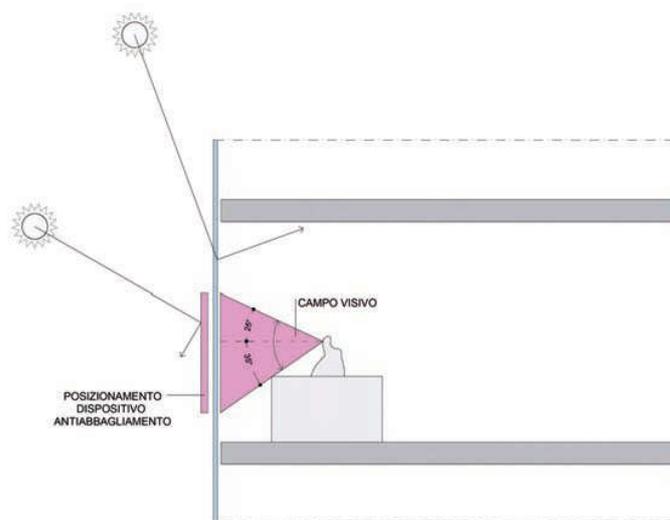
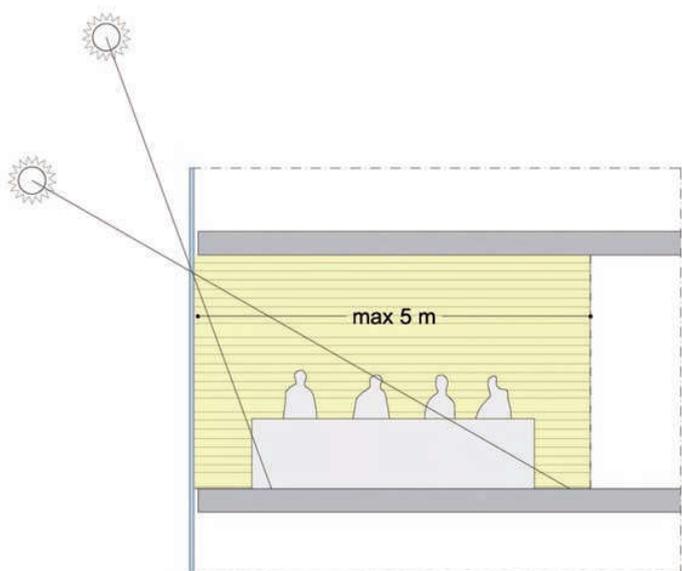
Ad esempio per evitare conseguenze sulla salute degli addetti è necessario l'uso di dispositivi antiabbagliamento in corrispondenza delle postazioni di lavoro al videoterminale.

Gli accorgimenti progettuali da seguire per migliorare illuminazione e condizioni visive sul posto di lavoro sono:

- illuminazione naturale e artificiale combinate e adattabili, con possibilmente un alto grado di luce naturale;
- posizionamento delle postazioni di lavoro in prossimità delle finestre fino ad una distanza massima di 5 metri, e con diretto rapporto con l'esterno;
- la somma della larghezza delle finestre dovrebbe essere almeno il 55% della larghezza della stanza;
- dispositivi antiabbagliamento e di protezione solare gestibili direttamente dall'utente; buona norma è posizionare il dispositivo antiabbagliamento solo nella porzione di finestra interessata dal campo visivo. Il rapporto con l'esterno è valutato positivamente dall'utente quando la visibilità verso il cielo e l'orizzonte dal lato della stanza con le finestre è visibile senza ombre per il 50% della larghezza della stanza e senza modificazione del colore causata dal raster del sistema di protezione solare. E' valutato molto positivamente un rapporto con l'esterno garantito per l'80-100% della larghezza della stanza;
- superfici opache dei mobili e della pareti evitano fenomeni di riflessione e abbagliamento;
- disposizione delle postazioni di lavoro con la direzione dello sguardo parallela alla finestra, e distanza tra finestra e videoterminale di minimo 60 cm.

IN AMBIENTI LAVORATIVI CON SUFFICIENTE LUCE NATURALE LA PRODUTTIVITÀ È MAGGIORE E LA PERCENTUALE DI MALATTIA DEI LAVORATORI MINORE UNA BUONA ILLUMINAZIONE DIURNA È IL PRESUPPOSTO PER CONDIZIONI DI LAVORO SENZA AFFATICAMENTO.





I sistemi di direzionamento contribuiscono a una corretta gestione della luce quando il posizionamento delle finestre sia unilaterale o non ottimale. Anche con cielo coperto

Una distribuzione omogenea dei livelli di illuminazione è garantita da un buon quoziente di luce medio o anche da una illuminazione proveniente da finestre su due lati dell'ambiente. Il quoziente di luce naturale è molto buono quando è maggiore del 3%, connesso alla intensità di illuminazione orizzontale e rapportato alla quota del piano di lavoro, a circa 4 metri di distanza dalla finestra. La omogeneità della distribuzione della luce nel caso di ambiente di lavoro con finestre su un solo lato viene notevolmente migliorata con l'uso dei sistemi di direzionamento.

Un sistema di luce naturale ben funzionante deve tendere ad assicurare un impiego della luce artificiale nullo nelle giornate con cielo coperto. È sensato l'impiego di questi sistemi di luce naturale e protezione solare solo quando sono facilmente applicabili e quando non necessitano di eccessiva manutenzione.

Con l'aggiunta dell'impiego di luce dall'alto si può ottenere una maggiore omogeneità nella distribuzione della intensità di illuminazione nell'ambiente. La luce dall'alto non permette contatto visivo diretto con l'esterno, perciò quando la superficie trasparente è troppo piccola in relazione alla grandezza dell'ambiente porta ad una percezione negativa dell'ambiente stesso. Se usata in modo mirato e con il giusto dimensionamento si ottiene una atmosfera interessante e contemplativa nell'ambiente. In una stanza con esclusivamente luce proveniente dall'alto si ottiene una luminosità sufficientemente adeguata attraverso alti gradi di riflessione delle superfici dell'ambiente, poiché le pareti hanno una ridotta illuminazione diretta a causa della incidenza di luce rada.

Una omogeneità nella distribuzione della luce in ambienti con luce dall'alto è data dalla presenza di più aperture disposte in maniera regolare sul soffitto. Il rapporto tra il quoziente di luce naturale minimo e massimo dovrebbe essere di circa 1:2. Un quoziente di luce medio del 4% sulla superficie di lavoro è ideale per assicurare una illuminazione di ambiente adeguata. Una sufficiente intensità di illuminazione è garantita quando la superficie totale delle parti vetrate di lucernario della stanza è pari a minimo l'8% della superficie del soffitto. Anche nell'impiego di luce dall'alto bisogna mettere in conto l'impiego di sistemi antiabbagliamento e di protezione solare.

Posizionamenti atipici delle postazioni di lavoro: quando la *work station* è in prossimità dell'atrio

Gli ambienti di lavoro possono essere anche disposti in corrispondenza di atrii e con affaccio su di essi. Un atrio si definisce tale quando è chiuso con una copertura vetrata, e si trova in posizione d'angolo o lineare esterna o all'interno rispetto ad un edificio. La luce entra dall'alto dell'atrio e illumina gli ambienti di lavoro.

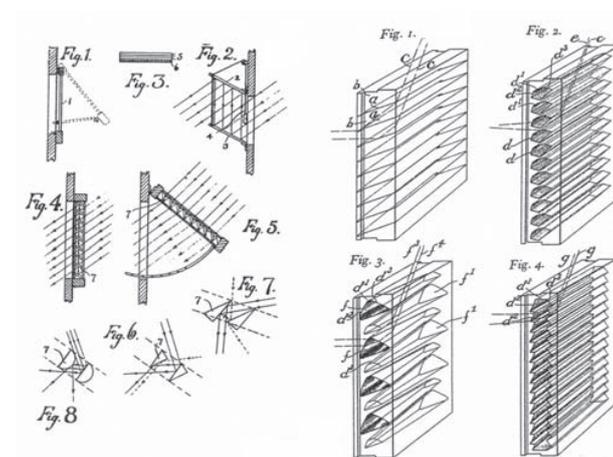
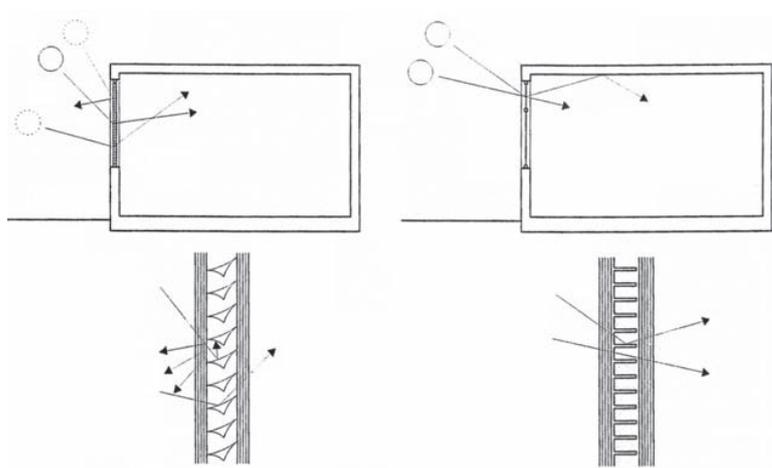
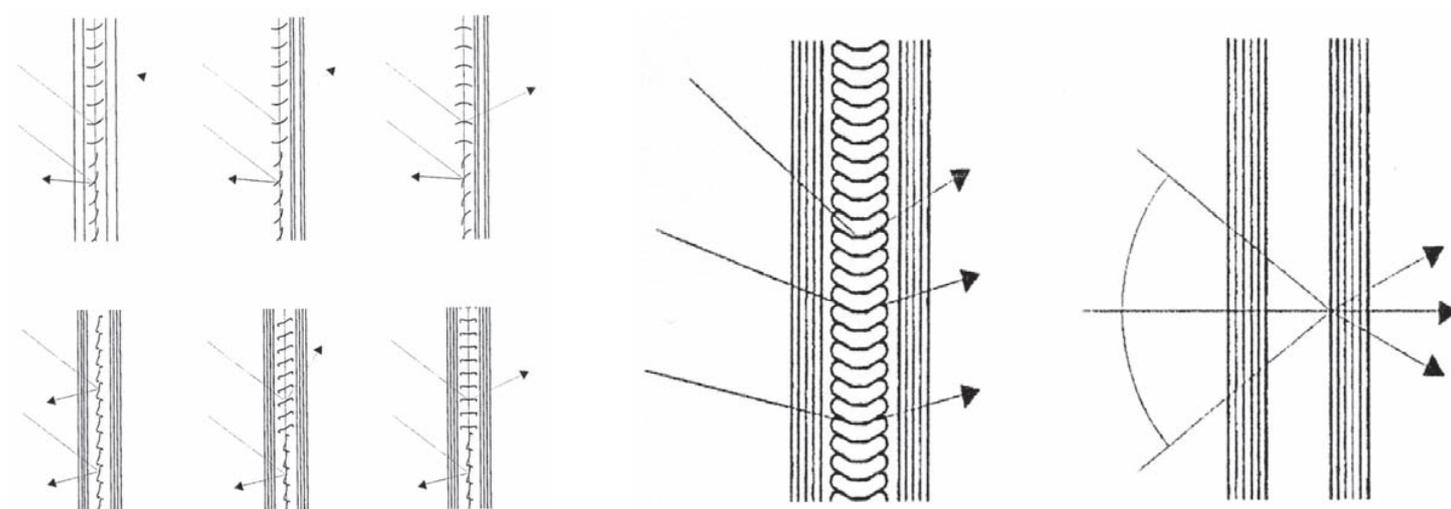
Poiché la quantità di luce diminuisce proporzionalmente man mano che aumenta la distanza dalla superficie vetrata di copertura, spesso negli ambienti situati ai piani bassi di edifici con atrii molto alti il livello di illuminamento non è sufficiente, a meno che l'atrio non sia sovradimensionato in larghezza o riceva luce anche dalle superfici laterali.

In estate in condizioni di cielo sereno con l'aumentare della intensità di illuminazione aumenta anche il carico termico all'interno di un atrio, a tal punto che è opportuno integrare sistemi di protezione solare, che però al contrario peggiorano notevolmente i livelli di illuminazione ai piani bassi. Gli atrii pertanto andrebbero attrezzati con superfici perimetrali di colori chiari, in modo da aumentare la disponibilità di luce grazie agli effetti della riflessione.

Un atrio nella maggior parte dei casi non è concepito solo per l'illuminazione degli ambienti circostanti, ma assume anche la funzione della ventilazione naturale dell'intero edificio, al fine di ridurre i consumi energetici. Attraverso le aperture in copertura e i moti dell'aria che si creano si può supportare una climatizzazione naturale dell'edificio.

Il buon grado di illuminamento senza abbagliamento: le garanzie per il comfort psico-fisico dell'utente

La prerogativa di un buon sistema dal punto di vista dell'utente è la garanzia di un buon grado di illuminamento e il contatto con l'esterno garantito da una buona visuale senza abbagliamento. Studi e valutazioni da parte degli utenti hanno dimostrato che i livelli di illuminamento desiderati e ottenuti con la sola luce naturale sono ben più alti di quelli dettati dalle norme: 1.500-3.000 lux a fonte di 300-500 lx. Per quanto riguarda il contatto visivo con l'esterno, per il 40% degli utenti è molto importante. Inoltre la possibilità di regolazione ed interazione con il sistema è richiesta da oltre il 50%. Se il sistema è regolato con automazione, oltre il 60% degli utenti vorrebbe poterci interagire. Normalmente i sistemi di protezione solare sono regolati in base ai livelli di radiazione solare e alla temperatura interna all'ambiente interessato. In quest'ultimo caso il sistema è chiuso per tempi più brevi rispetto a quello regolato sull'irraggiamento solare, aspetto considerato positivo dall'utente, e assicura lo stesso un migliore confort interno. I sistemi di direzionamento della luce naturale invece possono essere solo regolati rispetto alla radiazione solare, se è gradita interazione anche con comando manuale da parte dell'utente.



Le vetrazioni come sistema di diffusione e direzionamento della luce naturale: requisiti e performance

I sistemi che sfruttano la luce naturale devono avere le seguenti caratteristiche:

- capacità di diminuire il carico termico e le radiazioni all'interno dell'ambiente;
- capacità di diminuire l'effetto di abbagliamento;
- capacità di evitare disomogeneità di luminanza tra superfici illuminate e non illuminate nel campo visivo;
- capacità di permettere il rapporto con l'esterno;
- garanzia di buona temperatura colore e riproduzione del colore.

I sistemi di diffusione delle vetrazioni

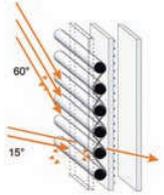
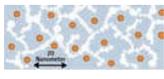
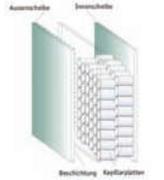
I vetri diffusori assicurano una distribuzione diffusa della luce naturale senza particolari ombre all'interno dell'ambiente. Creano una migliore illuminazione e una omogeneità. A loro discapito però il fatto di non permettere una completa visibilità attraverso la lastra di vetro, per questo andrebbero installati solo nella parte non interessata dal campo visivo della finestra, a meno che non si voglia avere una protezione visiva.

Con la loro applicazione si può ottenere una buona riduzione del surriscaldamento estivo e dei carichi termici interni all'edificio. I vetri diffusori si differenziano a seconda del trattamento della lastra di vetro, ad esempio trattamenti opacizzanti, imprinting in rilievo sulla superficie, torbidità o a seconda di particolari materiali interposti tra le lastre di vetro.

Lastre incise o trattate con sabbiatura sono sottoposte a trattamenti superficiali e assicurano una forte diffusione della luce. Con entrambi i trattamenti il vetro ottiene un aspetto accettabile e assume una colorazione bianca opaca. Nella tipologia delle lastre opache ricadono i vetri opalini, che grazie alla loro stabilità formale e alla loro ottimale funzione di diffusione della luce vengono impiegati soprattutto per i soffitti.

Queste lastre di vetro hanno uno strato di base incolore e uno strato di rivestimento latteo. Le lastre con una superficie con trattamento in rilievo, come ad esempio le lastre decorate, impediscono la vista verso l'esterno ma lasciano inalterata la vista dall'esterno verso l'interno di notte con luce artificiale interna accesa.

Le soluzioni di cui abbiamo parlato permettono una gamma praticamente illimitata di esiti formali; il controllo progettuale però è severo, in termini di valutazione delle prestazioni, dei dettagli, etc, perché si tratta di soluzioni "su misura";

Sistemi di diffusione delle vetrazioni				
Sistemi di diffusione	Stratigrafia	Prestazioni	Costi	Esempio
Okatech - Okalux	3 lastre di vetro, di cui quella centrale rivestita, con interposto nella prima intercapedine (2-8 mm) tessuto o microgriglia metallica e aria, e nella seconda (fino a 12 mm) solo aria.	Coeff. di trasmittanza termica 1,0-1,2-1,5 W/m ² K; energia solare trasmessa 8%-32%; trasmissione luminosa 2%-39%	Da 300,00 €/m ² a 550,00 €/m ² a seconda del metallo utilizzato.	
Okagel – Okalux Interposizione di nanogel tra le lastre	2 lastre di vetro con una intercapedine di 30mm o 60mm (quella più ampia garantisce migliori prestazioni). L'intercapedine è riempita con un granulato trasparente nonopporoso.	Coeff. di trasmittanza termica 0,3-0,6 W/m ² K; energia solare trasmessa 54%-61%; trasmissione luminosa 45%-59%.	Da 350,00 €/m ² a 600,00 €/m ²	
Kapilux – Okalux Interposizione di piastre capillari tra le lastre	3 lastre di vetro, di cui la prima rivestita verso l'interno, nella prima intercapedine (8mm) interposizione di aria o gas, e nella seconda (20mm) due lastre capillari sovrapposte slittate.	Coeff. di trasmittanza termica 0,8-1,2 W/m ² K; energia solare trasmessa 16%-42%; trasmissione luminosa diretta 26%-60%, diffusa 14%-40%.	Da 150,00 €/m ² a 450,00 €/m ²	

ovviamente la collaborazione con il produttore specializzato, con il suo know how e la sua esperienza è fondamentale. Esistono anche delle produzioni che offrono sistemi completi, indubbiamente complessi, ma che possono preventivamente essere valutati in senso prestazionale, economico, applicativo, esaminando la documentazione, i campioni e le referenze fornite dal produttore. Quindi sistemi, di nicchia, ma che, entro certi limiti offrono un prodotto standard.

Okatech – Okalux

Il sistema si compone di tre lastre di vetro, di cui quella centrale rivestita, con interposto nella prima intercapedine (2-8mm) tessuto o microgriglia metallica e aria, e nella seconda (fino a 12mm) solo aria.

Il sistema funziona come una protezione solare stagionale: in inverno permette il guadagno termico, in estate protegge dal calore. La superficie massima della lastra è di circa 7m². A seconda del tipo di metallo utilizzato tra le lastre, ad esempio rame, si possono avere delle differenze cromatiche. L'angolo di incidenza massimo è di 60° e quello minimo è perpendicolare. Il costo varia da 300,00 €/m² a 550,00 €/m² a seconda del metallo utilizzato.

(coeff. di trasmittanza termica 1,0-1,2-1,5 W/m²K; energia solare trasmessa 8%-32%; trasmissione luminosa 2%-39%)

Interposizione di nanogel tra le lastre

Si interpongono aerogel traslucidi nell'intercapedine tra le lastre del vetro isolante. Le particelle nanoporose dell'aerogel sono composte di ossido di silicio, hanno un contenuto di aria di oltre il 97% e pesano solo circa 75g/l.

Per questo il nanogel è al momento il materiale solido più leggero e un ottimo materiale isolante. Offre particolari caratteristiche di isolamento acustico e termico, ed in confronto ad altri materiali isolanti ha una alta trasparenza e capacità di diffusione della luce.

Okagel – Okalux

È un sistema composto da due lastre di vetro con una intercapedine di 30mm o 60mm (quella più ampia garantisce migliori prestazioni). L'intercapedine è riempita con un granulato trasparente nonoporoso, materiale che deriva dalla tecnologia spaziale, di grandezza da 0,7mm a 3,5mm. La sua struttura a griglia evita il formarsi della convezione. I valori di trasmittanza sono gli stessi se installato in verticale o orizzontale.

Il costo varia da 350,00 €/m² a 600,00 €/m²

(coeff. di trasmittanza termica 0,3-0,6 W/m²K; energia solare trasmessa 54%-61%; trasmissione luminosa 45%-59%)

Interposizione di piastre capillari tra le lastre

Questo sistema offre una buona protezione dal punto di vista termico. I tubicini capillari funzionano come piccoli cuscini d'aria e impediscono la convezione dei gas all'interno dell'intercapedine tra le lastre; questi inoltre sono infiniti, traslucidi o bianchi, rompono la luce del sole incidente e la spargono in modo morbido all'interno dell'ambiente. In questo modo gli ambienti sono privi di effetti di abbagliamento e di ombra portata fino ad una profondità di circa 15 metri dalle aperture e sono illuminati omogeneamente.

Kapilux – Okalux

Il sistema è costituito da tre lastre di vetro, di cui la prima rivestita verso l'interno, nella prima intercapedine (8mm) interposizione di aria o gas, e nella seconda (20mm) due lastre capillari sovrapposte slittate. L'angolo di incidenza massimo è di 40°. La lastra capillare può essere di materiale trasparente o bianco, i tubicini possono essere disposti in orizzontale o inclinati. Variando l'angolo di disposizione della lastra aumenta il coef. di trasmittanza poiché si crea convezione all'interno del vetro. Il costo varia da 150,00 €/m² a 450,00 €/m² (coeff. di trasmittanza termica 0,8-1,2 W/m²K; energia solare trasmessa 16%-42%; trasmissione luminosa diretta 26%-60%, diffusa 14%-40%)

I sistemi di direzionamento delle vetrazioni

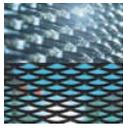
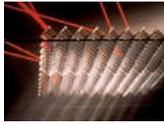
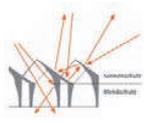
Di norma i vetri che direzionano la luce naturale sono completati con profili in acrilico, che grazie alle proprietà di riflessione totale di questo materiale riflettono la luce attraverso la lastra verso il soffitto dell'ambiente.

Interposizione di lamiera stirate e tessuti metallici tra le lastre

Questi sistemi danno alla facciata uno splendore metallico e lasciano brillare l'edificio alla luce del sole. All'interno dell'edificio i vetri parzialmente trasparenti creano una luce d'ambiente morbida e funzionano anche da antiabbagliamento.

In condizioni di angolazione solare alta la lamiera stirata protegge dal sole completamente. Con angolazioni solari minori aumenta l'energia solare trasmessa. In questo modo l'applicazione di questi prodotti garantisce una protezione solare stagionale e uno sfruttamento passivo dell'energia solare in inverno.

Gli inserti per i vetri isolanti possono avere differenti forme di maglia e colori diversi. Per questo i valori di trasmittanza del

Sistemi di direzionamento delle vetrazioni: interposizione di lamiere stirate e tessuti metallici tra le lastre				
Sistemi di direzionamento	Stratigrafia	Prestazioni	Costi	Esempio
Coolshade – Eckelt Glas.	2 lastre di vetro con interposta una lamiera stirata di metallo tridimensionale.	Coeff. di trasmittanza termica 1,3 W/m ² K; energia solare trasmessa 8%-36%; trasmissione luminosa diffusa 21%-31%)	Da 290,00 €/m ² a 350,00 €/m ²	
Micro Louvre - Eckelt Glas Micro Sonnenschutzraster - Siteco	2 lastre di vetro da 8mm con interposto un elemento raster di alluminio (25x20cm).	Coeff. di trasmittanza termica 1,1-1,5 W/m ² K; energia solare trasmessa 14%; trasmissione luminosa diretta 0%-55%, diffusa 12%-38%)	Ca 650,00 €/m ²	
CombiSol – Siteco	Lastre con una intercapedine di 24mm sottovuoto con all'interno un raster di alluminio puro 7x15 cm.	Coeff. di trasmittanza termica 1,4-1,7 W/m ² K; energia solare trasmessa 12%; trasmissione luminosa diretta 0%-45%, diffusa 13%.	Ca 700,00 €/m ²	

vetro possono variare e, a seconda del design scelto, possono essere adattati in modo ottimale in relazione all'edificio e all'effetto desiderato.

Ad esempio un design di filigrana in doghe o corde in acciaio inox forniscono una buona protezione solare, e gli utenti possono godere di una ottima visuale verso l'esterno.

Coolshade – Eckelt-Glas

Il sistema è composto da due lastre di vetro con interposta una lamiera stirata di metallo tridimensionale. La colorazione, che modifica leggermente i valori di trasmissione luminosa, può variare tra bianco, argento e oro. La lamiera stirata è sostenuta e distanziata dal vetro tramite profili in plastica, anche per evitare rotture delle lastre vetrate dovute ai cambi di temperatura. Il costo varia da 290,00 €/m² a 350,00 €/m² (coeff. di trasmittanza termica 1,3 W/m²K; energia solare trasmessa 8%-36%; trasmissione luminosa diffusa 21%-31%)

Micro Louvre - Eckelt Glas + Micro Sonnenschutzraster - Siteco

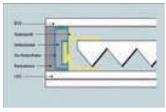
Il sistema è costituito da due lastre di vetro da 8mm con interposto un elemento raster di alluminio (25x20cm). La grandezza della lastra di vetro varia da 2,30x3,00m a 1,50x4,00m. Il raster riflette parte della luce e la rimanda all'esterno, e la restante parte penetra all'interno dell'edificio grazie alla particolare conformazione del reticolo. La parte permeabile è preferibilmente rivolta a nord in modo da permettere solo l'ingresso della luce zenitale e diffusa, evitando effetti di abbagliamento. La parte di luce infrarossa viene riflessa e si riducono i carichi termici. Gli elementi sono rivestiti sottovuoto con acciaio puro specchiato, vengo poi assemblati in elementi di grandezza maggiore e assemblati secondo la destinazione geografica e le caratteristiche dell'edificio. L'applicazione di questo sistema è molto adatta in copertura.

Il costo è di circa 650,00 €/m² (coeff. di trasmittanza termica 1,1-1,5 W/m²K; energia solare trasmessa 14%; trasmissione luminosa diretta 0%-55%, diffusa 12%-38%)

CombiSol – Siteco GmbH

È un sistema composto da lastre con una intercapedine di 24mm sottovuota con all'interno un raster di alluminio puro 7x15cm. Le lastre di vetro hanno dimensioni di 2,20x3,00m e 1,50x4,00m. Si compone di due elementi: all'esterno un raster di protezione solare, all'interno un raster antiabbagliamento. La permeabilità è garantita solo per un angolo di incidenza

Sistemi di direzionamento delle vetrazioni: interposizione di elementi in legno tra le lastre				
Sistemi di direzionamento -	Stratigrafia	Prestazioni	Costi	Esempi
Okawood – Okalux.	Intercapedine di 18mm con interposizione di elementi in legno con superficie grezza.	Coeff. di trasmittanza termica 1,3-1,6-1,9 W/m ² K; energia solare trasmessa 11%-28%; trasmissione luminosa diretta 2%-29%, diffusa 14%.	Da 350,00 €/m ² a 450,00 €/m ²	

Sistemi di direzionamento delle vetrazioni: interposizione di piastre prismatiche tra le lastre				
Sistemi di direzionamento -	Stratigrafia	Prestazioni	Costi	Esempi
Sistemi prismatici stazionari e mobili – Siteco	Piastre prismatiche di dimensione pari a 206x206mm (statiche e in parte specchiate) e di 310x750mm (mobili). Le lastre vetrate con esse composte misurano 1,80x3,00m circa.	Coeff. di trasmittanza termica 1,5-1,7 W/m ² K; energia solare trasmessa 12%-15%; trasmissione luminosa 0%-74%.	Da 800,00 €/m ² a 900,00 €/m ²	
Prism – GLASSX	Triplo vetro con nella prima intercapedine la piastra prismatica e gas nobile, e nella seconda solo gas nobile	Coeff. di trasmittanza termica 0,49 W/m ² K; energia solare trasmessa 12%-44%; trasmissione luminosa diretta 54%.	Da 370,00 €/m ² a 500,00 €/m ²	

pari a 65° per permettere il lavoro al videoterminale. Anche questo sistema è adatto all'applicazione in copertura. Il costo è di circa 700,00 €/m² (coeff. di trasmittanza termica 1,4-1,7 W/m²K; energia solare trasmessa 12%; trasmissione luminosa diretta 0%-45%, diffusa 13%)

Interposizione di elementi in legno tra le lastre

È possibile interporre anche filigrane di lamelle in legno nella intercapedine delle lastre di vetro isolante. Le lamelle di legno funzionano come sistema di luce naturale selettivo di direzione: con angolazione solare alta, grazie alla geometria del raster in legno, si ottiene una trasmissione di luce minima e coeff. di trasmittanza termica bassi. Variando la distanza tra le lamelle si possono adattare visibilità e trasmissione della luce alle esigenze individuali. I vetri isolanti con interposizione di elementi in legno sono molto trasparenti e assicurano una buona permeabilità di luce e visiva. A favore del comfort visivo, l'effetto che assume la luce che entra dall'esterno è di tonalità calda, data la natura del materiale in legno interposto.

Okawood – Okalux

Il sistema ha una intercapedine di 18mm con interposizione di elementi in legno con superficie grezza. Sono possibili diverse inclinazioni, 0°-15°-30°-45°-60°, che comportano trasmittanze a trasmissioni diverse. Gli elementi di legno sono spessi circa 10mm e vengono montati a distanza di circa 50-60cm, e sono portati da elementi verticali. Le lastre di vetro hanno dimensioni massime di 170x350m. La luce acquista una tonalità calda all'interno dell'ambiente.

Il costo varia da 350,00 €/m² a 450,00 €/m² (coeff. di trasmittanza termica 1,3-1,6-1,9 W/m²K; energia solare trasmessa 11%-28%; trasmissione luminosa diretta 2%-29%, diffusa 14%)

Interposizione di piastre prismatiche tra le lastre

Il sistema funziona secondo il principio della rifrazione; in particolare il raggio di sole e il fascio di luce diurna che interferiscono sulla superficie ottengono un cambio di direzione. La luce naturale diretta viene riflessa verso l'esterno e verso il soffitto, e la luce diffusa del cielo oltrepassa il materiale. Nella maggior parte delle piastre prismatiche costituite da vetro acrilico ultra trasparente la lastra esterna è liscia, mentre la lastra che dà verso l'interno forma un rilevato di solidi triangolari. I prismi sono installabili sia su superfici verticali che orizzontali. Ci sono diverse geometrie di prismi e di disposizione delle parti specchiate su di essi. Questo sistema è molto costoso e assorbe parecchia luce; la lamelle prismatiche (del tipo protezione solare a tapparella trasparente) hanno un funzionamento migliore.

Sistemi prismatici stazionari e mobili – Siteco GmbH

Le piastre prismatiche hanno dimensioni pari a 206x206mm (statiche e in parte specchiate) e di 310x750mm (mobili). Le lastre vetrate con esse composte misurano 1,80x3,00m circa. Il sistema ha ambiti di permeabilità e ambiti di barriera (dove agisce per riflessione totale), per questo deve essere disposto perfettamente secondo gli angoli di incidenza della luce solare ed è adatto all'uso in copertura. Le piastre sono combinabili con qualsiasi tipo di vetro.

Il costo varia da 800,00 €/m² a 900,00 €/m² (coeff. di trasmittanza termica 1,5-1,7 W/m²K; energia solare trasmessa 12%-15%; trasmissione luminosa 0%-74%)

Prism – Glassx AG

È un sistema costituito da un triplo vetro con nella prima intercapedine la piastra prismatica e gas nobile, e nella seconda solo gas nobile. La dimensione massima è di 3,00x2,00m e spessore di 32-54mm. Il sistema al contrario del precedente è statico.

Il costo varia da 370,00 €/m² a 500,00 €/m² (coeff. di trasmittanza termica 0,49 W/m²K; energia solare trasmessa 12%-44%; trasmissione luminosa diretta 54%)

Interposizione di lamelle tra le lastre

Le "tapparelle" di direzionamento della luce naturale hanno nella maggior parte dei casi il lato concavo disposto verso l'alto all'interno dell'intercapedine del vetro isolante. La loro superficie ha un alto grado di riflessione in modo da trasportare effettivamente la luce nella profondità degli ambienti. Nei sistemi bipartiti in genere l'angolo di regolazione delle lamelle può essere variato in relazione all'altezza, il che significa che le due parti del sistema sono manovrabili separatamente ed indipendenti l'una dall'altra. La parte superiore garantisce il direzionamento della luce naturale, mentre la parte inferiore protegge dall'irraggiamento solare e dall'abbagliamento e permette di lavorare senza alcun disturbo visivo senza effetto di oscuramento.

Eklite – Eckslt GlasS + Climaplus Screen – Saint Gobain + RetroFlex Therm– Retrosolar

Si tratta di sistemi a doppio o triplo vetro con interposizione di lamelle mobili. Le lamelle hanno forma curva, la parte convessa di solito è argentata mentre quella concava è grigia. Gli angoli di inclinazione possibili sono 0°-15°-45°-90°. Sono sistemi mobili comandati in modo manuale o automatico. All'interno della stessa lastra di vetro è possibile movimentare zone in modo diverso, spesso sono bipartite con lamelle di forma concava nella parte alta

Sistemi di direzionamento delle vetrazioni: interposizione di lamelle tra le lastre				
Sistemi di direzionamento -	Stratigrafia	Prestazioni	Costi	Esempio
- Eklite – Eckslt Glas - Climaplus Screen Saint Gobain - RetroFlex Therm– Retrosolar	Sistemi a doppio o triplo vetro con interposizione di lamelle mobili di forma curva.	Coeff. di trasmittanza termica 0,6-1,2 W/m ² K; energia solare trasmessa 6%-30%; trasmissione luminosa diretta 6%-21%, diffusa 3%-29%.	Da 350,00 €/m ² a 520,00 €/m ²	

per il direzionamento verso l'alto, e nella parte restante convessa per schermare e proteggere dall'abbagliamento.

Il costo varia da 350,00 €/m² a 520,00 €/m² (coeff. di trasmittanza termica 0,6-1,2 W/m²K; energia solare trasmessa 6%-30%; trasmissione luminosa diretta 6%-21%, diffusa 3%-29%)

Interposizione di profili specchiati tra le lastre

Le superfici specchiate hanno conformazioni paraboliche diverse e possono essere disposte tra loro in modo vario. La luce del sole in inverno che entra bassa viene lasciata filtrare, e in estate invece la luce incidente con angolo alto viene schermata. Dato che i profili sono rigidi, questi sono installati a seconda dell'orientamento della superficie vetrata e del posizionamento dell'elemento vetrato rispetto all'edificio.

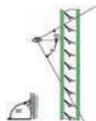
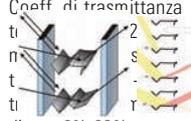
Okasolar S - Okalux

È un doppio vetro isolato con profili di alluminio specchiato con forma curva ad S all'interno. La larghezza delle lamelle è di 28,2mm disposte tra loro a distanza di 24,7mm; la dimensione massima della lastra di vetro è di 7m²

Il costo varia da 270,00 €/m² a 330,00 €/m² (coeff. di trasmittanza termica 1,0-1,3-1,9 W/m²K; energia solare trasmessa 8%-28%; trasmissione luminosa diretta 1%-47%).

Okasolar W - Okalux

Il sistema è analogo al precedente, ma il profilo della lamella in alluminio è una spezzata a forma di W, disposte ad una distanza di 17mm. Ha funzione di protezione solare selettiva e riflette parte della luce al soffitto e nella profondità dell'ambiente. Il costo varia da 260,00 €/m² a 350,00 €/m² (coeff. di trasmittanza termica 1,0-1,5-1,9 W/m²K; energia solare trasmessa 12%-49%; trasmissione luminosa diretta 4%-58%)

Sistemi di direzionamento delle vetrazioni: interposizione di profili specchiati tra le lastre				
Sistemi di direzionamento	Stratigrafia	Prestazioni	Costi	Esempio
Okasolar S - Okalux	Doppio vetro isolato con profili di alluminio specchiato con forma curva ad S all'interno.	Coeff. di trasmittanza termica 1,0-1,5-1,9 W/m ² K; energia solare trasmessa 12%-49%; trasmissione luminosa diretta 4%-58%.	Da 270,00 €/m ² a 330,00 €/m ²	
Okasolar W - Okalux	Doppio vetro isolato con profili di alluminio specchiato a forma di W.	Coeff. di trasmittanza termica 1,0-1,5-1,9 W/m ² K; energia solare trasmessa 12%-49%; trasmissione luminosa diretta 4%-58%.	Da 260,00 €/m ² a 350,00 €/m ²	
Okasolar Retro U,O Okasolar RetroLux Therm – Okalux	Design della lamella più complesso.	Coeff. di trasmittanza termica 1,2-1,4-2,0 W/m ² K; energia solare trasmessa 8%-34%; trasmissione luminosa diretta 2%-39%.	Da 370,00 €/m ² a 450,00 €/m ²	

Okasolar Retro U, O + Okasolar RetroLux Therm – Okalux

Il design della lamella è più complesso in questi sistemi, come anche il trattamento del materiale, la parte superiore come nei precedenti è in alluminio specchiato, mentre la parte inferiore è di colore bianco. Il tipo ad O è particolarmente adatto per applicazioni nella parte alta della facciata per le sue buone proprietà di direzionamento, mentre il tipo ad U è migliore per la funzione di antiabbagliamento. Riducono i carichi energetici del 90%.

Il costo varia da 370,00 €/m² a 450,00 €/m² (coeff. di trasmittanza termica 1,2-1,4-2,0 W/m²K; energia solare trasmessa 8%-34%; trasmissione luminosa diretta 2%-39%)

Sono da considerare anche gli aspetti economici e quelli manutentivi. La redditività di questi sistemi si basa su:

- i costi del sistema;
- i costi di installazione e di mantenimento;
- i costi di regolazione e comando; la riduzione dei consumi energetici;
- il miglioramento della qualità della produttività sul lavoro.

Per valutare al meglio l'investimento è necessario analizzare la disponibilità di luce naturale. In linea generale si può sostenere che il costo di una facciata che impiega parte dei sistemi scelti è pari almeno a circa il doppio del costo di una facciata standard. Questa maggiorazione di costo è però da considerare in relazione al risparmio che si avrà sui costi per l'energia elettrica, che questi sistemi permettono di ridurre.

I costi energetici corrispondenti alle specifiche prestazioni (di seguito descritte) attengono ad un contenimento del consumo energetico che va dal 40 al 75%. Per quanto riguarda la reale possibilità di ridurre il consumo energetico per l'illuminazione artificiale grazie al maggiore impiego di luce naturale, è dimostrato che il consumo medio di energia per l'illuminazione è di circa 20 KWh/m²a. In generale si può sostenere che il risparmio ottenuto attraverso un migliore sfruttamento della luce naturale si aggira intorno al 74% rispetto ad edifici standard, comunque in media intorno al 30%. L'uso della luce naturale porta quindi ad una riduzione dei consumi di energia se l'irraggiamento è sfruttato per l'illuminazione interna e come contributo di calore per l'inverno. Normalmente gli edifici per uffici sono illuminati per oltre il 40% con sola luce artificiale.

Una buona progettazione dei sistemi di sfruttamento della luce naturale deve garantire adeguati livelli di illuminamento non solo nei pressi della facciata.

Per essere efficaci devono essere guidati da sistemi di automazione.

Questi sistemi di controllo hanno seguenti caratteristiche generali:

- aumentano il consumo per il riscaldamento del 5-10% poiché riducono il carico termico dovuto alle fonti di luce;
- riducono le ore con alte temperature operative del 40%;
- riducono il consumo energetico per energia elettrica del 40% con sistemi standard, e del 70% con sistemi di automazione.