

EDIFICI VETRATI A BASSO CONSUMO?

Michele De Carli, Valeria De Giuli

Dipartimento di Fisica Tecnica, Università di Padova

Abstract

Il problema energetico in edilizia è un tema sempre più sentito e costringe il progettista a valutare eventuali nuove tecnologie e la possibilità di sfruttare fonti di energia alternative, al fine di limitare i consumi di un edificio.

Un fabbricato si può definire a basso consumo energetico se presenta un fabbisogno termico inferiore a 50 kWh/(m²a) ai fini del riscaldamento. Molto spesso, per limitare l'energia di riscaldamento, vengono costruiti edifici con estese superfici vetrate, dimenticando che occorre schermarle in modo efficace, se si vuole evitare o limitare il raffrescamento nel funzionamento estivo.

Alla base della progettazione di un edificio efficiente dal punto di vista energetico, occorre prevedere una stretta collaborazione nella progettazione integrata tra architetto, strutturista e impiantista. Spesso, però, queste tre figure lavorano autonomamente, con il risultato di dover rimediare a posteriori a errori che si sarebbero potuti evitare nelle prime fasi della progettazione. Scopo di questo articolo è analizzare diversi edifici da un punto di vista energetico al fine di evidenziare l'importanza di una corretta progettazione integrata.

Requisiti per una corretta progettazione

Nelle prime fasi di un progetto occorre tener presente alcuni aspetti fondamentali, tra cui l'orientamento, la compattezza della forma e un involucro efficiente.

Progettare un edificio avente una forma compatta, e quindi un basso rapporto superficie/volume, consente di contenere i consumi: un edificio, infatti, cede in inverno calore all'esterno e quindi all'aumentare della sua superficie esterna, il calore scambiato diventa maggiore, a parità di superficie in pianta. Indicativamente, è consigliabile un rapporto superficie/volume minore di 0.6 m⁻¹.

Il modo più efficace per ridurre i consumi è quello di ottimizzare l'involucro edilizio, mediante un corretto isolamento termico e riducendo i ponti termici.

Le finestre sono anch'esse parte integrante dell'involucro edilizio: esse rivestono una particolare importanza, sia perché permettono di illuminare naturalmente gli ambienti, sia perché captano gli apporti termici solari gratuiti. La tendenza oggi a sovradimensionare le superfici vetrate per ragioni puramente estetiche, ignorando i problemi connessi al vetro, ha portato alla creazione di edifici tanto accattivanti quanto estremamente costosi nella loro gestione e quindi inefficienti. Per assecondare questa nuova qualità espressiva dell'edificio moderno, la tecnologia e la ricerca hanno portato alla produzione di diversi tipi di vetri che consentono un abbattimento della trasmittanza (la trasmittanza del vetro è molto più elevata rispetto alle pareti opache) e del valore del fattore solare g , che indica la percentuale di energia solare entrante in un ambiente rispetto alla radiazione incidente; più questo parametro è basso, meno energia termica entra da una finestra. Contenere i carichi termici solari nel periodo estivo, garantendo comunque una buona chiarezza del vetro, è oggi possibile grazie ai vetri selettivi: la selettività di un vetro è data dal rapporto tra trasmissione luminosa e fattore solare. Nel caso in cui il valore di g sia basso, più tale rapporto si avvicina a 2 più il vetro è performante, perché permette il passaggio della radiazione solare nello spettro del visibile, ma lo ostacola nello spettro dell'infrarosso (in pratica si illuminano gli ambienti naturalmente evitandone un surriscaldamento).

Prevedendo, inoltre, delle schermature solari per contrastare l'abbagliamento e il surriscaldamento nella stagione estiva, si ottimizza non solo l'efficienza del sistema, ma anche l'illuminazione naturale: esse, infatti, direzionano la luce in profondità negli ambienti, sfruttando le interreflessioni di soffitto e pareti.

Efficienza energetica

L'efficienza energetica di un edificio viene misurata in base al suo fabbisogno energetico annuo, per metro quadrato di superficie calpestabile, richiesto per il riscaldamento, raffrescamento, produzione di acqua calda sanitaria, illuminazione e apparecchi elettrici. Ad oggi la legislazione richiede la valutazione del solo fabbisogno per il riscaldamento. Per avere qualche parametro di riferimento, gli edifici convenzionali non rispondenti alle normative sul risparmio energetico (antecedenti alla legge 373/76) consumano in media da 220 a 250 kWh/(m²a) per il riscaldamento, quelli rispondenti alle più recenti normative, da 80 a 100 kWh/(m²a), mentre gli edifici cosiddetti a basso consumo richiedono da 30 a 50 kWh/(m²a). Esistono poi gli edifici passivi che consumano meno di 15 kWh/(m²a) per il riscaldamento e gli edifici a consumo energetico zero (noti con l'acronimo ZEB, Zero Emission Buildings).

Il mondo moderno, e in particolare l'Italia, è caratterizzato da una forte dipendenza dalle fonti energetiche fossili (petrolio, carbone, metano) e di conseguenza dai Paesi che lo forniscono. Queste fonti, però, sono esauribili e rappresentano circa l'86% del consumo primario di energia globale. Inoltre, i combustibili fossili sono responsabili dell'emissione in ambiente di gas inquinanti che contribuiscono ad incrementare l'effetto serra. Il contenimento dei consumi attraverso soluzioni architettoniche intelligenti può portare ad una significativa riduzione delle emissioni di gas serra, permettendo alle risorse esauribili una maggiore durata.

Il vetro e l'illuminazione naturale

Illuminare naturalmente un ambiente non solo permette di contenere i consumi, ma soprattutto offre la possibilità di avere un campo luminoso mutevole e dinamico nel tempo. L'illuminazione naturale varia a seconda delle condizioni meteorologiche, della posizione geografica, della stagione e dell'ora del giorno, della geometria delle finestre e dell'ambiente, dell'esposizione e dei fattori di riflessione delle superfici interne e esterne.

La norma UNI EN 12464-1 sull'illuminazione dei posti di lavoro, fornisce i valori ottimali di illuminamento medio mantenuto in base al tipo di compito da svolgere e gli intervalli dei fattori di riflessione consigliati per le principali pareti di un locale: da 0.6 a 0.9 per il soffitto, da 0.3 a 0.8 per le pareti, da 0.1 a 0.5 per il pavimento.

Vista la grande variabilità delle condizioni climatiche e la variazione nel tempo delle condizioni luminose esterne, ha poco significato calcolare l'illuminamento naturale in un ambiente chiuso in termini assoluti. Pertanto, risulta più conveniente utilizzare i valori di illuminamento puntuale in termini relativi, ricorrendo alla grandezza adimensionale denominata "fattore di luce diurna", definita come rapporto tra il valore di illuminamento che si ha in un certo istante nel punto in esame e quello generato dall'intero emisfero celeste su un punto apparente esposto all'aperto su una superficie orizzontale (Fig.1).

Ottimizzare l'illuminazione naturale non significa soltanto scegliere la dimensione e la disposizione migliore delle finestre, ma anche prevedere delle schermature solari che permettano di modulare l'ingresso della luce, onde evitare surriscaldamenti e abbagliamenti.

Le finestre in un ambiente servono non solo per illuminare ed eventualmente aerare un locale, ma permettono di relazionarsi con l'esterno. Più che la dimensione, è importante la posizione delle aperture: finestre poste in alto consentono una buona penetrazione della luce in profondità, ma non

permettono la visione verso l'esterno; viceversa quelle poste nella parte bassa della parete riducono il livello di illuminamento, in quanto oscurano parte del soffitto. Generalmente un soffitto molto chiaro riflette bene la luce, diffondendola in tutto l'ambiente.

A volte, in ambienti di grandi dimensioni, non potendo sfruttare l'illuminazione laterale, si deve ricorrere al *toplighting*, ovvero all'illuminazione zenitale, che, non solo non consente alcun rapporto visivo con l'esterno, ma può anche avere effetti dannosi sul clima interno. In questi casi conviene piuttosto ricorrere al *corelighting*, ovvero prevedere degli atri, con copertura vetrata opportunamente schermata, che intersecano tutti i piani e che fungano da pozzi di luce per i vari ambienti. Questi atri, oltre a consentire l'ingresso della luce nelle parti interne dell'edificio, possono servire per la ventilazione e vengono ad assumere il ruolo di spazi di relazione caratterizzati da un particolare clima che va ad interrompere la monotonia del clima interno (Figg. 2a e 2b).

Architettura di vetro

L'architettura moderna si potrebbe definire come "architettura di vetro", vista la scelta progettuale di prevedere ampie, se non intere, superfici vetrate come involucro edilizio. La scelta è puramente estetica e non funzionale: il tentativo è quello della smaterializzazione dell'edificio, il rifiuto di un'architettura massiva a favore della trasparenza. In questa scelta si potrebbe vedere la ricerca di fusione con l'esterno, cercando di ridurre il più possibile l'impatto del costruito sul territorio. Il vetro, in quanto tale, è però fonte di problemi di carattere termico, essendo un materiale opaco all'infrarosso. Se, in inverno, i carichi termici solari in ingresso sono di giovamento, in estate, diventano ulteriori carichi da smaltire, gravando così sull'impianto di condizionamento. A tal proposito, è opportuno predisporre un sistema di schermature solari fisse o mobili per monitorare la radiazione solare incidente.

L'errore che si compie nella progettazione è spesso quello di trascurare il benessere dell'uomo a favore dell'apparenza esteriore del manufatto. La ricerca di forme originali e la tendenza sempre più diffusa dell'uso del vetro porta alla creazione di edifici certamente accattivanti dal punto di vista estetico, ma spesso inefficienti dal punto di vista energetico. Il problema è che si cerca di risolvere a posteriori la questione del clima interno, quando ormai il danno è già stato fatto.

A questo proposito, Werner Eike-Henning [1] ha visitato un certo numero di edifici di vetro e per ciascuno di essi ha dato una valutazione del clima interno. Uno dei primi problemi che è stato riscontrato è la temperatura interna misurata, che in estate supera quasi sempre quella esterna. Negli edifici amministrativi sono di moda le doppie facciate vetrate, giustificate dalla possibilità di sfruttare la ventilazione naturale. Tale argomentazione non è mai dimostrata in fase di progettazione con calcoli dedicati; inoltre, essendo trascurabile il ricambio d'aria attraverso le finestre, si ricorre quasi sempre alla ventilazione artificiale. Indiscusso, invece, è il fatto che la doppia pelle (elementi con doppio pacchetto vetrato e intercapedine ventilata) consente di proteggere le schermature mobili dal vento. Prima di prevedere una doppia facciata sarebbe opportuno riflettere su alcuni tra gli svariati problemi di cui essa è responsabile:

- nella stagione estiva, l'intercapedine si surriscalda al punto da dover garantire elevati tassi di ricambio d'aria;
- non sempre si può fare affidamento sull'effetto camino dell'intercapedine per la ventilazione, dato che direzione e velocità dell'aria variano continuamente;
- dal punto di vista acustico, la doppia parete incrementa la protezione dai rumori esterni, ma se le finestre interne sono aperte il rumore si propaga più facilmente tra ambienti adiacenti;
- una doppia pelle di vetro abbassa la trasmissione luminosa, peraltro su una facciata continua entra già una notevole quantità di luce;
- in alcuni periodi dell'anno, nell'intercapedine si osserva la formazione di condensa dovuta al naturale abbassamento della temperatura nelle ore notturne;

- in caso di incendio, la presenza dell'intercapedine può favorire la propagazione del fuoco e il paramento esterno può ostacolare la dispersione dei fumi.

Infine, si aggiunge il fatto che alla cosiddetta architettura di vetro si associa la presenza di una serie di impianti, la cui regolazione e gestione è sia problematica che costosa.

Negli edifici amministrativi, dato l'elevato valore dei carichi interni, il fabbisogno energetico più rilevante è quello relativo al raffrescamento, pertanto la scelta di facciate totalmente vetrate non è di certo opportuna qualora si voglia costruire in nome del risparmio energetico. L'opposto, invece, accade per il riscaldamento, il cui consumo è relativamente basso, visti gli apporti solari e i rilevanti carichi termici interni tipici degli edifici per uffici.

Da quanto detto si evince la necessità di progettare con estrema cura la situazione estiva, oltre che quella invernale, e quindi limitare gli apporti solari mediante schermature, ottimizzare l'illuminazione naturale, scegliendo una razionale geometria e un'adeguata dimensione delle aperture, prevedere finestre con vetri selettivi a controllo solare e telai con basse trasmittanze, prediligere la ventilazione notturna in estate e investire su un efficace isolamento termico dell'involucro edilizio.

Nel progettare un edificio a basso consumo energetico il primo obiettivo deve essere quindi quello di garantire un clima interno ottimale e il tipo di facciata deve essere scelto in base alle condizioni interne che si vogliono ottenere.

Nei prossimi paragrafi vengono riportati alcuni esempi felici e infelici di scelte architettoniche in edifici prevalentemente del terziario.

Problematiche connesse agli edifici vetrati

Un dossier interessante [1] illustra le problematiche sorte in alcuni edifici caratterizzati da involucri vetrati. Di seguito si riportano alcuni anti-esempi, come sono stati definiti, in cui i consumi energetici effettivi sono ben superiori rispetto a quelli di progetto.

Centro odontoiatrico dell'Università di Zurigo

Il centro odontoiatrico dell'Università di Zurigo (Fig. 3), progettato dall'architetto Theo Hotz, e costruito nel 1998, è caratterizzato da una doppia facciata la cui intercapedine ospita delle tende parasole a lamelle che, nel caso di una radiazione solare incidente di 500 W/m^2 , innalzano la temperatura a 34°C e nel caso di una radiazione di 800 W/m^2 la innalzano fino a 80°C (temperatura alla quale si è verificato l'arresto dei motori che azionano le tende).

In inverno, a causa dell'elevata trasmittanza termica dovuta alla facciata interamente vetrata, si verificano insopportabili correnti d'aria fredda negli ambienti interni. Inoltre, si è riscontrata una differenza di 4°C tra la temperatura media dei locali e la temperatura superficiale interna delle finestre; pertanto si è dovuto innalzare la temperatura dei locali da 20°C a 23°C durante il giorno e da 18°C a 21°C durante la notte, anticipando anche l'orario di accensione del riscaldamento dalle 7 alle 5.

Problematiche si sono rivelate anche le situazioni della biblioteca presente all'ultimo piano e della scala esterna totalmente vetrata. In biblioteca, infatti, si rilevano temperature fastidiose in estate, vista la presenza di lucernari non schermati. Lo stesso problema si verifica nella scala esterna, anch'essa non schermata, in cui in inverno, a piano terra, si formano flussi d'aria fredda, mentre in estate, all'ultimo piano, si rilevano temperature fino a 50°C , anche quando le finestre sono aperte.

Il consumo di energia termica è risultato pari a $78 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, contro il valore di progetto stimato di $59 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$; il consumo elettrico è di $121 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, contro un valore ipotizzato di $76 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

In conclusione, l'edificio, visti il suo pessimo clima interno e i suoi alti costi di gestione, è utilizzabile solo in primavera e autunno.

Business Promotion Centre, Duisburg

Questo edificio (Fig.4), progettato da Norman Foster e costruito tra il 1990 e il 1993, è costituito da un involucro doppio, vetrato a forma ellittica. Anche se ancora oggi questo edificio è famoso per il suo carattere bioclimatico ed ecologico, il solo fatto che un terzo del palazzo sia disabitato è indice del contrario. L'impianto di climatizzazione si basa sulla cogenerazione, con un gruppo frigorifero ad assorbimento e una caldaia a condensazione; i terminali di impianto sono solai termoattivi, che rappresentano, in linea di principio, un terminale di impianto ottimale ai fini del risparmio energetico. I consumi di energia termica sono dell'ordine di 212 kWh/(m²a), mentre quelli elettrici di circa 131 kWh/(m²a).

Le temperature in estate che si raggiungono in prossimità delle finestre sono pari a circa 29-30°C, a causa del surriscaldamento dell'intercapedine della doppia facciata dovuto ad una scarsa ventilazione.

Parco scientifico Gelsenkirchen

Questo parco (Fig.5), progettato dagli architetti Kiessler + Partner e costruito nel 1995, si propone come luogo in cui ricerca e insegnamento universitario vengono ad incontrarsi.

Il problema principale di questo complesso è la galleria vetrata lunga 300 m che funge da elemento di collegamento per nove padiglioni a tre piani occupati da vari istituti. Le temperature che si raggiungono in estate, anche nel primo mattino, sono insopportabili, tanto che l'idea di ospitarvi negozi e caffetterie è stata presto abbandonata. Secondo misure effettuate in sito, alle 9 di una mattina nuvolosa di luglio del 2003, con una temperatura esterna di 20°C, e l'impianto di ventilazione già in funzione, al piano terra della galleria si è registrata una temperatura di 23°C, al primo piano di 25°C e al secondo di 25.6°C. In inverno, la galleria è riscaldata con un impianto radiante a pavimento. In un sopralluogo, si è riscontrato che, a causa delle elevate dispersioni dell'involucro, la temperatura del pavimento era talmente elevata che il calore irradiato era percepibile fino all'altezza delle mani.

Westhafen Tower, Frankfurt

La Westhafen Tower (Fig. 6) si propone come simbolo di un moderno complesso per uffici. Si tratta di una torre alta più di 100 metri, con una facciata cilindrica costituita interamente da un caleidoscopio di triangoli di vetro verdastro. L'originale forma ricercata dagli architetti Schneider+Schumacher ha attinenza con quella dei bicchieri dai quali si beve l'Apfelwein, il sidro locale di Francoforte, tanto che l'edificio è altresì conosciuto come il "bicchiere".

La pianta strutturale regolare, organizzata attorno ad un atrio centrale contenente gli impianti di risalita, permette un ampio sfruttamento dello spazio interno; inoltre, l'estrema flessibilità nel layout degli ambienti consente mutevoli configurazioni degli uffici, a seconda delle esigenze.

Le finestre triangolari (circa 3500) che rivestono l'intera superficie esterna offrono una completa visione del paesaggio esterno; inoltre, essendo apribili, permettono di ventilare naturalmente gli ambienti.

Tra le varie innovazioni tecnologiche di cui si fregia il complesso [2] si ricordano:

- l'ottimizzazione del bilancio energetico, monitorando l'aria e il clima interno mediante sistemi di Building Management (BMS) che aprono e chiudono le finestre;
- possibilità di avere in varie zone un controllo individuale mediante un sistema di climatizzazione addizionale;
- uno scambiatore di calore che sfrutta l'acqua del fiume limitrofo nel caso sia richiesto un raffrescamento aggiuntivo nella stagione estiva.

Apparentemente, questo edificio potrebbe sembrare energeticamente efficiente, ma non è stato etichettato come tale a causa del suo elevato consumo per l'illuminazione artificiale, cosa che può risultare molto strana visto che l'involucro è totalmente vetrato. Il colore verdastro dei triangoli vetrati della facciata è stato scelto in modo da attenuare l'ingresso della luce naturale: il risultato che si è ottenuto è stato, invece, una riduzione netta della luce naturale, comportando così l'utilizzo della luce artificiale per l'intero arco dell'anno.

Commerzbank, Frankfurt am Main

La sede centrale della Commerzbank di Francoforte sul Meno (Fig. 7), terminata nel 1997, è il più alto edificio amministrativo d'Europa (259m, 300m circa compresa l'antenna). I progettisti sono Norman Foster & Associates. La pianta è triangolare, le fondazioni poggiano su 111 pali profondi 50m.

L'involucro dell'edificio è costituito da una doppia facciata vetrata, con intercapedine ventilata: la facciata interna, che costituisce l'involucro termico, è parzialmente apribile mediante finestre a bilico. Il problema di questa doppia pelle sta nell'intercapedine che, surriscaldandosi, va a sommarsi agli altri carichi termici interni (impianti, illuminazione artificiale, PC, ecc).

Caratteristica di questo palazzo è la presenza delle terrazze giardino, chiamate "giardini del cielo", che interrompono, ogni 8 piani, l'uniformità dell'involucro vetrato, estendendosi per 4 piani. Questi giardini sono stati pensati, oltre che per il piacevole impatto visivo, perché, insieme all'ampio atrio centrale alto 200m, potessero consentire lo sfruttamento della luce e della ventilazione naturale, andando così a ridurre i consumi per la climatizzazione e l'illuminazione artificiale.

L'impianto di raffrescamento consiste in tre gruppi frigoriferi ad assorbimento. Da progetto, il fabbisogno energetico annuale del complesso era stimato pari a 520 kWh/(m²a), quando un tradizionale edificio amministrativo con involucro massivo necessita di 100/ 150 kWh/(m²a). Il fabbisogno reale non è mai stato reso pubblico, ma si conosce soltanto la ripartizione dei consumi: 13% per il riscaldamento, 42% per l'illuminazione, gli impianti e le apparecchiature e 45% per il raffrescamento. Non stupisce il basso consumo per il riscaldamento: in edifici di questo tipo è facile risparmiare nella stagione invernale, visto che gli apporti solari, il calore emesso da apparecchiature, luci e persone rappresentano carichi interni "gratuiti". Il problema riguarda invece la stagione estiva, quando questi carichi interni devono essere rimossi.

Appare strano, visti anche solo i pochi dati forniti, che la torre della Commerzbank sia stata battezzata "grattacielo ecologico" e che, anche dopo anni dalla sua costruzione (2004), si sia parlato di "struttura lavorativa innovativa sotto l'aspetto dell'ecologia".

Progetti energeticamente efficienti

Gli edifici che seguono dimostrano invece come sia possibile costruire fabbricati efficienti dal punto di vista energetico, senza rinunciare alla tecnologia e alle tendenze imposte dall'architettura contemporanea.

Scuola Gebhard-Müller di Biberach

All'interno del centro scolastico di Biberach [3], costruito negli anni settanta, è stato commissionato un nuovo corpo a tre piani più un'autorimessa interrata. La pianta dell'edificio è organizzata in moduli, di larghezza minima pari a 4 m, espandibili mediante pareti divisorie scorrevoli.

Il riscaldamento e il raffrescamento dei locali avviene mediante solai termoattivi, alimentati con acqua a bassa differenza di temperatura (Fig.8).

Trattandosi di un edificio scolastico, particolare attenzione è stata rivolta all'ottimizzazione dell'illuminazione naturale. Le classi e gli uffici amministrativi possiedono una schermatura esterna dotata di un sistema automatico di regolazione che controlla la direzione della luce, in modo da rifletterla in profondità negli ambienti. Gli angoli delle lamelle sono stati scelti in base all'azimut solare, all'orientamento della facciata e alla geometria della persiana. Tali lamelle, essendo riflettenti, consentono una distribuzione uniforme della luminanza sulle superfici, anche con le schermature chiuse. Un sistema di controllo che agisce in funzione della temperatura interna, regola l'apertura delle lamelle per monitorare la quantità di luce diurna ed evitare possibili surriscaldamenti. Nei vani scala, nell'area ristoro e nella sala conferenze sono stati installati vetri a controllo solare con fattore g pari a 0.21. Nell'atrio con tetto vetrato (Fig.9) in cui si affacciano i vari ambienti è stata posta una schermatura mobile interna in tessuto, che, insieme ai vetri, abbassa, anche se di poco, il fattore g al valore di 0.19.

Edificio amministrativo Leonardo a Zurigo

Questo edificio (Fig.10), certificato minergie [4], è caratterizzato da una doppia facciata interamente vetrata e altamente fonoisolante, vista la vicinanza ad un corridoio aereo. Entrambe le facciate non sono apribili e, in caso di incendio, i vigili del fuoco possono rompere alcune lastre appositamente segnalate. L'intercapedine tra le due facciate, di larghezza tale da ospitare griglie metalliche per la manutenzione e la pulizia, consente lo sfruttamento della ventilazione naturale: nella parte bassa è presente un'apertura e in quella alta delle valvole regolano la ventilazione in base a temperatura e umidità dell'aria.

La vetrata esterna ha una trasmittanza termica di $5.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$, mentre quella interna ha una trasmittanza di $1.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ed è formata da tre lastre, così composte: vetro isolante float da 8 mm, intercapedine riempita di argon di 15 mm e vetro di sicurezza, per uno spessore totale di 44 mm.

Tra le due facciate sono inserite delle tende tessili parasole, la cui apertura è regolata dallo stesso sistema di controllo centrale che aziona l'apertura dell'intercapedine.

I collegamenti verticali del complesso hanno accesso attraverso degli ampi atri coperti da una doppia vetrata. L'aria, entrando a livello del piano terra attraverso l'intercapedine della doppia facciata, sale e sostituisce l'aria contenuta tra i due strati del tetto, ventilando così il tetto stesso in modo naturale. Nell'atrio di ingresso (Fig. 11) sono piantate delle palme e le ampie pareti che lo delimitano hanno dei trattamenti acustici tali da attenuare i rumori e ridurre il riverbero all'interno.

L'edificio ha sei piani fuori terra e ciascun piano è suddiviso in otto zone climatiche. La distribuzione del calore avviene mediante radiatori tradizionali, quando la temperatura esterna scende al di sotto dello zero; in caso contrario si azionano i solai termoattivi, con cui in estate si raffrescano gli ambienti. In estate, la ventilazione notturna contribuisce al raffrescamento passivo dell'edificio.

Conclusioni

La complessità architettonica, se non accompagnata da un'adeguata progettazione, può portare a edifici inefficienti ai fini del benessere e dei consumi energetici. Dagli esempi esposti si evince come spesso i valori di progetto differiscono da quelli effettivi; cercare un rimedio a posteriori è più costoso e non sempre è possibile ottenerlo.

Si sente spesso parlare oggi di edilizia bioclimatica, biocompatibile, sostenibile e di risparmio energetico, tanto che molti progetti si fregiano di questi appellativi senza averne le caratteristiche. L'obiettivo alla base di una corretta progettazione deve essere quello della ricerca del benessere dell'uomo, perché questi è il fruitore dell'edificio: gli edifici non nascono per rimanere disabitati, non sono dei monumenti fine a se stessi, ma servono alle persone per vivere in ambienti salubri, confortevoli, in cui svolgere le proprie attività in modo produttivo.

Bibliografia

- [1] Sito miniwatt: <http://www.miniwatt.it/>
- [2] Sito informativo sulla Westhafentower: <http://www.westhafentower.com/>
- [3] Sito euleb, European High Quality Low Energy Buildings: <http://www.euleb.info/>
- [4] Sito minergie: <http://www.minergie.ch/>

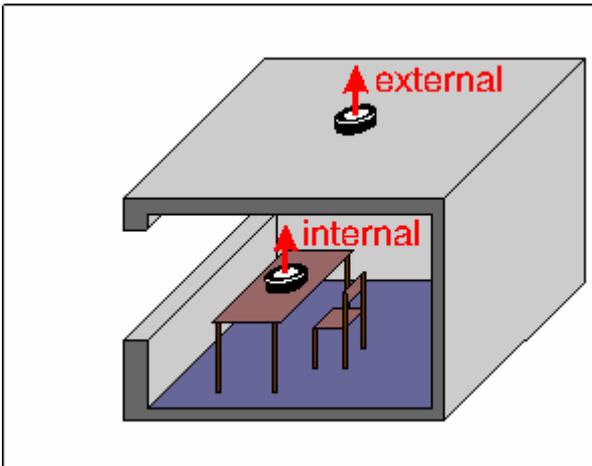


Figura 1- Illuminamento interno ed esterno per il calcolo del fattore di luce diurna.

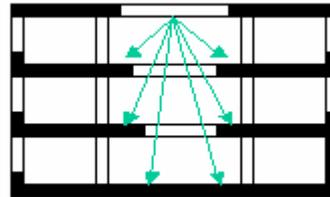


Figura 2a- Principio alla base del corelighting.



Figura 2b- Esempio di corelighting.



Figura 3- Facciata Sud Est del centro odontoiatrico dell'Università di Zurigo.



Figura 4 – Business Promotion Centre, Duisburg



Figura 5 – Parco scientifico Gelsenkirchen –Galleria interna vetrata



Figura 6- Westhafen Tower, Frankfurt



Figura 7: Commerzbank, Frankfurt am Main

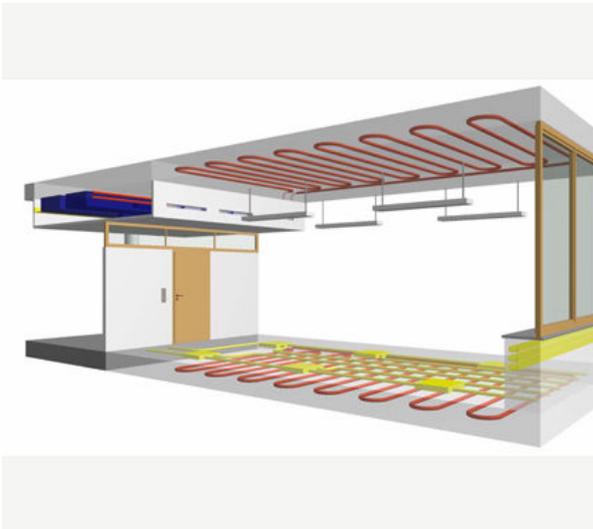


Figura 8 – Tecnologia costruttiva del solaio termoattivo



Figura 9- Veduta dell'atrio interno



Figura 10 – Facciata Sud Ovest dell'edificio Leonardo



Figura 11 – Atrio con palme