

Belle e problematiche

Le facciate a doppio involucro, leggere, essenziali, semplicemente belle, creano, in realtà, problematiche a tutto campo (calcolo termico, ponti termici, acustica, antincendio, manutenzione) non semplici da risolvere

Fabio Conato, Simona Cinti

Le prestazioni 'standard' offerte dai nuovi materiali vetrari e dallo sviluppo di sistemi complementari (dispositivi di protezione solare, dispositivi di ventilazione meccanica) possono oggi giungere a livelli assai elevati, se applicati ad involucri a doppia pelle. Sotto il profilo prestazionale però, il corretto funzionamento e la reale rispondenza delle prestazioni ai requisiti denunciati dipendono da molteplici fattori che concorrono nel produrre complessi effetti termodinamici. Se da un lato è innegabile il grande fascino che riveste l'applicazione in architettura di tali sistemi di involucro, che rappresentano ad oggi una delle più interessanti innovazioni tecnologiche, risulta dall'altro necessario porre l'accento su alcuni fattori circa i quali la ricerca dovrà fornire risposte al fine di rendere possibile l'applicazione a più vasta scala. Proponiamo di seguito una schematica elencazione delle principali problematiche che si possono oggi incontrare nell'applicazione dei sistemi a doppio involucro in vetro nel contesto italiano, nelle diverse e possibili destinazioni d'uso, cercando di giungere alla conseguente indicazione di alcuni possibili criteri progettuali.

Problematiche legate al controllo delle prestazioni termiche in stagione estiva

872 Se il requisito principale nella condizione di fun-

zionamento estiva è dato dalla corretta ventilazione dell'intercapedine, le prestazioni dell'involucro a doppia pelle dipendono fondamentalmente dalla quantità e velocità dell'aria che vi circola all'interno.

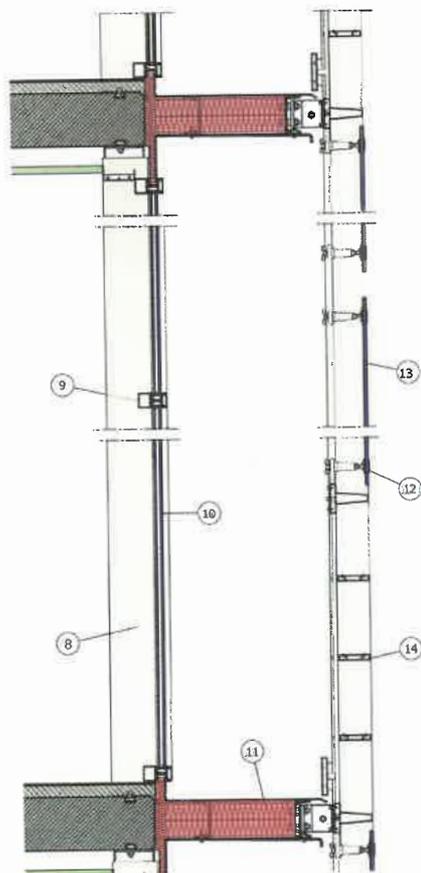
Tale movimento è causato dall'effetto camino prodotto a seguito del riscaldamento dell'aria ad opera dei raggi solari incidenti sulla superficie esterna della facciata, in determinate condizioni di pressione atmosferica. Esso risulta però essere in realtà influenzato da numerose variabili, esterne rispetto all'involucro o interne ad esso, non sempre quantificabili con semplicità.

I dati relativi alla temperatura ed alla pressione dell'aria esterna, necessari per la progettazione dimensionale dell'intercapedine, possono infatti essere desunti da apposite tabelle statistiche che indicano, mese per mese, i valori rilevabili in ogni area geografica. Tali dati, pur attendibili nella media, sono però assai mutevoli nella realtà in funzione delle condizioni climatiche momentanee.

Vanno poi aggiunte al calcolo alcune variabili più difficilmente traducibili in termini numerici, che si riferiscono al contesto ambientale in cui la facciata doppia viene inserita: la presenza di elementi fisici in prossimità dell'involucro (edifici, alberature, ecc.), che possono modificare l'andamento dei venti dominanti o le temperature, e

Vista del nuovo edificio R+S Pirelli realizzato a Bicocca (MI); i prospetti principali sono caratterizzati da una doppia pelle in vetro ventilata naturalmente (progetto Gregotti Associati International). Il sistema è stato interpretato senza estremismi, puntando sul semplice contributo del diaframma aggiuntivo e della ventilazione naturale.





Edificio R+S Pirelli; vista dell'intercapedine tra i due involucri in vetro.

La facciata esterna, sostenuta con elementi di fissaggio puntuali, crea una quinta architettonica separata e protegge l'involucro interno dagli agenti atmosferici; la passerella presente ad ogni livello di piano compartimenta l'intercapedine per garantire la sicurezza antincendio.

Edificio R+S Pirelli; Particolare esecutivo della doppia pelle in vetro: le caratteristiche dimensionali e tecnologiche del doppio involucro evidenziano come, date le condizioni climatiche caratterizzate da elevate temperature estive, si sia privilegiata una soluzione che offra una elevata ventilazione dell'intercapedine senza definire con particolare dettaglio gli aspetti fluidodinamici di circolazione dell'aria, di difficile interpretazione; le principali prestazioni dell'involucro vengono infatti affidate alla vetrata isolante interna.

Legenda:

- 8 - Montante in alluminio
- 9 - Traverso in alluminio
- 10 - Vetro camera
- 11 - Passerella tagliafuoco
- 12 - Parapetto in alluminio

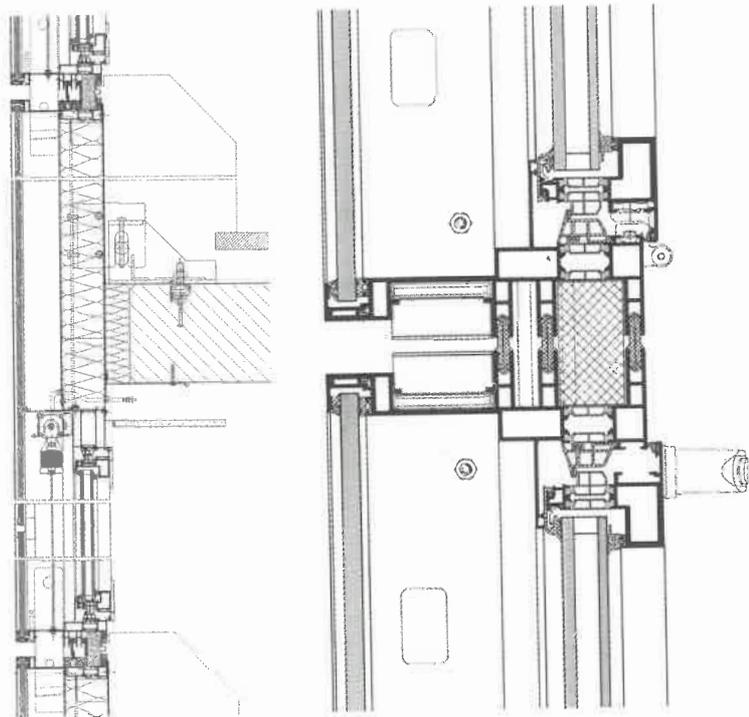
In basso: dettagli esecutivi di una doppia pelle in vetro (sezioni verticale, orizzontale). In alcune soluzioni si privilegia l'aspetto formale a quello relativo al concreto funzionamento; la mancanza di una effettiva ventilazione rende questa soluzione una semplice facciata a tre vetrazioni.

l'inserimento in un contesto urbano piuttosto che in uno extraurbano, con differenti valori di onde luminose riflesse e quindi di calore trasmesso alla facciata.

Inoltre, deve essere considerata anche l'eventuale presenza di elementi interni all'intercapedine stessa, quali le strutture metalliche di supporto alla facciata o altri elementi fisici che possono interferire sulla direzione e sulla velocità dell'aria calda di risalita (aggetti di solaio e sistemi di

oscuramento). Da ultimo, occorre considerare tutte le variabili casuali quali, ad esempio, l'eventuale ma non rara occlusione anche di parte delle griglie di aerazione o un intervento manuale inopportuno sull'assetto delle vetrate (apertura o chiusura di elementi apribili) con il risultato di una scorretta o mancata ventilazione. Questi aspetti, che in edifici realizzati nel nord Europa possono rappresentare un vincolo ridotto, per via della scarsa necessità di raffrescamento della facciata rispetto ai requisiti richiesti di isolamento termico, nei nostri climi, dove le temperature estive raggiungono valori decisamente elevati, diventano di fondamentale importanza.

Di qui la necessità di inserire elementi di ventilazione forzata all'interno dell'intercapedine superando, attraverso ventole elettriche che generano correnti d'aria, all'incertezza ed all'eventuale mancanza di ventilazione naturale. Da tali considerazioni emerge, da un lato, che rispetto alla prestazione teorica massima ottenibile da una facciata a doppia pelle si debba confidare in realtà su di un livello medio riscontrabile empiricamente decisamente inferiore e, dall'altro, che per ottenere un livello prestazionale reale vicino a quello teorico ci si debba affidare a facciate fortemente integrate con sistemi impiantistici.



Problematiche legate al controllo delle prestazioni termiche in stagione invernale

Mentre lo studio delle condizioni di funzionamento estivo risulta essere caratterizzato da notevoli vincoli funzionali e ambientali, l'analisi di quelle relative al funzionamento invernale appare più semplice, in quanto vengono a mancare i presupposti necessari alla ventilazione dell'intercapedine.

L'attenzione si sposta in questo caso sui parametri che definiscono l'isolamento termico e che, anche se in parte influenzati dalle variabili ambientali precedentemente descritte, garantiscono in ogni caso ai sistemi a doppia pelle una temperatura dell'aria contenuta nell'intercapedine superiore di almeno 2 - 5°C rispetto a quella esterna, con valori oscillanti in funzione della

quantità di raggi solari incidenti (effetto serra). Anche in questa condizione però, tale dato è difficilmente quantificabile per poter essere utilizzato nel calcolo delle dispersioni termiche dell'edificio. In altre parole, ai fini del rispetto dei parametri della 'Legge 10', è senza dubbio possibile contare su di una differenza di temperatura tra interno ed esterno inferiore rispetto a quella di una normale facciata, ma di difficile determinazione.

La stessa normativa lascia per ora poche possibilità di sottodimensionare gli impianti di riscaldamento in funzione dell'utilizzo di involucri a doppia pelle. Ciò comporta che il vantaggio prodotto si tradurrà in costi di esercizio più bassi, ma non in una riduzione dei componenti impiantistici in fase progettuale.

I software specifici

con il contributo di Ingrid Paoletti

Al fine di agevolare la progettazione dei sistemi a doppia pelle esistono software di supporto che hanno l'obiettivo di simulare i vincoli ambientali e tecnologici specificati.

Tali programmi sono suddivisibili in tre categorie, a seconda che siano mirati alla scelta dei sistemi in fase di progettazione, alla verifica dei sistemi progettati, ovvero alla verifica in opera dei sistemi realizzati.

Essi prevedono l'elaborazione di dati che corrispondono ai valori climatici e ambientali esterni, a quelli geometrici e dimensionali dell'intercapedine, alle temperature e gradi di illuminamento interni desiderati, alle dimensioni dei vani, ai materiali utilizzati nei pannelli vetrati, nelle strutture di supporto e nei dispositivi di protezione solare. Attraverso le simulazioni operate dai computer è possibile verificare in linea teorica il funzionamento dei sistemi e le relative prestazioni, sia in chiave termodinamica sia in chiave percettiva da parte dell'utenza. A seconda della fase in cui si interviene, i software contengono dati statistici in grado di simulare la condizioni reali del sistema, attraverso l'inserimento da parte dell'operatore di valori specifici.

Si possono citare, sinteticamente, i seguenti programmi di calcolo:

- Design Advisor; si tratta di un programma sviluppato presso l'Università di Mit (Massachusetts

Institute of Technology) di Cambridge che elabora i dati in fase di progettazione. Esso permette di verificare, e di conseguenza calibrare per tempo, le caratteristiche dimensionali e tecnologiche dell'involucro progettato. Tale operazione viene effettuata esprimendo, a seconda dei diversi parametri inseriti, la quantità di energia, espressa in Watt/ora, che la facciata necessita per funzionare correttamente.

I dati relativi alla tipologia di facciata (dimensioni, sistema di ventilazione, caratteristiche dei vetri utilizzati) e del microclima interno desiderato vengono direttamente inseriti dall'utenza, comunque assistita dal software per i dati tecnici difficilmente ricavabili; le condizioni climatiche esterne vengono direttamente simulate dal programma che li elabora autonomamente con il semplice inserimento dei dati relativi alla posizione geografica e all'orientamento dell'involucro in oggetto.

- Wis; è un software sviluppato nell'ambito del progetto europeo "Advanced Windows Information System (WIS)", della European Commission Directorate General XII for Science, Research and Development, che verifica, a progettazione ultimata, le prestazioni dei sistemi di facciata doppia definendo il coefficiente di trasmissione globale (U value) e il fattore solare (SF) di una superficie vetrata in condizione estiva e invernale. Il programma contiene inoltre databases aggiornabili con le proprietà dei diversi componenti del sistema vetrato, dei sistemi schermanti e della ventilazione delle inter-

capedini.

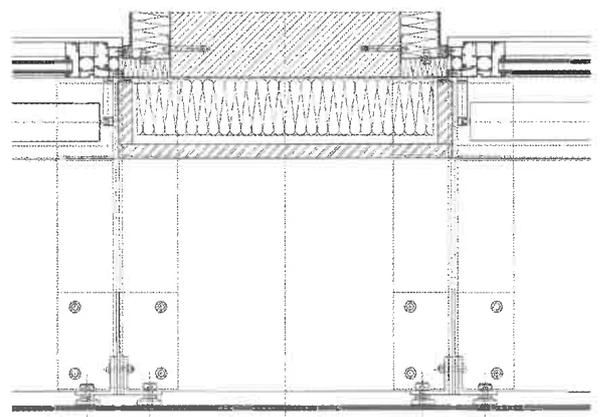
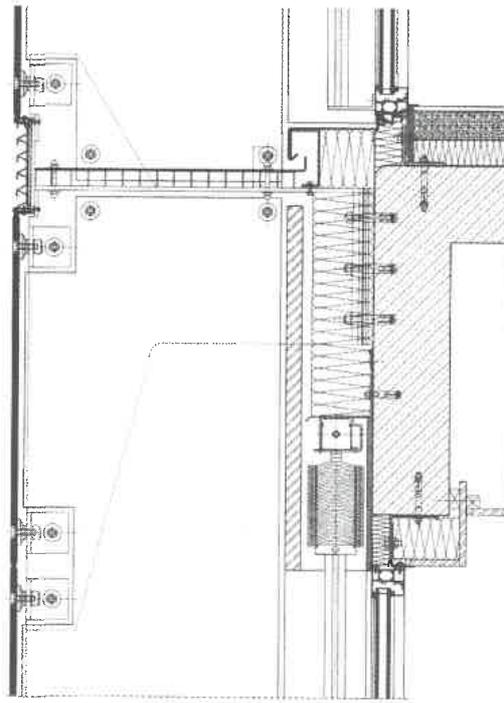
- TRNSYS (acronimo di "Transient System Simulation"); è un programma sviluppato dal Solar Energy Laboratory dell'Università del Wisconsin (USA) per la simulazione del comportamento dei sistemi a doppia pelle in regime variabile.

Si organizza attraverso una serie di sottoprogrammi o "subroutine" ognuno dei quali descrive il comportamento di ogni componente della facciata; l'aspetto peculiare di questo software è dovuto alla possibilità di implementare, con nuove subroutine, le prestazioni del programma, permettendo all'utente di verificare sistemi di facciata anche elaborati e diversi dai "tradizionali" pacchetti standards.

Restano però, soprattutto in fase di scelta e progettazione, tutte le problematiche sopracitate legate alla scarsa prevedibilità di diversi fattori, che difficilmente può essere simulata dai software, se non assumendo condizioni sempre estremamente cautelative. Le variabili da inserire infatti, per quanto ricavabili da tabelle esistenti, non possono essere applicate pedissequamente, ma devono essere filtrate e rielaborate in funzione del contesto reale, definito dall'immediato contorno della facciata; come conseguenza, l'esperienza nella progettazione e, soprattutto, nel calcolo risultano fondamentali.

Non avendo a disposizione il know-how dei grandi studi di ingegneria europei, nella maggior parte dei casi può risultare conveniente affidarsi direttamente ai produttori di facciate che spesso si avvalgono di tecnici specializzati.

Dettagli esecutivi di una doppia pelle in vetro (sezioni verticale, orizzontale); i sistemi di aggancio della facciata esterna e della passerella di intercapedine, se collegati alla struttura portante interna, possono costituire dei veri e propri ponti termici.

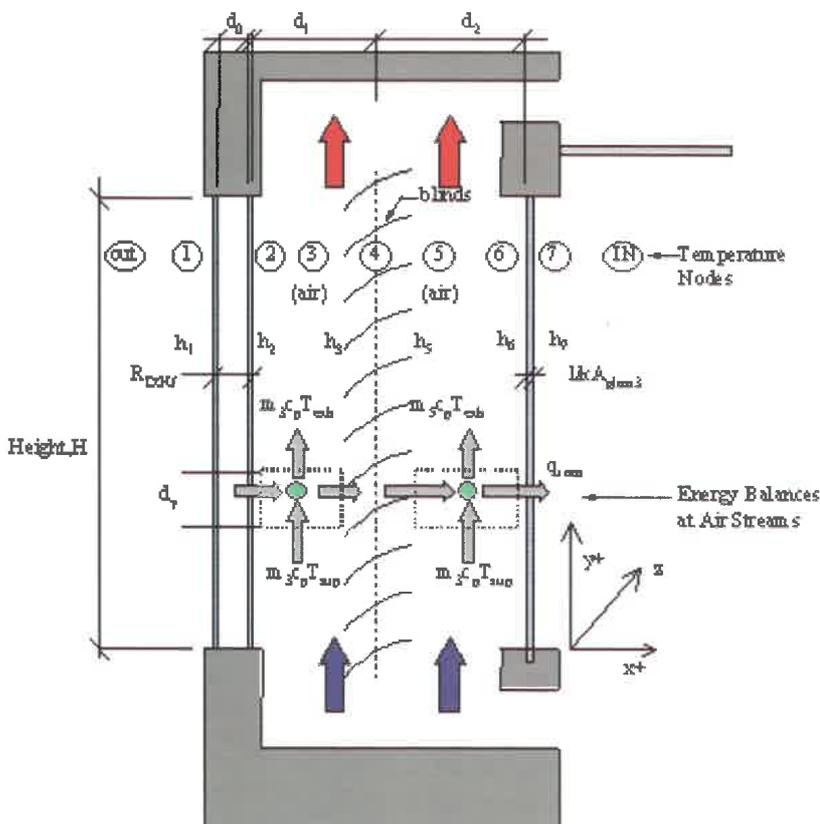


I dati per il calcolo si considerano di conseguenza ricavabili da una configurazione di involucro costituita dalla presenza della singola facciata interna senza l'integrazione dell'intercapedine e della pelle esterna.

In generale si evince comunque come risultati auspicabile adottare sistemi in grado di accumulare quanta più energia possibile nell'intercapedine tra le pelli, utilizzando ad esempio vetro float trasparente all'esterno, e vetrate isolanti con prestazioni adeguate alla rigidità del clima all'interno. Tale soluzione, se accompagnata da

una leggera integrazione con sistemi di ventilazione meccanica nonché dall'utilizzo di sistemi frangisole posti nell'intercapedine, può risultare compatibile anche con le condizioni estive, nei limiti di quanto sopra esposto

Schema del modello di calcolo del software DA, Design Advisor di Mit. I SW su questo tema non sono molto diffusi.



Problematiche legate al controllo dei ponti termici

La presenza di un'intercapedine tra le due facciate che costituiscono l'involucro induce alla convinzione della totale mancanza di ponti termici tra l'interno e l'esterno dell'edificio. In realtà ciò risulta essere esatto solamente in parte. Infatti, anche nel caso di due strutture di supporto completamente separate, queste devono essere connesse in uno o più punti alla struttura portante dell'edificio. Per contenere la quantità di punti di contatto termico tra l'interno e l'esterno dell'involucro è possibile intraprendere due strade diametralmente opposte. Da un lato si può adottare un sistema appeso che concentri i punti critici alla sommità dell'edificio, in corrispondenza della quale adottare soluzioni di ancoraggio che limitino le dispersioni, dall'altro si può utilizzare un sistema tradizionale a reticolo di alluminio, con accorgimenti di taglio termico. Tutte le tecnologie di livello intermedio, che utilizzano sistemi di supporto anche puntiforme in acciaio sono invece ricche di punti critici da studiare di volta in volta e non sempre risolvibili. Una condizione accettabile, ottenibile con costi accessibili è quella di applicare un sistema di facciata esterno a taglio termico, tangente ai solai di piano, tamponando con singoli elementi di

facciata tra solaio e solaio la porzione interna. In tal caso esiste un ponte termico tra l'interno della doppia pelle e l'interno dell'edificio. Poiché però la temperatura dell'aria all'interno dell'intercapedine, soprattutto in inverno quando il sistema di ventilazione può essere mantenuto fermo, è maggiore di quella esterna, l'effetto negativo si riduce sensibilmente.

Problematiche legate al controllo dell'introspezione ed alla oscurabilità dei sistemi

Tra gli aspetti tecnologici che possono condizionare la sensazione di benessere interno all'involucro vetrato, vanno citati i sistemi di schermatura: se da un lato, come sopra descritto essi possono concorrere sensibilmente al controllo dell'energia solare entrante, soprattutto in termini di calore e di abbagliamento, rimangono comunque difficilmente risolvibili le problematiche legate all'introspezione e all'oscuramento totale dei vani. Tali condizioni



possono comunemente essere considerate accettabili per edifici destinati ad attività terziarie ma, ad esempio, non raggiungono gli standard minimi comunemente accettati per ambienti privati con presenza continuativa di persone quali, ad esempio, gli edifici residenziali. Inoltre, il funzionamento corretto di un sistema di involucro a doppia pelle in vetro è dettato da determinate condizioni di apertura o chiusura degli elementi di facciata (sia interna che esterna). Di conseguenza, una configurazione manuale arbitraria di tali elementi operata dall'utenza al fine di aumentare il comfort percettivo o psicologico, può risultare inopportuna ai fini dell'ottenimento degli effetti termici interni desiderati. La stessa posizione delle lamelle frangisole diventa importante sia per la riflessione dei raggi incidenti in eccesso che per il recupero delle onde luminose, trasformabili in calore; modificandone l'orientamento o la posizione (innalzamento /abbassamento) si alterano infatti le prestazioni complessive dell'involucro. Se da un lato tale correzione può risultare indispensabile per svolgere determinate attività, dall'altro può produrre effetti termici dannosi.

876 Le sensazioni psicologiche negative indotte



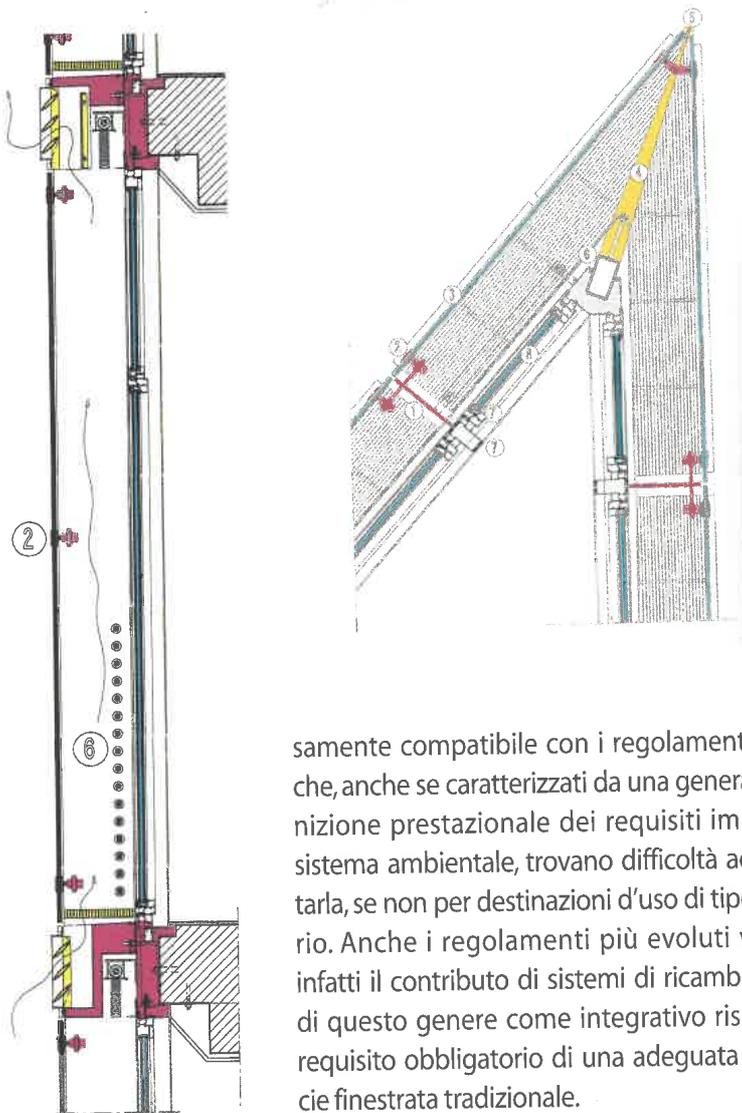
dalla necessità, soprattutto nelle temperature estive, di mantenere chiuso l'involucro interno e l'eventuale presenza di rumorosi elementi meccanici di ventilazione dell'intercapedine, riducono potenzialmente il livello di vivibilità degli ambienti limitando, per alcune tipologie di doppia pelle oggi presenti sul mercato, i presupposti di applicabilità.

Problematiche legate alla ventilazione degli ambienti

I criteri di funzionamento della doppia pelle, con particolare riferimento al diverso sistema di ventilazione naturale degli ambienti ottenuto tramite elementi grigliati posti tra l'intercapedine e i due involucri, modificano le tradizionali concezioni di ricambio dell'aria; in sostituzione alle classiche finestre che devono raggiungere superfici proporzionali alle dimensioni dei vani, vengono proposte bocchette di ventilazione che dovrebbero garantire comunque i volumi d'aria di ricambio richiesti, con l'ulteriore vantaggio di una corretta e completa circolazione dei flussi di aria interna. Tale situazione risulta scar-

Edificio Triangel, Berlino, un edificio con una doppia pelle gestita senza estremismi tecnologici, solo nella facciata sud. L'applicazione di una facciata continua ventilata a doppia pelle in vetro è limitata al prospetto che, sotto il profilo termico, può realmente godere dei benefici offerti dall'irraggiamento solare; gli altri prospetti sono caratterizzati da involucri tradizionali (progetto Kleihues + Kleihues).

Nel box a sinistra è individuato il dettaglio della doppia pelle in vetro; questa soluzione tecnologica offre prestazioni adeguate al clima tedesco, grazie all'isolamento termico assicurato dall'intercapedine (condizione invernale) e alla sufficiente ventilazione naturale (condizione estiva, caratterizzata comunque da temperature non elevate).



Edificio Triangel. Dettagli esecutivi della doppia pelle.

Legenda:

- 1 - Lama in acciaio verniciato
- 2 - Fissaggio puntuale seconda pelle in vetro
- 3 - Vetro temperato 15 mm.
- 4 - Puntuale conico in acciaio
- 5 - Estruso in alluminio
- 6 - Tiranti in acciaio inox con funzione parapetto
- 7 - Serramenti
- 8 - Vetro Camera
- 9 - Griglia calpestabile
- 10 - Marcapiano tagliafuoco
- 11 - Lamelle in alluminio per ventilazione
- 12 - Tende veneziane

samente compatibile con i regolamenti edilizi che, anche se caratterizzati da una generale definizione prestazionale dei requisiti imposti al sistema ambientale, trovano difficoltà ad accettarla, se non per destinazioni d'uso di tipo terziario. Anche i regolamenti più evoluti vedono infatti il contributo di sistemi di ricambio d'aria di questo genere come integrativo rispetto al requisito obbligatorio di una adeguata superficie finestrata tradizionale.

Problematiche legate alla prevenzione incendi

In relazione alle problematiche relative ai rischi di incendio nelle facciate a doppia pelle in vetro e alla normativa ad esse riferita, oggi diretta solamente ai sistemi di facciata semplice, devono essere considerati due aspetti fondamentali.

Il primo, già contemplato dai regolamenti antincendio, è dato dai rischi relativi all'incolumità delle persone. Le lastre in vetro, a causa delle tensioni interne prodotte dall'aumento di temperatura, possono infatti crollare; tale calore, ceduto dalle strutture portanti in acciaio, dai telai di supporto delle lastre o ceduto per irraggiamento diretto, provoca la rottura dei pannelli vetrati. Si prevede, di conseguenza, l'uso di lastre temprate o stratificate a seconda della posizione in cui sono inserite, che hanno la prerogativa di rompersi in minuscoli frammenti evitando il cosiddetto "effetto ghigliottina". Tale accorgimento tecnico deve essere predisposto specialmente per la facciata esterna, evitando così, in caso di incendio, la caduta dall'alto di schegge pericolose. Il secondo aspetto da considerare, oggi non

esplicitamente dichiarato dalla normativa, ma solamente valutato dai progettisti, è riferito invece alla propagazione diretta verso l'alto delle fiamme e dei fumi attraverso l'intercapedine. In caso di incendio, ancora prima del collasso delle lastre, i fumi salgono verso l'alto attraverso le giunzioni tra i diversi materiali. Così come è contemplata la possibilità di risalita degli stessi tra l'attacco del solaio e la facciata in vetro interna (se questa è continua lungo tutto il prospetto e non interrotta tra un solaio e l'altro) ancora di più va considerata l'ipotesi che essi raggiungano l'intercapedine. Di qui, attraverso l'effetto camino innescato dal funzionamento dell'involucro, la risalita dei fumi o addirittura delle fiamme ai piani superiori. L'uso di facciate a canali orizzontali, dove viene interrotto lo sviluppo verticale dell'intercapedine, o di facciate a singoli elementi, dove l'intercapedine stessa è compartimentata dal telaio di supporto delle lastre in ogni direzione, può realmente ridurre il rischio di propagazione di fiamme e fumo. In funzione delle diverse tipologie di facciata e dei loro principi dinamici di funzionamento diventa indispensabile quindi predisporre adeguati sistemi di segnalazione e di aspirazione dei fumi e, comunque, evitare a priori, tramite una accurata progettazione, le soluzioni tecnologiche a più elevato rischio. In attesa di una normativa adeguata e di procedure di certificazione rimane a discrezione dei progettisti la scelta dei sistemi di volta in volta più adatti allo scopo.

Problematiche legate al benessere acustico

La pelle vetrata esterna costituisce il luogo di impatto delle onde sonore. A seconda di come è realizzata, essa trasmette all'intercapedine i rumori in maniera assai differente: una facciata continua semplice a reticolo portante in alluminio con vetro monostrato trasmette il 70-80% delle onde incidenti, mentre una facciata appesa in vetro stratificato riduce tale trasmissione al 50-60%, con buon effetto soprattutto sulle frequenze medie. Inoltre l'intercapedine, se chiusa, funge da risonatore per via dell'effetto 'pistone' dell'aria, dissipando così in calore una vasta gamma di frequenze. Se invece l'aria è in movimento, tale effetto diviene assai più difficile da valutare. Inoltre, nei confronti dei rumori prodotti all'interno dell'edificio, l'intercapedine potrebbe diventare una via preferenziale di trasmissione sonora. Nel controllo dell'isolamento acustico entrano in gioco anche parametri legati alle

caratteristiche dimensionali e tecnologiche delle aperture dell'involucro interno; risulta infatti dimostrato che, in condizione estiva, la riduzione del livello sonoro prodotto all'esterno è funzionale all'apertura di ante a ribalta, grazie alla deviazione delle direzioni di riflessione delle onde sonore.

Devono essere poi valutati anche gli effetti delle dilatazioni termiche dei sistemi di supporto, di oscuramento e di mitigazione, che possono essere esse stesse fonte di rumori, nonché il rumore continuo prodotto da eventuali sistemi di ventilazione.

Problematiche economiche - costi di costruzione - gestione - manutenzione

Mentre la fase costruttiva è caratterizzata da elevati costi di produzione e realizzazione, variabili comunque in misura notevole in funzione delle diverse tipologie di facciata (aspetto ampiamente verificato grazie al grande numero di sistemi già installati), la fase di gestione dell'edificio dovrebbe invece essere contraddistinta da un interessante risparmio economico dovuto al contenimento dei consumi energetici per la climatizzazione e l'illuminazione.

Se in periodo invernale l'adozione di tali sistemi garantisce livelli prestazionali in grado di soddisfare, di massima, tale requisito, ancora da confermare è la validità del sistema per le condizioni di esercizio estive dove, soprattutto alle nostre latitudini, le variabili di funzionamento già elencate e la frequente presenza di costose ventilazioni meccaniche dell'intercapedine non sono state ancora completamente testate.

In generale, le prestazioni offerte da questi involucri possono essere definite ottimali in condizioni climatiche intermedie (primavera, autunno) quando cioè la quantità di energia recuperata permette posticipare l'accensione degli impianti di climatizzazione.

All'interno del ciclo di vita utile dei sistemi di involucro a doppia pelle, nell'analisi dei costi vanno accreditate anche le spese per la manutenzione, ordinaria e straordinaria, variabili in funzione dei materiali utilizzati, della complessità del sistema e delle prerogative di ispezionabilità dell'intercapedine.

Possibili criteri progettuali

Viste le problematiche affrontate, volendo applicare un sistema di facciata a doppia pelle in

nostro contesto, può risultare vantaggioso operare seguendo una serie di criteri generali che garantiscano, con un buon margine di sicurezza, le condizioni ambientali interne desiderate.

Schematicamente si possono elencare i seguenti aspetti:

- *Destinazioni d'uso*: oggi il terziario rappresenta la destinazione d'uso che permette il maggiore margine di applicabilità; le motivazioni sono diverse ma sostanzialmente vanno ricercate nelle caratteristiche ambientali e nei vincoli normativi che lo caratterizzano. Rispetto ad una destinazione residenziale, infatti, all'involucro non vengono richiesti determinati requisiti, attribuibili alla presenza di aperture dirette verso l'esterno che permettano la ventilazione naturale dei vani e sistemi di protezione solare che ne garantiscano la totale oscurabilità. Al contrario, è ammessa la ventilazione artificiale ed elementi di oscuramento anche parziali.

Di conseguenza, volendo applicare sistemi di facciata a doppia pelle in edifici a destinazione residenziale, è necessario definire quali vani possano effettivamente contemplare involucri con queste caratteristiche.

In generale, si considerano adatti gli ambienti in cui non vi è una presenza continuativa di persone, quali vani scala, disimpegni e vani comuni. In alternativa, zone giorno non direttamente comparabili a quelle individuate dai regolamenti edilizi (soggiorni, cucine) e che sono comprese tra locali indispensabili di un alloggio. Si tratta quindi di vani in cui i regolamenti edilizi non impongono espressamente superfici finestate direttamente apribili e completamente oscurabili.

Anche ai fini del benessere psicologico degli utenti, legato alla necessità di poter intervenire sull'involucro (aprendo e chiudendo le finestre o definendo autonomamente il livello di illuminazione interno), è consigliabile l'uso di questi sistemi di facciata solamente in determinate tipologie di vano.

- *Tipologie di facciata*: le condizioni climatiche del contesto italiano vincolano fortemente la tipologia di facciata che, fondamentalmente, deve offrire rilevanti prestazioni in condizione estiva.

Di conseguenza, le facciate a tutta superficie, ovvero quelle caratterizzate da unica intercapedine che si sviluppa sia orizzontalmente (lungo più moduli di facciata) che verticalmente (lungo i diversi piani dell'edificio) possono risultare

inadeguate, se applicate ad edifici di piccola dimensione, non offrendo congrue garanzie di attivazione spontanea dell'effetto-camino. Le facciate a canali orizzontali e quelle a celle, al contrario, avendo uno sviluppo di intercapedine più ridotto, consentono un più accurato controllo delle prestazioni.

Le medesime considerazioni evidenziano inoltre l'opportunità di integrare l'involucro con adeguati sistemi di ventilazione meccanica, assicurando la regolare aerazione dell'intercapedine, viste anche le difficoltà nella simulazione delle variabili del contesto identificate in fase di progetto. L'uso di ventilatori non

costituisce comunque un vincolo particolarmente impegnativo, sia sotto il profilo economico che tecnologico.

La ventilazione meccanica può costituire, a causa della rumorosità, un limite nella applicazione di queste tecnologie di facciata in determinate destinazioni d'uso.

Schermi a protezione solare costituiti da lamelle, anche regolabili manualmente, possono rappresentare un sistema adeguato di oscuramento.

- *Tipologie di vetri e struttura portante delle facciate*; le caratteristiche climatiche influenzano notevolmente la scelta dei vetri da utilizzare nell'involucro. Occorre comunque sottolineare che l'applicazione delle lastre in sistemi a doppia pelle offre la possibilità di assegnare il controllo della trasmissione termica e di quella luminosa ai singoli elementi costitutivi dell'involucro.

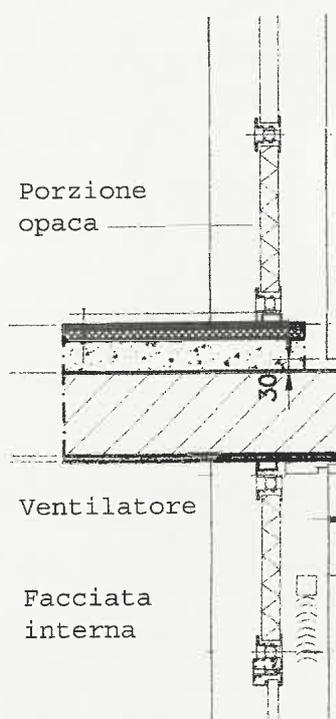
Nella facciata esterna un vetro riflettente, temprato o stratificato per rispondere ai requisiti di sicurezza, costituisce un buon filtro per la protezione dai raggi incidenti dei periodi estivi; il vetro riflettente, infatti, nelle sue versioni più evolute, consente oggi di mantenere una trasmissione luminosa tra il 25 ed il 65%, a fronte di un fattore solare oscillante tra il 42 ed il 65%. In alternativa al vetro riflettente si può utilizzare un float chiaro serigrafato che riduce la quantità di energia luminosa entrante. Alla facciata interna sono in questo caso affidate le prestazioni isolanti: la presenza di un vetro-camera contribuisce al controllo delle temperature degli ambienti. Per ridurre efficacemente l'irraggiamento termico dall'interno verso l'esterno, al fine di evitare le dispersioni dell'involucro, possono essere inserite, a diretto contatto con i vani, lastre basso-emissive che, in un unico strato portano il coefficiente K da 5,8 (lastra float semplice spessore 3 mm) a 4; in posizione esterna è sufficiente una lastra float semplice. Nell'intercapedine della vetrata isolante, esafluoruro di zolfo, argon o kripton aumentano ulteriormente le prestazioni, portando le vetrate a coefficienti di trasmissione anche tre volte inferiori a quelli della semplice lastra, fino a raggiungere valori vicini a 1, ossia del tutto analoghi a quelli ottenibili con pareti in muratura coibentata. Sistemi di involucro così strutturati permettono inoltre semplici operazioni di manutenzione, direttamente effettuabili, per entrambe le facciate, a livello di ogni piano intervenendo attraverso l'apertura temporanea degli infissi.

Alloggi per anziani

Le zone comuni dell'edificio sono caratterizzate dalla presenza di facciate vetrate a doppia pelle, mentre gli alloggi veri e propri presentano un involucro tradizionale.

Ad esempio, se la temperatura dell'aria nell'intercapedine è compresa tra 18° e 23°, le ventole la dirigono verso l'interno mentre se è superiore a 23° la dirigono verso l'esterno dell'involucro. In condizioni invernali le ventole non vengono azionate.

Le griglie di aerazione verso l'esterno sono di tipo semplice, ovvero non regolabili per l'apertura o la chiusura. Ciò è possibile grazie alla differente dimensione delle griglie di ventilazione (grandi nella posizione inferiore e piccole in quella superiore) che, unitamente al surriscaldamento dell'aria ad opera dei raggi solari, creano una condizione termodinamica per cui non si produce movimento di fluidi. Per il controllo del benessere visivo e per ulteriore mitigazione estiva è presente una veneziana orientabile manualmente, posta nell'intercapedine.



Particolare costruttivo del sistema a doppia pelle.



La facciata strutturale esterna: sono visibili le griglie aperte inferiori ed i ventilatori di estrazione.