FLORE
Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

Facciate doppia pelle per climi temperati

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

Original Citation:

Facciate doppia pelle per climi temperati / R. Romano. - In: AZERO. - ISSN 2239-9445. - STAMPA. - (2014), pp. 48-55.

Availability:

This version is available at: 2158/837697 since:

Terms of use:

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf)

Publisher copyright claim:

(Article begins on next page)

17 April 2024

laZero

EdicomEdizioni

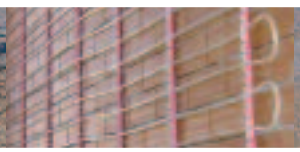
FACCIATE A DOPPIA PELLE

SERRAMENTI: finestre a regola d'arte per edifici a consumo quasi zero

Impianti radianti a bassa inerzia

Transparent Insulating Materials

La prima Passivhaus in Brettstapel in UK



Residenze a bassissimo consumo in Emilia

Una Passivhaus in Piemonte

ISSN 2239-9445

Trimestrale - anno 4 - n° 10 gennaio 2014
Registrazione Trib. Gorizia n. 03/2011 del 29.7.2011
Poste italiane S.p.A.
Spedizione in a.p. D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n. 46)
art. 1, comma 1 NE/UD
Euro 15,00

10

azero 10

06 prospettive

Lo scenario delineato dalla legge n. 90 del 3 agosto 2013 | 06
Gaia Bollini

spot progetti | 10

12 argomenti

Intervista a Günther Gantioler | 12

16 progetti

Approccio solare per un edificio zero energy | 16
residenza privata a Cuneo

“Leggero come una piuma” | 24
edilizia residenziale a Cavriago (RE)

Una nuova pelle per la scuola | 32
complesso scolastico, Roubaix (F)

La prima casa passiva in Brettstapel del Regno Unito | 40
Plummerswood Active House, Innerleithen (UK)

azero - rivista trimestrale - anno 4 - n. 10, gennaio 2014

Registrazione Tribunale Gorizia n. 03/2011 del 29.7.2011

Numero di iscrizione al ROC: 8147
ISSN 2239-9445

direttore responsabile: Ferdinando Gottard

redazione: Lara Bassi, Lara Gariup, Gaia Bollini

editore: EdicomEdizioni, Monfalcone (GO)

redazione e amministrazione: via 1° Maggio 117, 34074 Monfalcone (GO)
tel. 0481.484488, fax 0481.485721

stampa: Grafiche Manzanesi, Manzano (UD)
Stampato interamente su carta con alto contenuto di fibre riciclate selezionate

prezzo di copertina 15,00 euro - abbonamento 4 numeri - Italia: 50,00 euro,
Estero: 100,00 euro. Gli abbonamenti possono iniziare, salvo diversa indicazione,
dal primo numero raggiungibile in qualsiasi periodo dell'anno

distribuzione in libreria: Joo Distribuzione, Via F. Argelati 35 – Milano

È vietata la riproduzione, anche parziale, di articoli, disegni e foto se non espressamente autorizzata dall'editore

copertina: complesso scolastico, Roubaix (F), foto: Julien Lanoo

focus on 48

48 | Facciate a doppia pelle per i climi temperati
Rosa Romano

involucro 56

56 | Finestre a regola d'arte
Manuel Benedikter

64 | Serramenti

impianti 70

70 | La posa dei sistemi radianti a soffitto e a parete. I sistemi a bassa inerzia
Michele De Carli, Clara Peretti

78 | Sistemi radianti a bassa inerzia

approfondimenti 86

86 | Dettagli di cantiere: Villa Dina

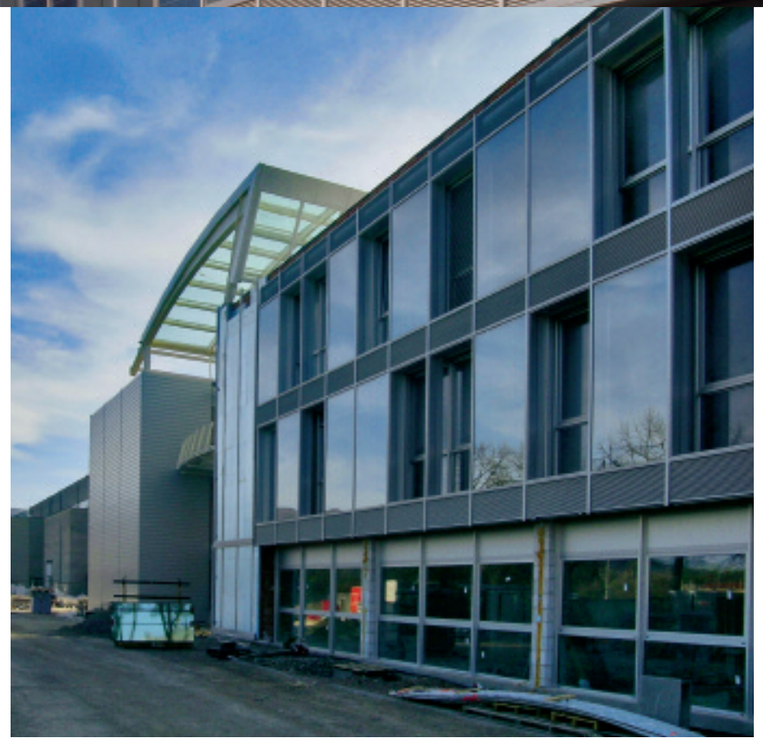
innovAzione 90

90 | Aerogel di silice
Cinzia Buratti, Elisa Moretti

Rosa Romano
Arch. PhD, Centro Interuniversitario ABITA Firenze

FACCIATE A DOPPIA PELLE PER I CLIMI TEMPERATI

Una riflessione sulle potenzialità e sulle criticità legate all'adozione di soluzioni di facciata a doppia pelle trasparente in fasce climatiche caratterizzate da estati calde più che da inverni freddi. Le prestazioni sono analizzate in funzione della possibilità di ridurne le problematiche connesse al comportamento termoigrometrico estivo.



**Nuovo Centro Competenze in Ambienti Virtuale e ICT, Lucca, 2012, Provincia di Lucca e M S A Architetti.
Sopra, la facciata sud. Le facciate sud ed est si configurano come delle pareti tecnologiche attrezzate con pannelli fotovoltaici integrati in facciata, costituite da una sequenza di infissi in parte apribili e in parte fissi opachi, dotati di un sistema di chiusura composto da un pacchetto di teli ombreggianti, anti-insetti, oscuranti, vetri basso-emissivi e acustici.
A destra, la facciata est. Il Centro Competenze in Ambienti Virtuale e ICT fa parte del complesso del Polo Tecnologico Lucchese, ed è destinato a ospitare funzioni di incubatore d'impresa per nuove attività con particolare riferimento alle imprese giovanili.**

Le recenti normative europee 31/2010/UE e 27/2012/UE introducono, tre le altre importanti novità in materia di risparmio ed efficienza energetica, il nuovo concetto di Nearly Zero Energy Building invitando tutti gli stati membri a ripensare al concetto di Edificio Energeticamente Efficiente con l'obiettivo di incidere in modo significativo sull'impatto ambientale del settore delle costruzioni attraverso la realizzazione di architetture con consumi energetici pari allo zero, caratterizzate da involucri intelligenti capaci di sfruttare passivamente e attivamente l'energia solare.
Il concetto della trasparenza, da sempre associato ai temi della possibilità di comunicare all'esterno, in modo democratico e appunto "trasparente", le attività delle istituzioni di rappresentanza politica ed economica dovrà essere quindi ripensato e interpretato adattandolo alle necessità climatiche del sud Europa, dove spesso è stato importato come tema architettonico e tecnologico senza declinarne le potenzialità di filtro termodinamico. È quindi urgente e necessario fare una riflessione sulle potenzialità e sulle criticità legate all'adozione di questa soluzione d'involucro in fasce climatiche caratterizzate da estati calde più che da inverni freddi, analizzandone le prestazioni in funzione della possibilità di ridurne le problematiche connesse al comportamento termoigrometrico estivo.

Facciate doppia pelle. Caratteristiche tecnologiche

Dal punto di vista della tecnologia costruttiva, la facciata a "doppia pelle" non si discosta molto dai tradizionali sistemi di facciata continua più evoluti, sia nella partizione interna che in quella esterna dell'involucro, seguendo lo schema di assemblaggio e conformazione tipico del "curtain wall".
La configurazione tradizionale di una facciata doppia pelle trasparente è la seguente:
- facciata esterna realizzata con pannelli di vetro semplice monolitico o frangisole orientabili;
- intercapedine, di dimensioni comprese tra i 50 e i 90 cm, dove trovano alloggiamento anche i dispositivi di controllo solare;
- facciata interna in vetro camera e telaio a taglio termico o realizzata con sistemi d'involucro opaco massivo e coibentato.

Si tratta generalmente di un sistema di facciata multilayer, nel quale grande importanza ricoprono la velocità e il flusso dell'aria[1] che si registrano all'interno della cavità di separazione tra i due strati di chiusura trasparenti.
L'aria utilizzata per la ventilazione dell'intercapedine può provenire dall'esterno oppure dall'interno dell'edificio e il suo movimento può essere puramente naturale o essere attivato meccanicamente: in quest'ultimo caso la facciata viene, in genere, integrata funzionalmente con l'impianto di climatizzazione.
Nelle facciate dinamiche a doppia pelle è quindi fondamentale progettare in modo adeguato l'intercapedine e il suo sistema di ventilazione (collocando e dimensionando opportunamente le bocchette di aerazione) e la pelle esterna, che deve diventare un filtro regolabile in funzione delle stagioni dell'anno. In regime invernale, con le bocchette di ventilazione e la pelle esterna chiuse, lo sfruttamento dell'effetto serra consente di ottenere uno strato isolante che smorza le perdite di calore indesiderate, mentre in estate, con le bocchette e il layer esterno aperti, la facciata interna è ventilata (naturalmente o meccanicamente), non subendo fenomeni di surriscaldamento dovuti all'accumulo di calore nell'intercapedine.
L'aria esterna è immessa nello spazio intermedio della facciata attraverso delle aperture (poste nella parte bassa della superficie esterna o della buffer zone), che sono solitamente più piccole, in dimensioni, della profondità del corridoio; affinché si generi un picco di velocità seguito da un corrispondente abbassamento di pressione. In tal senso, *al fine di migliorare il fenomeno di tiraggio all'interno dell'intercapedine, è necessario che l'area di apertura superiore del "camino" sia più grande*

di quella inferiore di ingresso, secondo un rapporto mediamente di due a uno.

L'accelerazione dell'aria che attraversa le bocchette di uscita non è sostanzialmente diversa da quella che si registra nelle vicinanze delle bocchette in entrata, anche se spesso la presenza di sistemi di schermatura, griglie e altro generano una riduzione della pressione interna e, quindi, un malfunzionamento del sistema. Per ovviare a questo problema sono usate, nelle vicinanze delle bocchette di espulsione, delle lamelle deflettrici in grado di smorzare la potenza delle turbolenze.

Le bocchette, di entrata e di uscita, possono essere dotate di serrande azionabili manualmente o attraverso sistemi di controllo automatico.

Nei sistemi doppia pelle con ventilazione ibrida o meccanica della buffer zone sono spesso utilizzati ventilatori a potenza variabile, capaci di compensare le differenze di pressione e di generare moti convettivi[2].

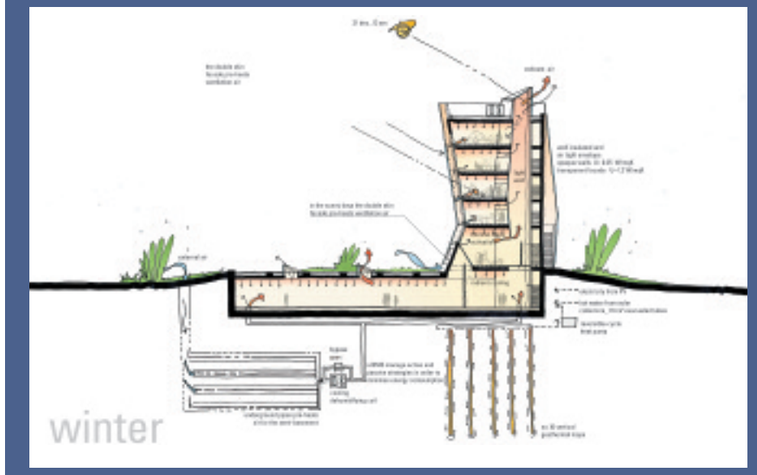
Comportamento termodinamico nei mesi invernali

Nei sistemi a doppia pelle trasparente, durante i periodi freddi, la superficie esterna rappresenta il sistema tecnologico capace di proteggere da pioggia e vento l'involucro interno. La buffer zone tra le due superfici si trasforma in un sistema solare passivo, capace di trattenere l'energia termica, riducendo le perdite di calore dall'interno all'esterno dell'edificio. La possibilità di regolare l'aria in entrata all'interno dell'intercapedine, attraverso l'apertura e la chiusura delle bocchette di ventilazione, permette, con la chiusura di entrambe le aperture, di creare un'intercapedine isolata tra le due superfici e aumenta la resistenza termica dell'intero componente. All'interno di questo spazio, tuttavia, è necessario garantire, anche nella stagione invernale, un minimo ricambio d'aria per evitare la formazione di condensa sul vetro esterno, che si trova sempre a una temperatura superficiale più bassa di quella dell'aria dell'intercapedine.

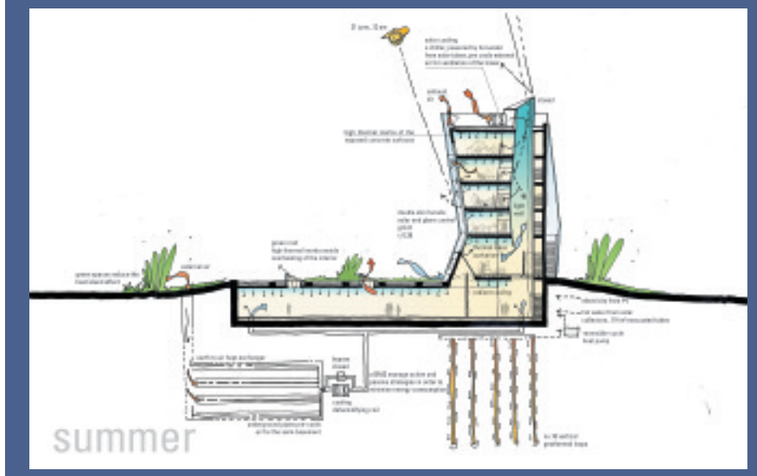
Per ottimizzare l'isolamento termico della facciata è necessario agire sull'insieme dei telai, delle detrazioni e delle zone non trasparenti, adottando vari accorgimenti per ridurre la conduzione termica, la convezione e lo scambio di radiazioni a onde lunghe. A questo scopo si impiegano strutture a telaio più o meno isolate, materiali isolanti non trasparenti/traslucidi o lastre di vetro isolante trasparenti/traslucide con strato di gas isolante interposto e/o rivestimento superficiale. I punti deboli termici caratteristici si trovano in corrispondenza dei giunti, del collegamento perimetrale dei vetri e dei pannelli e in prossimità dei sistemi di fissaggio, e sono dovuti a ponti termici lineari o puntiformi e/o a scarsa tenuta.

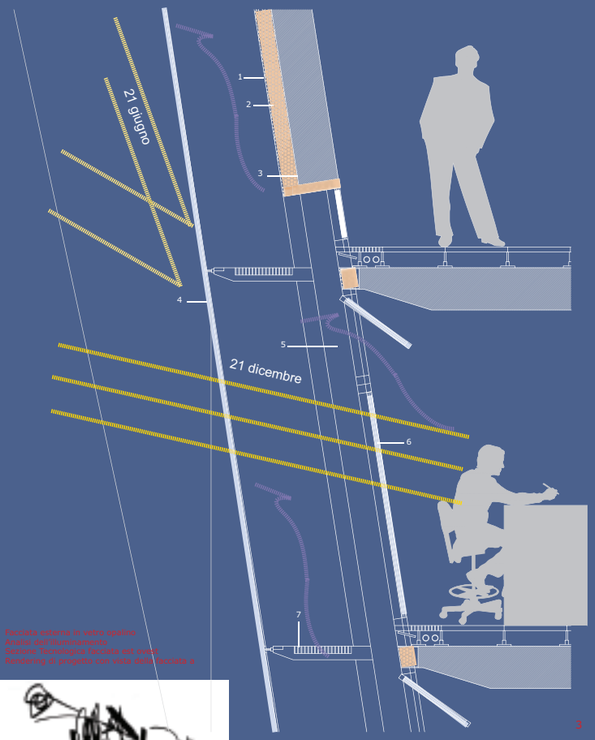
Particolarmente critici si rilevano nella pratica gli angoli esterni e interni orizzontali e verticali, gli aggetti degli strati d'isolamento o di tenuta, in particolare nei punti di transizione tra diverse tipologie e strutture di facciata. Lo stesso accade in corrispondenza di particolari tipi d'involucro nei quali lo sviluppo della superficie interna è minore rispetto a quella esterna, ad esempio nel caso di angoli esterni di ampiezza ridotta o di profili collocati all'esterno che si comportano come vere e proprie alette di raffreddamento.

In questa stagione dell'anno si deve avere inoltre cura di evitare che la temperatura della superficie trasparente interna risulti inferiore a quella dello spazio confinato; un abbassamento localizzato della temperatura di parete determina condizioni di malessere generalizzato, di gran lunga superiori all'abbassamento di qualche grado della temperatura dell'aria all'interno di un ambiente. Per evitare questo fenomeno si dovranno realizzare superfici interne con infissi caratterizzati da profilati di sostegno in alluminio a taglio termico e doppi vetri basso emissivi, prevedendo l'integrazione di impianti di riscaldamento (sistemi radianti a pavimento, serpentine radianti o scambiatori di calore con bocchette di ventilazione alloggiate nei controsoffitti) con terminali di erogazione del calore collocati in prossimità della superficie trasparente disperdente.

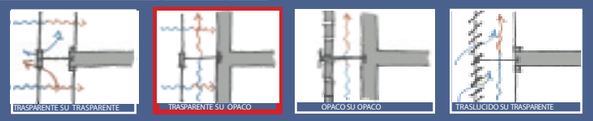


CSET, Centre for Sustainable Energy Technologies MCA Architects, Ningbo, China, 2008. Sezioni Bioclimatiche. Il funzionamento dell'edificio e dei suoi impianti è gestito da una centralina BEMS (Building Energy Management System) per ottimizzare i livelli di comfort all'interno degli ambienti, riducendo al contempo i consumi energetici.



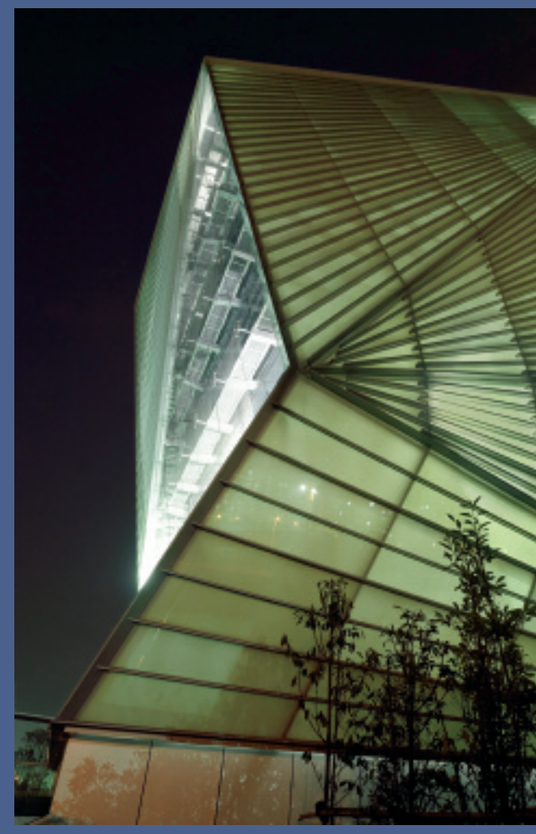


1. Cartongesso sp. 1,5 cm
2. Isolante in lana di roccia sp.15,00 cm
3. Barriera al vapore
4. Facciata esterna in lastre fisse di vetro opalino sp. 2,00 cm
5. Colonna in cemento armato
6. Struttura in acciaio per la manutenzione della facciata



CSET, Centre for Sustainable Energy Technologies MCA Architects, Ningbo, China, 2008. Dettaglio tecnologico della facciata doppia pelle. L'involucro dell'edificio è stato progettato per favorire il più possibile lo sfruttamento della luce naturale, riducendo al contempo fenomeni di abbagliamento e il guadagno solare nei mesi più caldi.

CSET, Centre for Sustainable Energy Technologies MCA Architects, Ningbo, China, 2008. Dettaglio della facciata doppia pelle. L'analisi del clima locale ha guidato il processo progettuale, per ridurre al minimo la domanda di energia per il riscaldamento invernale, il raffrescamento estivo e per favorire la ventilazione naturale degli ambienti durante le stagioni intermedie. Per questo motivo, oltre all'elevata coibentazione e tenuta all'aria dell'involucro, sono state adottate strutture massive, caratterizzate da un'alta capacità termica e una double skin facade sul fronte sud. Foto: ©Daniele Domenicali.



Sistema di schermatura solare	Colore	Coefficiente di riduzione di energia (Fc)
Sistema di schermatura esterno	Chiaro	0,13-0,20
Sistema di schermatura esterno	Scuro	0,20-0,30
Sistema di schermatura interno	Chiaro	0,45-0,55
Vetro riflettente	-	0,20-0,55

Tabella 1. Coefficiente di riduzione di energia rispetto ad un sistema di schermatura interno ed esterno. Da: Eicker U., Fuxa V., Bauer U., Mei L., Infield D., "Facades and summer performance of buildings", *Energy and Buildings* 40, 2008, 600-611.

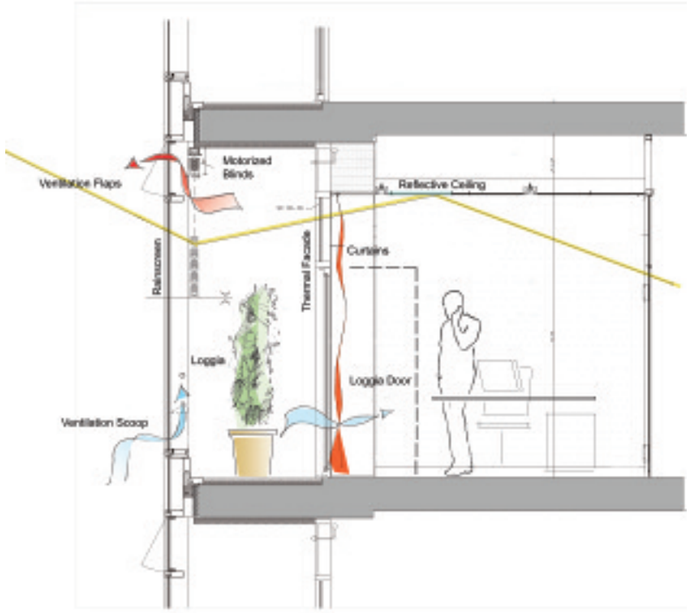
Comportamento termodinamico nei mesi estivi

In estate bisognerà invece ridurre la trasmissione termica verso l'interno attraverso l'adozione di opportuni sistemi di schermatura. Solitamente le schermature sono collocate all'interno della buffer zone, anche se la posizione migliore rimane sempre quella all'esterno della superficie trasparente, poiché solo in questo modo si riescono a evitare fenomeni di surriscaldamento dell'intercapedine dovuti alla riflessione della luce al suo interno, con conseguente incremento dell'effetto serra.

Un sistema di ombreggiamento collocato in modo casuale all'interno dello spazio tampone può, inoltre, ostacolare la ventilazione di questo volume proprio nei mesi in cui tale fenomeno è necessario per ridurre il carico termico verso la superficie interna, per questo bisogna avere cura di collocare le schermature

Nella pagina a fianco, in alto, la Solar Fabrik, di Rolf + Hotz freie Architekten BDA, Friburgo, 1999. Credits immagini: © Leonardo Boganini.

solari a un'opportuna distanza dalla pelle interna e in posizione decentrata rispetto alle bocchette per la ventilazione, e scegliere materiali di colori chiari per incrementare la riflessione della radiazione solare verso l'esterno.
Il dimensionamento in larghezza dell'intercapedine può essere realizzato, conformemente alle modalità d'impiego e alle prestazioni volute, senza particolari vincoli dimensionali.
La distanza tra la facciata esterna e interna dell'intercapedine può, pertanto, essere anche di dimensioni notevoli. All'aumento dello spessore dell'intercapedine corrisponde teoricamente una diminuzione della temperatura dell'aria, tuttavia la differenza è talmente minima da essere quasi del tutto trascurabile, rendendo ininfluente tale dimensione in riferimento alla dinamica dei flussi[3].
Alcune ricerche[4] dimostrano che l'adozione di doppie pelli trasparenti caratterizzate da ventilazione meccanica dell'intercapedine e dall'uso di vetri riflettenti per la pelle esterna, in climi caldi e caldo-umidi, contribuiscono a ridurre il fabbisogno energetico per il raffrescamento, poiché l'aria all'interno della buffer zone, se opportunamente movimentata, serve a diminuire la temperatura della superficie trasparente interna. Altri studi (Oesterle[5], Hamza[6] etc.) sottolineano, tuttavia, che avere una doppia facciata trasparente non riduce eccessivamente il fabbisogno energetico per il raffrescamento in aree geografiche con temperature estive molto elevate, se non in quei casi in cui si adottano opportuni sistemi di schermatura esterna o si scelgono superfici vetrate trattate con pellicole assorbenti e riflettenti che riducono il carico termico nell'intercapedine.
In zone climatiche temperate o calde, come la fascia mediterranea, è consigliabile adottare sistemi di facciata trasparente che garantiscano la possibilità di muovere la superficie di chiusura esterna, aprendo totalmente l'intercapedine, e sovrapponendo alla superficie interna un sistema di schermatura regolabile, al fine di poter controllare l'irraggiamento e conseguentemente il carico termico che grava sull'involucro dell'edificio, riducendo i consumi per la climatizzazione estiva.
Durante la stagione estiva, inoltre, la possibilità di aprire la pelle esterna garantisce di raffrescare l'edificio attraverso il night cooling (anche quando le condizioni atmosferiche esterne sono relativamente sfavorevoli), riducendo la temperatura degli ambienti confinati e, di conseguenza, determinando un ritardo nell'ora di accensione dell'impianto di climatizzazione durante le ore diurne.
Per ridurre i fenomeni di surriscaldamento si potranno adottare infine le seguenti strategie:
- utilizzare sistemi di deumidificazione naturale dell'aria in entrata nell'intercapedine, come delle vasche d'acqua collocate in prossimità delle bocchette d'ingresso dell'aria, per migliorare la qualità dell'aria interna;
- integrare in facciata tecnologie finalizzate alla trasformazione dell'energia solare in energia elettrica (pannelli fotovoltaici) ed energia termica (pannelli solari termici) che diventano ottimi sistemi di schermatura integrati nella pelle esterna.

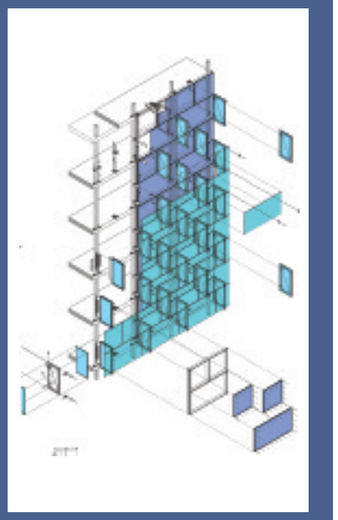


GENZYME CENTER CAMBRIDGE, MA, USA, 2004, Behnisch, Behnisch & Partner, Inc.
Il 70% dell'involucro è costituito da una facciata doppia pelle in vetro del tipo a corridoio, la restante parte è risolta con tamponamento opaco. L'edificio è gestito da un sistema di controllo informatizzato ed è dotato di un manuale d'uso per gli utenti che in questo modo sono educati al risparmio energetico.

	U (W/m^2K)	Coefficiente Solare (SC)	g	Spessore (mm)	Trasmissione (%)	Riflessione (%)	Assorbimento (%)
Proprietà del vetro esterno							
Vetro pulito	5.6	0.85	0.87	10	73	7	20
Superficie colorata di verde	5.6	0.59	0.51	10	35	5	60
Vetro riflettente blu	5.6	0.27	0.42	10	21	12	67
Proprietà del vetro interno							
Vetro pulito	5.6	0.95	0.82	6	79	7	14
Vetro singolo							
Vetro pulito	5.6	0.95	0.82	6	79	7	14
Vetro riflettente	5.6	0.60	0.47	6	37	5	58

Tabella 2. Caratteristiche dei vetri della superficie esterna di una facciata doppia pelle. Da: Hamza N., "Double versus single skin facades in hot arid areas", *Energy and Buildings* 40 (2008) 240-248.

Distrito C, Telefónica's Headquarters, MADRID, SPAGNA, 2008 Rafael de La-Hoz Architects. La facciata evanescente, scandita per tutta la superficie da un sistema di schermature a lamelle verticali, è caratterizzata dalla presenza di una doppia pelle realizzata con un nuovo tipo di vetro sviluppato proprio per questo edificio, che risulta trasparente dall'interno e opaco dall'esterno.



Isolamento acustico

La cavità che si trova tra le due pelli può essere considerata come un isolante acustico a differente potenzialità, sullo strato esterno e su quello interno, solo quando è chiusa. Capita spesso, infatti, che la pelle interna rifletta l'onda sonora dentro l'intercapedine trasmettendo con maggior definizione suoni ad alta frequenza, che sono percepiti dall'orecchio umano come un disturbo maggiore; questo determina l'aumento del disturbo in quanto lo strato intermedio si comporta come una cassa di risonanza. Risulta quindi facile osservare che le aperture per la ventilazione poste sulla facciata possono comportare problemi di natura acustica per l'edificio ed è necessario progettarle opportunamente per evitare che l'effetto di schermatura sonora dato dalla presenza dello strato esterno sia vanificato.

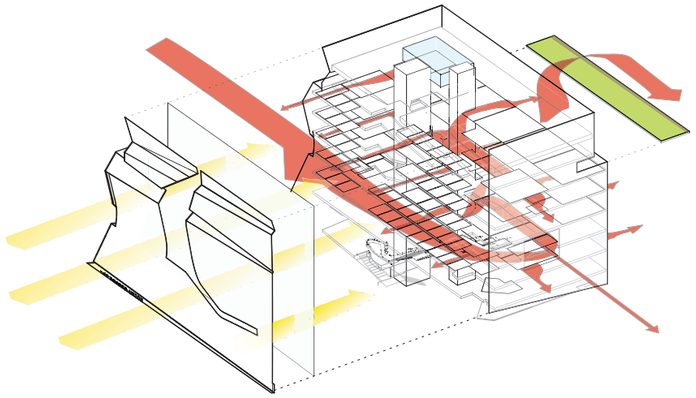
Conclusioni

I vantaggi delle doppie pelli trasparenti rispetto alle facciate continue in vetro tradizionali possono essere riassunti come segue:
- riduzione dei rischi di fessurazione e distacco (gli elementi sono assemblati in opera "a secco" senza l'ausilio di collanti);
- facilità di posa in opera;

• manutenzione e possibilità di intervento su ogni singola lastra;
• protezione dell'edificio dagli agenti atmosferici;
• eliminazione della condensa superficiale (la presenza dell'intercapedine d'aria favorisce il trasferimento all'esterno dell'eccesso di vapore acqueo prodotto all'interno);
• eliminazione dei ponti termici e conseguente risparmio energetico;
• riduzione delle dispersioni termiche nei mesi invernali e, dove previsti sistemi di schermatura adeguati, riduzione del carico termico nel periodo estivo.

Dobbiamo tuttavia ricordare anche alcune problematiche, di non irrilevante importanza, che possono essere causate dall'adozione di queste tipologie di facciata tra cui, ad esempio, problemi legati a una scarsa resistenza al fuoco, a causa della facilità con cui si propagano fumo e fiamme all'interno dell'intercapedine dedicata alla ventilazione. Per ovviare a questo problema, solitamente, i progettisti dotano il sistema di facciata di elementi divisori orizzontali all'altezza di ogni piano, capaci di confinare, per quanto possibile, il fumo prodotto da un incendio. I componenti vetrati, inoltre, hanno generalmente valori di trasmittanza termica notevolmente superiori a quelli delle pareti opache, per cui possono causare un incremento inaccettabile delle dispersioni di calore in inverno, a eccezione di quei casi in cui si adottino soluzioni con materiali innovativi quali TIM, PCM, vetri isolanti ecc. che possono rendere efficiente il sistema durante tutto l'arco dell'anno.

41 Cooper Square, New York, NY, USA, Morphosis Architects, 2009. L'edificio è caratterizzato dalla presenza di un'interessante sistema a doppia pelle che a una superficie interna in vetro sovrappone uno strato esterno realizzato con pannelli microforati in acciaio inox. All'interno il volume a tutta altezza collocato in corrispondenza delle scale, progettato come una piazza verticale, permette di ventilare e illuminare naturalmente tutti gli ambienti destinati all'attività didattica.

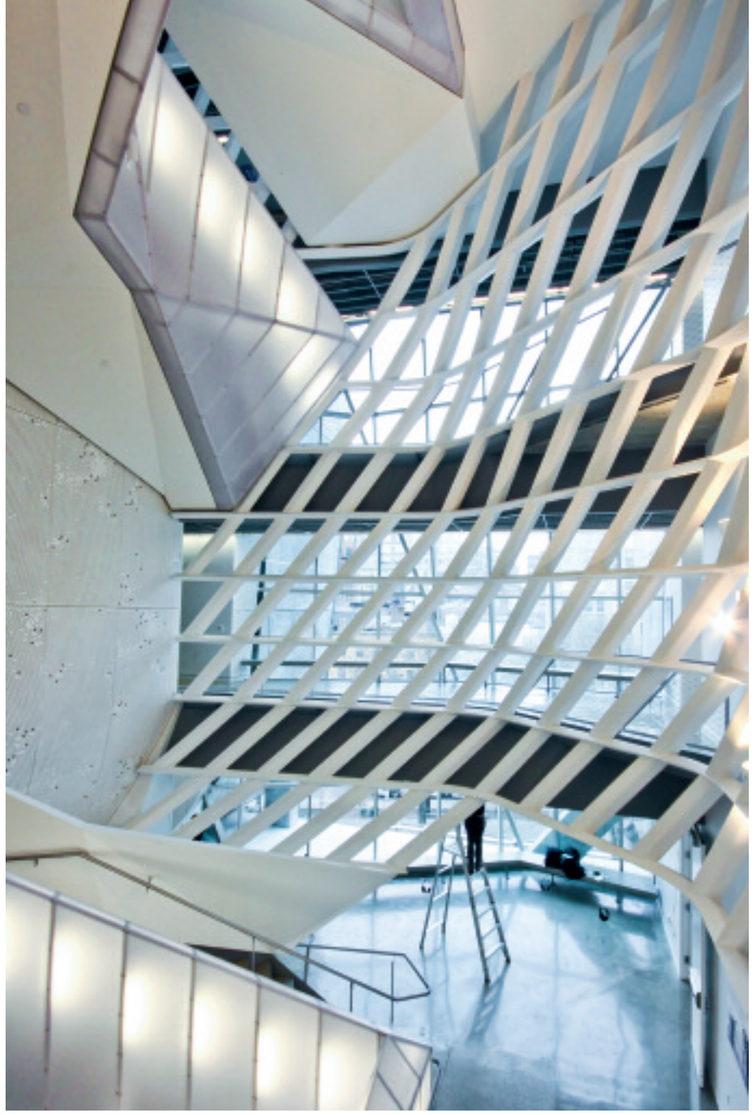


Note

1 - Questi due parametri dipendono da più fattori: parametri costruttivi della cavità e delle aperture; la differenza di pressione causata del vento sulla pelle dell'edificio; la differenza di pressione derivante dall'effetto camino; la differenza di pressione dovuta a sistemi meccanici di aspirazione.
2 - Esistono molteplici tipologie di ventilatori installabili all'interno dei sistemi di facciata doppia pelle: i più diffusi in commercio sono gli assiali e i centrifughi, che si distinguono in relazione del tipo di pale e alla direzione del flusso in uscita. Se devono servire un singolo ambiente, sono di dimensioni ridotte e sono provvisti di proprie griglie di protezione e supporti per l'ancoraggio; possono essere posizionati nella muratura, nei serramenti o nelle bocchette di aerazione. I ventilatori che si inseriscono nelle condutture necessitano di dimensioni e potenza maggiori poiché devono servire più ambienti contemporaneamente e vincere le forze di attrito distribuite lungo l'intero circuito. La procedura per il dimensionamento è analoga a quella che si usa nel condizionamento meccanico. Si può raggiungere una resa ottimale del sistema facciata dotando l'impianto di sensori che regolino automaticamente la funzione meccanica e l'apporto fornito dai ventilatori in virtù della portata e della temperatura dell'aria presente nell'intercapedine. Da: Romano R., *Smart Skin Envelope: sistemi di involucro "intelligente". Integrazione architettonica di tecnologie dinamiche e innovative per il risparmio energetico*, Firenze University Press, Firenze 2011.
3 - Aliotti E., Bianchi L., Rigone P., *Le facciate a doppia pelle*, Quadra tecnica 8/98.
4 - Haase M., Amato A., "Ventilated façade design in hot and humid climate", *PLEA2006 - The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006.
5 - Oesterle L., Lutz H., *Double-Skin facades: integrated planning*, Prestel, Munich - London - New York, 2001.
6 - Hamza N., "Double versus single skin facades in hot arid areas", *Energy and Buildings* 40, 2008.

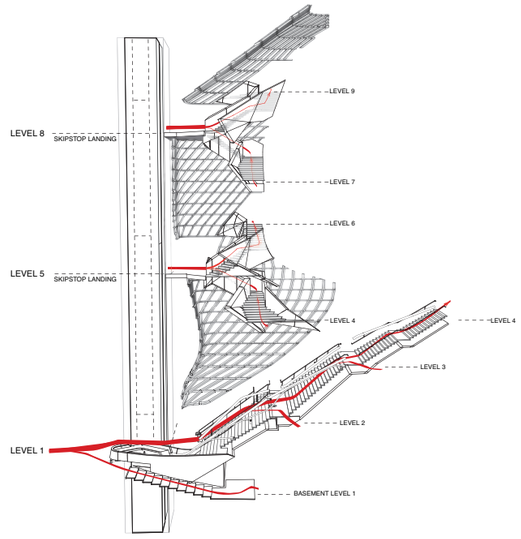
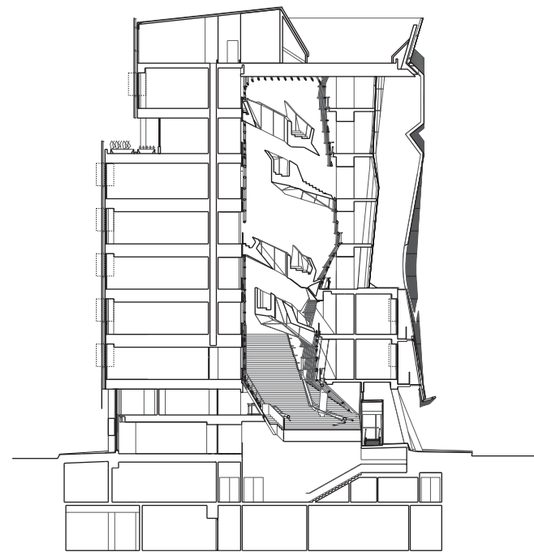
Tipo di facciata	Composizione della facciata	Isolamento acustico
Facciata a tutta altezza con buffer zone ventilata meccanicamente	Interno: vetro singolo 6,00 mm Cavità d'aria: 125,00 mm Esterno: doppio vetro 6/12/8	43 dB
Facciata box windows con sistema di ventilazione meccanica	Interno: vetro singolo 7,00 mm Cavità d'aria: 70,00 mm Esterno: doppio vetro 6/12/8	47 dB
Facciata multy-storey con sistema di ventilazione naturale dell'intercapedine	Interno: doppio vetro 6/12/8 Cavità d'aria: 700,00 mm Esterno: doppio vetro 6/12/8	53 dB

Tabella 3. Valori di isolamento acustico per tre tipi di facciata doppia pelle. Da: Loncour X., Wouters P., Flamant G., Blasco M.S., *Impact of double ventilated facades in buildings*, BBRI, 2004.



41 Cooper Square, New York, NY, USA, Morphosis Architects, 2009. A sinistra, immagine interna della facciata. La doppia pelle, caratterizzata dalla superficie esterna in acciaio inox, garantisce: il controllo della radiazione solare, riducendo i fenomeni di abbagliamento negli spazi interni, e l'incremento delle prestazioni energetiche dell'involucro, evitando fenomeni di surriscaldamento estivi. Credits immagine: ©Scott Norsworthy.

In basso, a sinistra, immagine esterna della facciata. Credits immagine: © Filippo Ferraris



41 Cooper Square, New York, NY, USA, Morphosis Architects, 2009. Nei due disegni, dettagli tecnologici dell'atrio e della facciata.