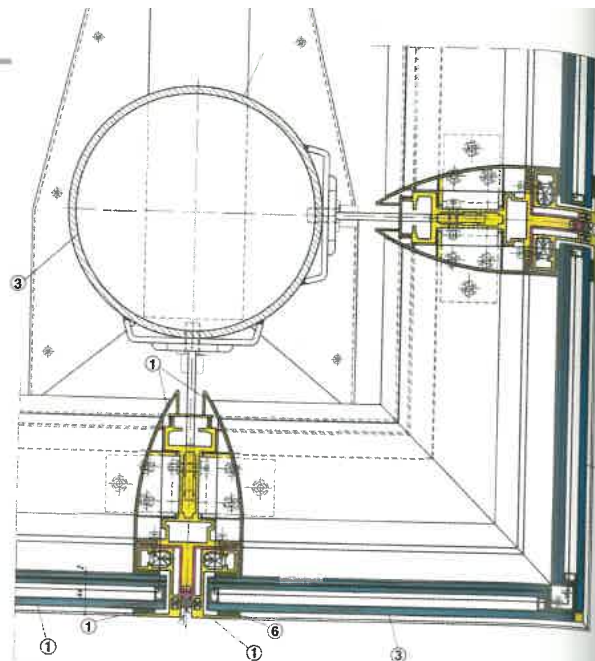


# Vetri e ancoraggi

Dal classico telaio "montanti e traversi" delle facciate continue, ai fissaggi puntiformi, al patch fitting, ai fissaggi strutturali in vetro

Fabio Conato, Simona Cinti, Marco Mazzi



I grande fascino del vetro è nella sua capacità di essere attraversato dalle onde elettromagnetiche, scomponendole nei singoli elementi luce e calore, ognuno dei quali può essere lasciato passare, assorbito o riflesso in misura variabile. Con l'avvento del sistema float, introdotto nel 1959 dalla Pilkington, è iniziato il percorso di messa a punto, all'interno del ciclo produttivo, di una serie di espedienti mirati al controllo delle caratteristiche ottiche, del fattore solare, dell'effetto-serra e delle proprietà termiche delle lastre vetrate. Per aumentare le prestazioni delle lastre è risultato necessario, in prima istanza, agire sulla capacità di riflessione e sulla presenza di intercedini.

Ai più grossolani cristalli pirolitici si sono poi affiancati cristalli magnetronici selettivi o basso-emissivi, che, attraverso l'applicazione per polverizzazione catodica in campo elettromagnetico e sotto-vuoto di ossidi metallici selezionati, sono in grado di determinare analiticamente la quantità e la qualità della riflessione energetica.

L'innovazione tecnologica relativa al vetro tende a portare il controllo di detti parametri a livelli estremi, non limitandosi al traguardo di ottenere lastre con requisiti propri assai elevati, ma spingendosi oltre, fino a fare interagire il materiale con l'elettronica e l'informatica, allo scopo di poterne governare i livelli di prestazione in misura variabile a seconda della stagione, dell'orientamento, dell'ora del giorno o delle singole esigenze dell'utenza.

Tale circostanza potrà determinare da un lato la possibilità di decidere analiticamente, anche



Sezione orizzontale, dettaglio e vista interna del sistema portante di facciata in acciaio e alluminio prodotto dalla Focchi per il prospetto nord del Marks & Spencer Store di Manchester (progetto G. Elliot, G. Couser).

minuto per minuto, il livello di trasparenza o di opacità alle diverse frequenze dello spettro, portando all'estremo i requisiti di selettività già oggi assai elevati, dall'altro consentirà applicazioni sempre più vaste, allargate ad aree climatiche per le quali la trasparenza comporta da sempre fattori collaterali di forte criticità.

Unitamente al progresso del materiale, si assiste ad un moltiplicarsi di sforzi mirati alla messa a punto di sistemi di supporto e montaggio sempre più sofisticati.

Il percorso evolutivo verso la "smaterializzazione" dell'involucro architettonico continua quindi attraverso sperimentazioni di carattere tecnologico e costruttivo a produrre risultati sorprendenti.

Una delle conseguenze principali di tale processo è la sempre maggior diffusione della cosiddetta architettura della trasparenza, la cui onda lunga interessa di fatto l'intero campo delle costruzioni; la sua evoluzione ha determinato negli ultimi decenni una progressiva riduzione dell'ossatura portante dei sistemi di facciata, sviluppando continuamente tecnologie innovative destinate al supporto delle lastre di vetro, dai sistemi lineari di fissaggio ai sistemi puntuali, fino a sfruttare la capacità portante del vetro stesso per sostenere l'intero involucro.

Le potenzialità offerte da questi sistemi di facciata aprono il campo a nuove connessioni con altre tecnologie, dai sistemi di oscuramento e deviazione dei raggi luminosi (frangisole), all'impiantistica per la climatizzazione degli edifici, alle tecniche per il recupero dell'energia solare (fotovoltaico, condotti di luce) fino ad arrivare alla definizione di involucri attivi capaci di modificare le proprie prestazioni al variare delle condizioni climatiche esterne (facciate a doppia pelle). Dall'analisi dei prodotti presenti sul mercato si può però notare come l'introduzione di vetri e sistemi di supporto innovativi non abbia come conseguenza diretta l'abolizione di sistemi meno avanzati. L'effetto è piuttosto quello di indurre un perfezionamento sulle tecnologie precedenti, abbassandone talvolta i prezzi. E' così che oggi sul mercato troviamo una vasta gamma di tecnologie, con caratteristiche assai diverse ed i cui prezzi differenti li rendono applicabili a diversi livelli di intervento. Tale fenomeno si traduce inoltre in una crescente affidabilità di sistemi cosiddetti 'tradizionali', caratteristica che spesso difetta in quelli più nuovi. Nel panorama della produzione edilizia

Nel precedente numero è stato pubblicato, dagli stessi autori, l'articolo sulle tipologie di facciata e i principi di funzionamento.

Nei prossimi numeri: criteri di controllo delle prestazioni dell'involucro vetrato; pareti non verticali, coperture, involucri speciali.

## Sistemi di facciata

### Orizzonti e confini

#### Vetro: la chiave di volta

Dai sistemi float, ai cristalli pirolitici, ai cristalli magnetronici selettivi o basso emissivi.

#### Supporto e fissaggio

Dalle facciate continue, alle strutturali e alle appese; dalle strutture a telaio, alle tensostrutture, agli elementi strutturali in vetro: verso la smaterializzazione dell'involucro.

#### Integrazione delle tecnologie

Per oscurare e deviare i raggi luminosi, i sistemi frangisole.

Per climatizzare e recuperare energia solare, il fotovoltaico.

Per aumentare le prestazioni dell'involucro in funzione del clima, le facciate a doppia pelle.

#### Mercato

L'innovazione perfeziona i sistemi meno avanzati senza eliminarli. Il risultato è una gamma di tecnologie e prezzi adatta a soddisfare le esigenze architettoniche e prestazionali dei progettisti.

delle facciate in vetro si possono definire diverse tipologie, correntemente utilizzate, classificabili sia in funzione dei principi statici che regolano le tecnologie di supporto e ancoraggio dell'intera facciata rispetto all'edificio sia in funzione dei sistemi ed elementi di fissaggio della singola lastra di vetro al supporto stesso; il risultato di tali, variabili tecnologiche corrisponde alla odierna produzione edilizia, caratterizzata da infinite soluzioni costruttive realizzabili in funzione di scelte architettoniche e prestazionali compiute dal progettista.

#### Tipologie di sistemi di ancoraggio delle lastre in vetro

Operando una classificazione dei sistemi di ancoraggio delle lastre in vetro, si individuano le seguenti tipologie:

##### Facciate continue

In questa tipologia di facciata, sviluppatasi durante gli anni '50 ma ancora oggi largamente diffusa nell'edilizia corrente sia con soluzioni tradizionali che con sistemi evoluti (caratterizzati comunque dai medesimi principi costruttivi),

le lastre in vetro vengono fissate ad un telaio metallico, definito a "montanti e traversi"; quest'ultimo si lega o alla struttura portante dell'edificio o ad una ulteriore struttura indipendente atta a sostenere la facciata stessa. Il telaio che regge le lastre, in alluminio o acciaio, dotato di taglio termico per ridurre la dispersione di calore attraverso l'infisso, risulta generalmente visibile sulla superficie esterna della facciata, con variazioni che dipendono dalle caratteristiche dimensionali e tecnologiche dello stesso. Gli attuali sistemi di supporto di facciate continue presentano infatti soluzioni geometriche particolari, determinate in fase progettuale, in funzione delle scelte architettoniche e costruttive di volta in volta operate.

Questo sistema, caratterizzato dalla modularità degli elementi di supporto, costituisce uno dei primi esempi di prefabbricazione nella costruzione di edifici moderni. I vantaggi di tale tecnologia derivano principalmente da questo aspetto, favorendo, per la velocità di esecuzione, le fasi di montaggio della facciata stessa e per la elevata standardizzazione del prodotto, i costi di costruzione.

Tra gli inconvenienti principali, ormai superati dai moderni sistemi di fissaggio, vi sono gli aspetti legati alla tensione prodotta dai movimenti, sia delle lastre stesse che della struttura di supporto, dovuti principalmente alle escursioni termiche; nel caso in cui, inoltre, tale struttura venga fissata direttamente all'ossatura portante dell'edificio, vanno considerati anche i movimenti di quest'ultima causati sia dalle variazioni di temperatura che dal carico dei



Modello e applicazione della facciata continua in alluminio realizzata dalla Focchi per l'ingresso est del Marks & Spencer Store di Manchester (progetto G. Elliot, G. Couser).

solai.

La resistenza alle infiltrazioni d'acqua nella facciata è affidata alle capacità impermeabili dei sigillanti e delle guarnizioni che, fortemente sollecitati dai movimenti delle lastre, rischiano di perdere col tempo le loro prestazioni iniziali.

#### Facciate strutturali

Le prime soluzioni di involucro con vetrate strutturali risalgono ai primi anni '80 con le cosiddette "VEC" (Vitrage Extérieur Collé). In questa tipologia di vetrate le lastre vengono incollate ad un telaio metallico di supporto per mezzo di silicone strutturale; a questo materiale è affidata la funzione di trasferire, attraverso una soluzione di vincolo elastico, il carico costituito dal peso delle lastre di vetro direttamente alla struttura portante della facciata, in alluminio o acciaio. Tale struttura può essere direttamente fissata al telaio dell'edificio (solette e/o pilastri) o costituire un elemento autonomo da esso indipendente.

Tra le caratteristiche di questa soluzione di fac-

#### Sistemi di ancoraggio dell'involucro esterno

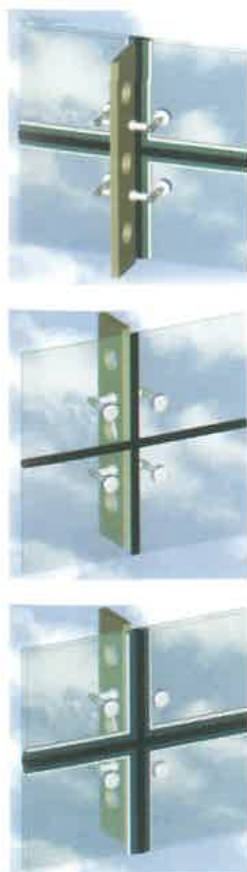
Tipologia	Sistema	Rapporto con l'edificio	Ancoraggio	Aspetto (dall'esterno)
Facciate continue	•Telaio metallico a montanti e traversi in vista	• Collegato • Su struttura autonoma	•Meccanico	•Visibile
Facciate strutturali (VEC)	•Telaio occultato, fissaggio delle lastre con silicone strutturale	• Collegato • Su struttura autonoma	•Meccanico	•Non visibile (con vetri riflettenti)
Facciate strutturali (Fissaggi puntiformi)	•Moduli vetrati connessi con silicone strutturale	• Collegato • Su struttura autonoma	•Meccanico (staffe di raccordo)	•Effetto vetrata sospesa
Facciate appese (Patch Fittings)	•Lastre in vetro appese	•Al telaio portante dell'edificio dal bordo superiore del piano attico)	•Meccanico (piastra metallica in vista)	•Effetto vetrata sospesa
Facciate appese (Fissaggi puntuali)	•Lastre in vetro appese	• Collegato • Con telaio di supporto	•Meccanico (ancoraggio puntuale in vista)	•Effetto vetrata sospesa
Facciate appese (Sistema RFR)	•Lastre in vetro appese con "rotule di sostegno	• Collegato • Con telaio di supporto rali in vetro	•Meccanico (supporti a ragno o a stella)	•Effetto vetrata sospesa

Sistemi a confronto						
Tipologia	Requisiti e prestazioni					
	Facilità di installazione	Manutenibilità	Affidabilità e tenuta	Riduzione ponti termici	Grado illuminazione interna	Economicità
Facciate continue	●●●	●●●	●	●	●	●●●
Facciate strutturali (VEC)	●●	●	●●	●●●	●	●●
Facciate strutturali (Fissaggi puntiformi)	●●	●	●●	●●	●●●	●
Facciate appese (Patch Fittings)	●	●	●	●●	●●●	●
Facciate appese (Fissaggi puntuali)	●	●	●	●●	●●●	●
Facciate appese (Sistema RFR)	●	●	●●●	●●●	●●●	●

#### Legenda

- buono
- medio
- scarso

Sistema di fissaggio puntuale Star Alpha prodotto dalla Lorenzon, con blocco di fissaggio a canotto regolabile in acciaio inox e raccordi alla struttura secondaria dotati di snodo sferico.



ciata si individuano principalmente due aspetti che le rendono differenti rispetto alle precedenti soluzioni e che possono essere considerati quali prerogative positive: il primo è di ordine architettonico, caratterizzato dalla definizione di una superficie esterna senza soluzione di continuità, dove il telaio metallico, non più direttamente visibile, si trova nel retro della facciata; il secondo è invece, di ordine tecnologico, legato alla presenza del silicone strutturale quale elemento di collegamento e supporto atto ad evitare sia la formazione di tensioni tra le lastre e il telaio metallico (assorbite direttamente dal silicone strutturale) sia a migliorare le prestazioni termiche della facciata attraverso la riduzione dei ponti termici.

Occorre inoltre chiarire che in questo tipo di facciata, l'assenza del reticolo di supporto è solo apparente, in quanto mascherata dalla cortina vetrata esterna, che per non svelarne la presenza agli occhi dell'osservatore deve essere di tipo riflettente.

In genere questa soluzione non presenta aperture, se non in rari casi, con evidenti svantaggi sia nelle operazioni di manutenzione, necessariamente operate dall'esterno, sia per i possibili disagi di tipo psicologico che provoca, imponendo l'uso di sistemi di climatizzazione e ventilazione meccanici.

I costi relativi a questa tipologia di facciate risultano superiori ai precedenti a causa della maggiore complessità del sistema di involucro che rende maggiormente critiche sia la fase di realizzazione che quella di manutenzione.

#### Facciate strutturali con fissaggi puntiformi

L'evoluzione dei precedenti sistemi di fissaggio ha interessato lo studio di elementi di connessione puntuale e il brevetto per il sistema Planar dalla Pilkington risulta essere il primo esempio di tali applicazioni.

Questo sistema prevede che i moduli costituenti la vetrata siano direttamente vincolati, mediante singole staffe di raccordo e non telai continui di supporto, ad una struttura principale. Tale struttura può coincidere con il telaio dell'edificio (solette in c.a., travi o pilastri) o con un ulteriore sistema di supporto vincolato od indipendente da esso. La lastra di vetro risulta quindi distanziata e sostenuta, tramite una speciale articolazione puntiforme dotata di giunto di fissaggio realizzato con silicone strutturale, dalla struttura di supporto retrostante in un sistema che può ritenersi precursore della successiva vetrata completamente sospesa.

Con questa soluzione di facciata, grazie all'eliminazione del telaio continuo di supporto e l'inserimento di elementi di ridotte dimensioni, si raggiungono nuovi livelli di trasparenza, permettendo la sostituzione delle lastre in vetro riflettente con semplici lastre in vetro float chiaro ed aumentando, di conseguenza, le prestazioni dell'involucro connesse ai livelli di illuminazione interna.

L'uso del silicone strutturale per l'adesione delle lastre e l'estrema semplicità nei vincoli di ancoraggio rendono tali facciate completamente fisse, imponendo l'adozione di puntuali ed antieconomiche soluzioni costruttive, da pro-

gettare e realizzare ad hoc, per introdurre porzioni apribili. Di conseguenza, le operazioni di manutenzione devono essere predisposte all'esterno dell'involucro, con evidenti disagi di tipo economico dovuti alla necessità di operare in condizioni disagiate, a meno della predisposizione, in fase di costruzione, soprattutto per le facciate di notevole superficie ed altezza, di dispositivi meccanici per il raggiungimento da parte di un addetto di tutta l'estensione della facciata.

• *Facciate appese*

Con questo termine è indicata una superficie vetrata appesa lungo il bordo superiore, quindi sottoposta unicamente al peso proprio e della lastra oltre alle sollecitazioni dovute alle spinte orizzontali generate dal vento che vengono assorbite limitando al massimo le sollecitazioni di flessione.

Le prime applicazioni risalgono agli anni '60 ma le soluzioni tecnicamente valide possono essere considerate solamente quelle prodotte a partire dal decennio successivo.

Queste tipologie di facciata si possono suddividere in funzione delle caratteristiche meccaniche di fissaggio delle lastre alla struttura portante in:

\* *Sistema patch fittings o patch plate*: viene introdotto nei primi anni settanta dalla Pilkington. Partendo dal piano attico le lastre in vetro vengono appese al bordo superiore del telaio portante della facciata attraverso una piastra metallica con contropiastra e fissate tramite bullonatura (passante nei fori praticati sul vetro stesso); le lastre successive, fino a coprire l'intera superficie della facciata, appesa solo a livello della copertura, si legano, con il medesimo sistema, le une alle altre lungo i bordi superiore e inferiore. Questo sistema è stato ormai superato dai sistemi più evoluti di fissaggio, elevando il livello di prefabbricazione e gli standard prestazionali legati alla realizzazione, gestione e manutenzione dell'involucro stesso;

\* *Fissaggi puntuali* (sistema "planar" della Pilkington); costituiscono l'elaborazione successiva del sistema patch fittings; le singole lastre vengono sospese, attraverso puntuali elementi metallici, alla struttura portante dell'edificio (ad ogni soletta di interpiano) o ad un telaio di supporto della facciata; i limiti di questo sistema, come nella soluzione precedente, sono rappresentati dal giunto di connessione (con o senza foratura) tra le lastre, dove si raccolgono note-



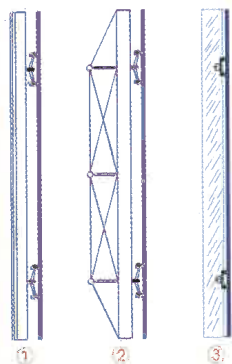
*Facciata strutturale appesa con fissaggi puntuali realizzata dalla Frener & Reifer per il palazzo Doppel-xx di Amburgo (prog. Richter Teherani).*

voli concentrazioni di carico, con evidenti tensioni flessionali, e sforzi di torsione dovuti alla deformazione della struttura portante (sia di facciate che dell'edificio);

\* *Fissaggi puntuali articolati (sistema RFR)*: si differenziano dai precedenti sistemi per la presenza di articolazioni, dette "rotule", che adempiono alla funzione di sostegno della lastra vetrata e di trasferimento, fuori dal piano della stessa, degli effetti flessionali dovuti ad agenti esterni; quest'ultima caratteristica è ottenuta dalla tecnologia e geometria del giunto stesso, realizzato a testa sferica, e capace di ruotare di circa 10° rispetto al proprio asse; inoltre, la rotule, montata in vetrate isolanti, prevede la foratura della singola lastra interna, lasciando intatta quella esterna, consentendo una notevole diminuzione dei ponti termici.

L'elaborazione del precedente sistema di fissaggio è costituita dai cosiddetti supporti a "ragno" o "stella", con lo scopo di sostenere o unire, attraverso un unico elemento dotato di due o quattro bracci di acciaio o alluminio e collegati alle rotule, un altrettanto numero di lastre contigue; questi supporti, grazie alle caratteristiche meccaniche e fisiche degli elementi che li compongono, consentono movimenti, delle lastre e delle strutture portanti, dell'ordine di alcuni mm (generalmente +/- 4 mm) per compensare le eventuali tolleranze costruttive e le dilatazioni termiche.

In genere, le facciate appese con sistemi puntuali di fissaggio sono riconducibili, per costi,



Schemi generali di sistemi portanti di facciate in vetro con fissaggio puntuale della Faraone:  
part.1: montante in alluminio; part.2: montante in alluminio e tensostruttura; part.3: montante in vetro temprato.

aspetti prestazionali e operazioni manutentive, alle analoghe soluzioni precedentemente descritte e caratterizzate solamente da diversi principi statici di ancoraggio delle lastre; di conseguenza esse costituiscono semplicemente una evoluzione costruttiva che individua vantaggi legati alla maggiore integrabilità tra lastra e supporto (sia esso la parte portante dell'edificio o una struttura indipendente) con la conseguente riduzione delle tensioni che si possono sviluppare ed un aumento della affidabilità dell'intero sistema.

Dati i vincoli connessi al funzionamento statico e dinamico delle facciate, le proposte commerciali delle aziende, secondo logiche di produzione ormai industrializzate, comprendono soluzioni infinite, dall'ancoraggio delle lastre mediante foratura all'incollaggio chimico con silicone strutturale, modificando i sistemi di supporto (appese, strutturali, continue) attraverso connessioni articolate sempre diverse, caratterizzate anche da sistemi ibridi e che combinano insieme le diverse tecnologie sopra descritte.

Tali sistemi di facciata presentano problematiche legate ai possibili ponti termici nei punti di fissaggio tra le lastre (soprattutto nei caso di vetrate con lastre forate) e ai vincoli causati dalla mancanza di aperture che, nella maggior parte delle soluzioni, sono difficilmente realizzabili sulla superficie della facciata, con evidenti disagi nelle opere di manutenzione (da prevedere in fase progettuale con sistemi esterni all'involucro) e nel benessere psicologico interno all'edificio.

Comunque, in linea generale, la varietà delle soluzioni risponde sia ad esigenze costruttive ed estetiche che alla capacità di soddisfare istanze di tipo contestuale quali l'economicità dell'intervento, grazie all'elevato livello di prefabbricazione, elevate prestazioni, legate al benessere termo-acustico, e sicurezza.

Staffe, profili metallici, bielle di varie dimensioni e cavi vengono inoltre opportunamente con-

nessi tra loro per realizzare sia strutture di controventamento che vere e proprie strutture portanti di facciata completamente indipendenti dal telaio dell'edificio.

### Tecnologie strutturali dei sistemi portanti delle facciate

Le facciate in vetro precedentemente descritte possono essere fissate direttamente alla struttura portante dell'edificio, alle solette  $\sigma$ , nel caso di telai, alle travi e ai pilastri di acciaio o cemento armato. Con questa soluzione costruttiva l'involucro in vetro aderisce completamente al fabbricato. Altre soluzioni prevedono invece di sostenere la facciata attraverso un sistema di supporto ulteriore, collegato strutturalmente al telaio portante dell'edificio o da esso indipendente; i principi statici e costruttivi che ne regolano il funzionamento ne determinano il criterio di classificativo:

#### • Strutture portanti a telaio

Gli elementi di fissaggio delle facciate vengono collegati strutturalmente ad un telaio di supporto, costituito da montanti e traversi metallici travi reticolari, in acciaio o alluminio, che svolge la funzione di sostenere il peso della facciata stessa (lastre in vetro) e le sollecitazioni dovute al vento. Tale struttura può essere completamente indipendente da quella dell'edificio, trasmettendo direttamente al terreno i carichi, o ad esso collegata, con soluzioni statiche diverse; all'ossatura portante del fabbricato può infatti essere assegnata la funzione di controventamento e irrigidimento, attraverso opportune connessioni ancorate generalmente ad ogni livello di interpiano; in alternativa, tale struttura può sostenere completamente o parzialmente l'intera facciata, compreso il telaio di supporto, attraverso soluzioni puntuali di collegamento o sistemi appesi. Soluzioni innovative prevedono addirittura telai lignei, anche opportunamente rinforzati da anime interne od esterne metalliche, ai quali vengono direttamente fissati gli elementi di supporto delle lastre in vetro.

Le soluzioni formali risultano infinite, dove le variabili sono rappresentate dai materiali, dalle finiture superficiali e da tipologie geometriche diverse, realizzabili grazie alle potenzialità commerciali dell'industria, oggi in grado di fornire sia prodotti standardizzati che prodotti fabbricati secondo il disegno del progettista.

In generale si tratta di strutture modulari, il cui livello di prefabbricazione, dipendente da scelte

Strutture di supporto			
Tipologia	Sistema costruttivo	Materiali	Rapporto con l'edificio
A telaio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montanti e traversi</li> <li>• Travi reticolari o altri sistemi complessi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acciaio</li> <li>• Alluminio</li> <li>• Legno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su struttura autonoma</li> <li>• Collegato</li> </ul>
Tensostrutture	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Telaio a funi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acciaio al carbonio</li> <li>• Acciaio inox</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Collegato</li> </ul>
Elementi strutturali in vetro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montanti appesi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vetro stratificato</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Collegato</li> </ul>

tecnologiche ed architettoniche, influisce notevolmente sui costi di costruzione.

#### • *Tensostrutture*

Queste soluzioni utilizzano, per sorreggere il peso delle lastre in vetro, sistemi di telai realizzati con funi in acciaio; queste strutture leggere, caratterizzate da un ridotto rapporto tra peso proprio (funi) e peso portato (vetro) sono definite "tensostrutture"; il loro principio statico si fonda sulla esclusiva generazione di sforzi di trazione a cui vengono sottoposte le funi in acciaio, normale e inox. Di conseguenza, ad un ridotto peso della struttura portante, corrisponde una elevata resistenza, consentendo di realizzare sistemi elastici in grado di sopportare sia i carichi prodotti dal peso delle lastre che le tensioni generate dalla spinta orizzontale del vento e dalle deformazioni del vetro (dovute agli sbalzi termici). Per il sostegno delle lastre vengono utilizzati sistemi puntuali articolati in quanto rappresentano gli elementi che meglio si adattano a queste strutture, date le loro caratteristiche fisiche e meccaniche. Le tensostrutture, dette anche "travi di funi", che sostengono la superficie vetrata possono essere collocate secondo direzioni verticali od orizzontali. nel primo caso, vengono fissate ad elementi portanti orizzontali, quali solette di interpiano o travi appositamente disposte; nel secondo invece, vengono collegate ad elementi portanti verticali, indipendenti o costituenti la struttura portante dell'edificio.



#### • *Elementi strutturali in vetro*

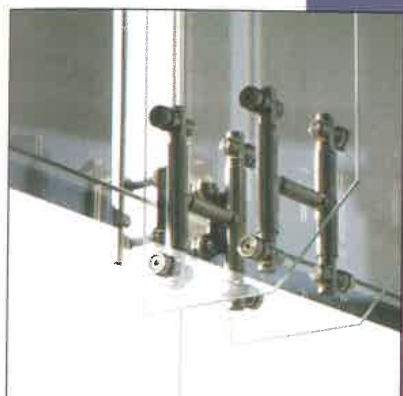
Nelle facciate di ultima generazione la struttura portante e, nel caso, quella di controventamento vengono realizzate con sottili montanti in vetro stratificato, che, appesi verticalmente ad un telaio sovrastante (trave o soletta) e posizionati perpendicolarmente al piano della superficie esterna dell'involucro, assolvono alla funzione statica di sostegno delle lastre; queste ultime vengono infatti appese ai montanti in vetro, attraverso connessioni puntuali realizzate con o senza foratura. Tali strutture risultano concretizzabili grazie all'uso del vetro stratificato, applicato secondo schemi statici che sottopongono le lastre sia dei montanti che dell'involucro a semplici sforzi di trazione.

La Sede della BMW Italia a San Donato Milanese, nei pressi di Milano, realizzata tra il 1997 e il 1998 da Kenzo Tange Associates, è un recente esempio di questa tecnologia.

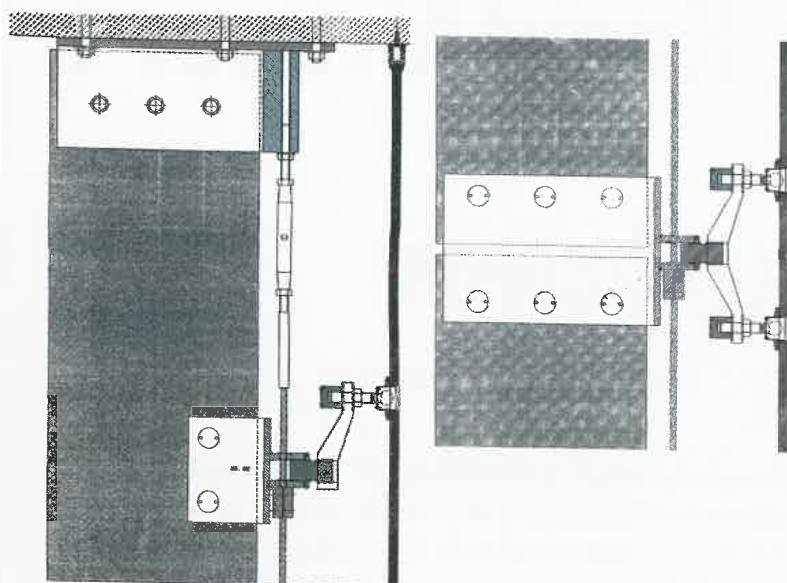
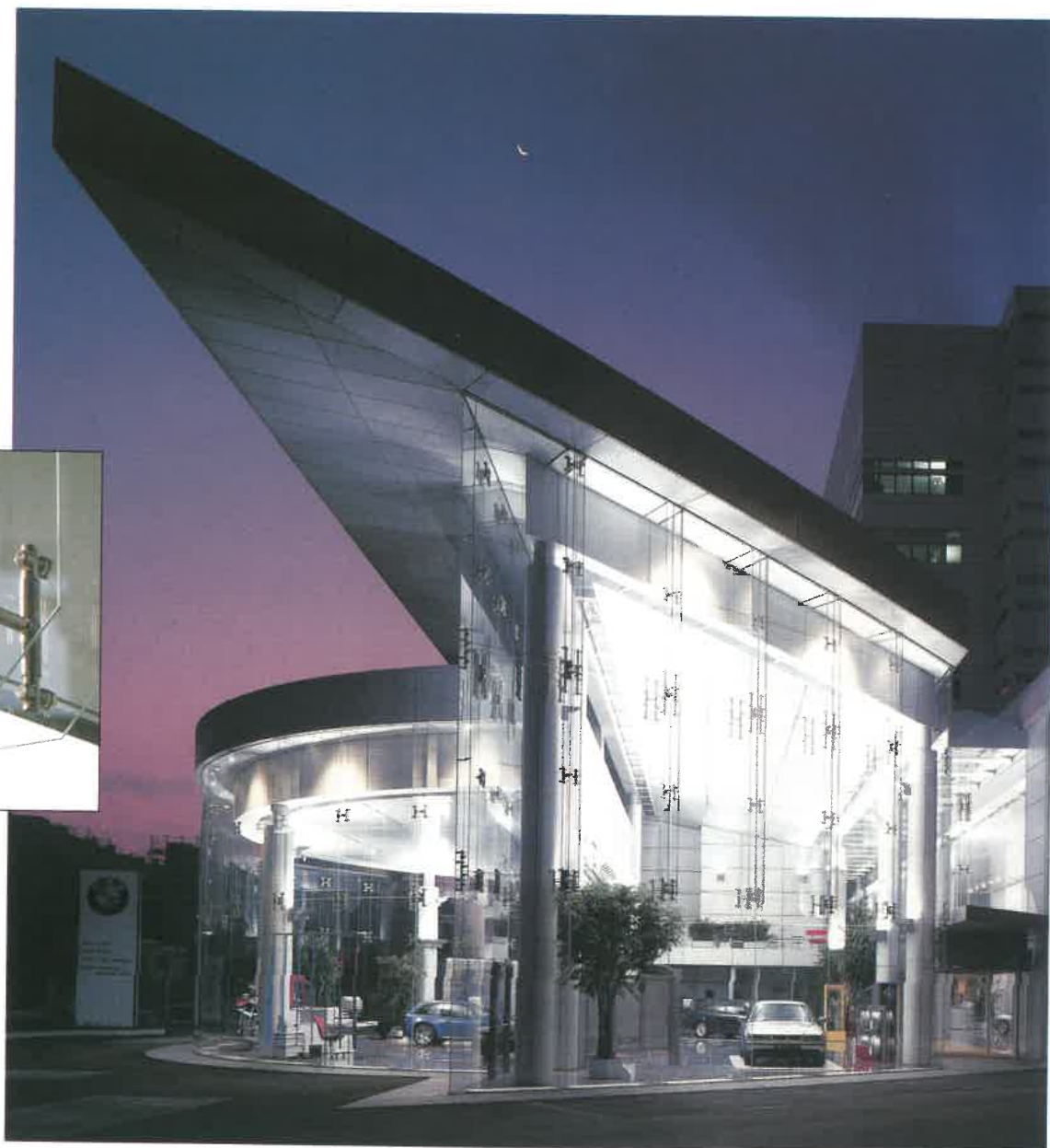
L'inserimento di facciate con elementi struttu-

*A sinistra, vista interna del sistema portante di facciata realizzato con tensostruttura e fissaggi puntuali delle lastre in vetro realizzato da Mero per il foyer della Sparkasse di Starnberg, Germania (progetto Rainer A. Koehler).*





*Prospetti esterni e nodo di dettaglio del sistema di fissaggio realizzato dalla Frener & Reifer per le facciate strutturali appese con montanti in vetro della sede BMW a San Donato Milanese (progetto Kenzo Tange).*



*Sezioni verticali di dettaglio dei sistemi portanti di facciata realizzati con montanti in vetro temprato e fissaggi puntuali delle lastre prodotti dalla Faraone.*

rali in vetro è interessanti anche nelle applicazioni per il recupero di edifici storici o in condizioni particolari del contesto d'inserimento, come nel caso della facciata realizzata dalla Pilkington per l'area d'ingresso dei Musei Vaticani a Roma. Per ogni tipologia di struttura, come per gli elementi di fissaggio, diviene fondamentale il momento della progettazione per l'individuazione dei requisiti che l'intero involucro deve offrire e la definizione delle caratteristiche dei materiali e dei componenti in termini di offerta di prestazioni della facciata. Tali operazioni risultano oggi attuabili grazie alle sinergie stabilite tra progettisti e aziende produttrici; queste ultime offrono infatti le loro conoscenze tecniche e, nel caso di sistemi particolarmente interessanti per livello di innovazione, la messa a punto di modelli di verifica in scala reale, per collaborare attivamente durante la fase di progettazione nella identificazione dei componenti e materiali adatti.