



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

FLORE

Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

INVOLUCRO. INTRODUZIONE

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

Original Citation:

INVOLUCRO. INTRODUZIONE / R. Romano. - STAMPA. - (2012), pp. 274-277.

Availability:

This version is available at: 2158/822761 since:

Publisher:

Proctor Edizioni s.p.a

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>)

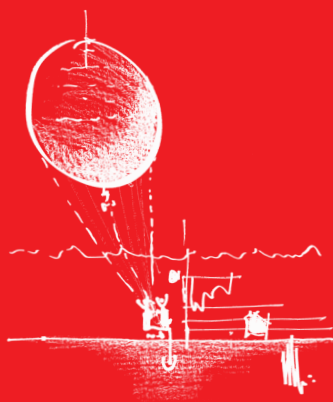
Publisher copyright claim:

(Article begins on next page)

Almanacco

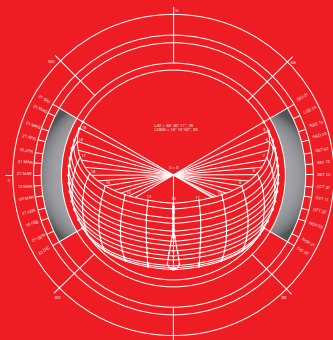
dell'Architetto

da un'idea di
Renzo Piano



Viaggi nell'architettura

Renzo Piano
con
Carlo Piano



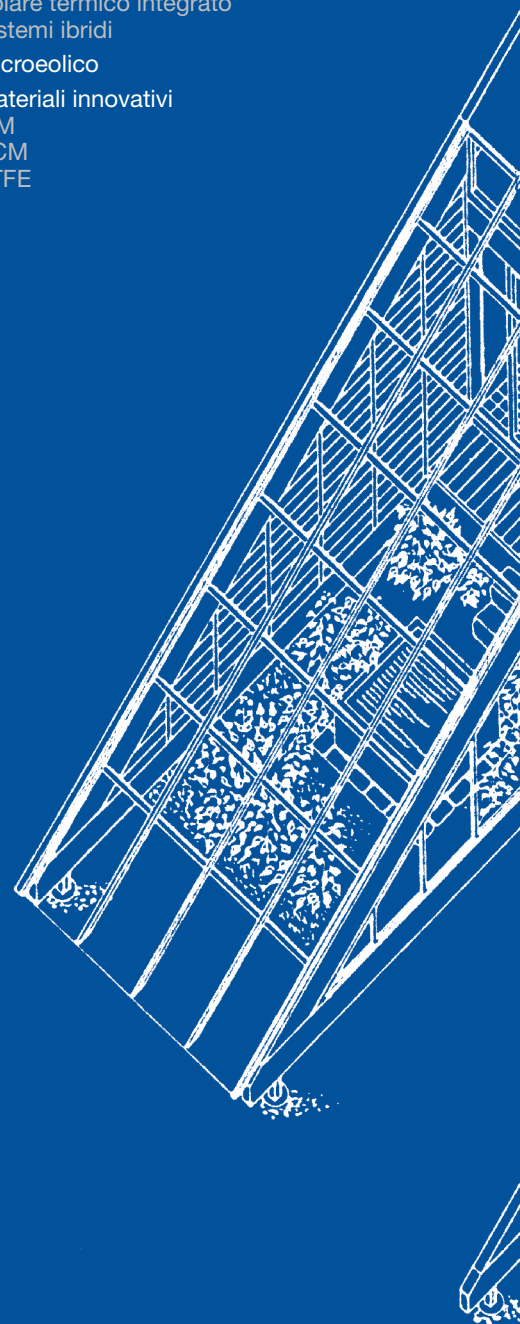
Costruire l'architettura

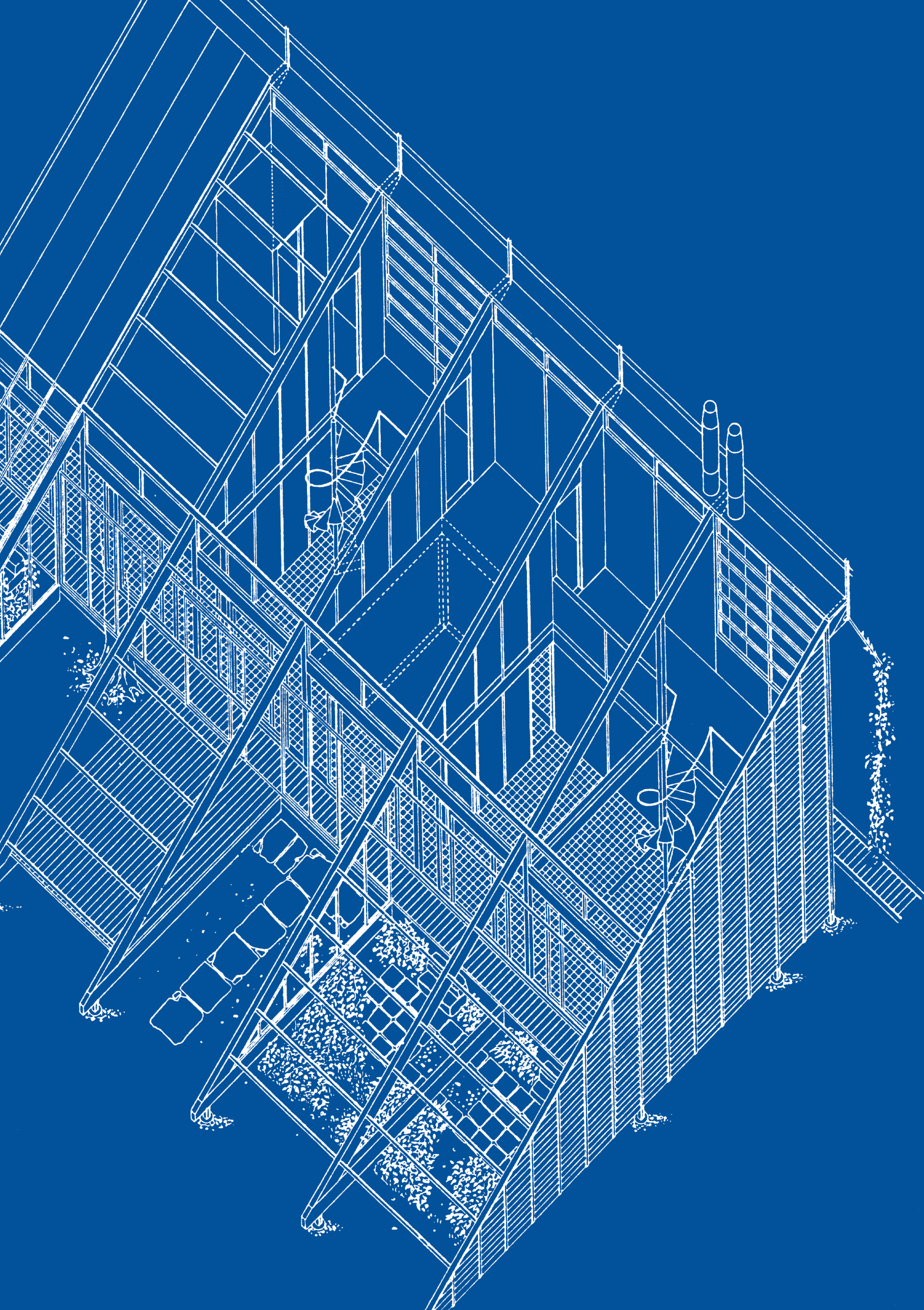
Federico Bucci
Federico Butera
Giovanni Calabresi
Fabio Casiroli
Lorenzo Jurina
Massimo Majowiecki
Gianni Ottolini
Marco Sala
Gianni Scudo

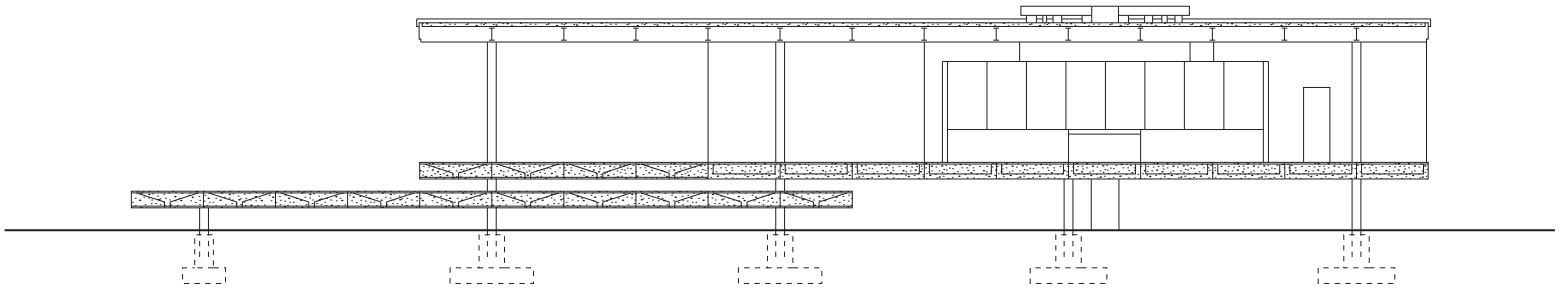
Involucro

a cura di Marco Sala

- 274 **Introduzione**
di Rosa Romano
- 278 **Involucro Trasparente**
- 278 **Infissi**
di Rosa Romano
- 278 Tipologie dei vetri
Vetro camera basso-emissivo
Vetro ad assorbimento solare
Vetro evacuato
Vetri elettrocromici
Vetri atermici
Vetri fotocromatici
Vetrocemento
- 284 Tipologie dei trattamenti
Vetri olografici
Vetri serigrafati
Vetri a cristalli liquidi
Superfici prismatiche
PMMA
Policarbonato
- 288 Tipologie di aperture
Finestre a doppia anta
Finestre a doppio telaio
Finestre oscilla battenti o a vasistas
Finestre ad ante basculanti
Finestre ad ante scorrevoli
- 292 Tipologie dei materiali di telaio
Legno
Acciaio
Alluminio
PVC
- 294 **Componenti di controllo solare**
di Rosa Romano e Milagros Villalta
- 294 Dispositivi di schermature esterne
- 294 Dispositivi di schermature interne
- 296 Schermature fisse
- 297 Schermature mobili
- 298 Schermature in metallo
- 300 Schermature in vetro
- 301 Schermature in cotto
- 302 Schermature in legno
- 304 Schermature vegetali
- 305 Protezioni solari non rigide
- 306 **Serre e giardini d'inverno**
di Rosa Romano
- 308 Serre a guadagno diretto
- 309 Serre a scambio convettivo
- 309 Serre a scambio radiante
- 310 Serre residenziali
- 312 Serre per il terziario
Serre addossate
Serre integrate
- 314 Tipologie a padiglione
- 316 Gallerie
- 318 **Finestre a tetto, lucernari**
di Marco Sala e Francesco Simoni
- 320 Lucernari a uso civile
- 322 Lucernari industriali
ed evacuatori di fumo a calore
- 324 Tunnel solari e inseguitori di luce
- 325 **Facciate vetrate continue**
di Rosa Romano
- 326 Facciate continue
Facciate composte o isolanti
Facciate strutturali
Facciate appese
- 332 Facciate vetrate a doppia pelle
Ventilazione naturale
Ventilazione meccanica
Ventilazione ibrida
Componenti di facciata dinamici
- 340 **Involucro Opaco**
- 340 **Pareti verticali portanti e non portanti**
di Marco Sala, Rosa Romano
e Francesco Simoni
- 342 Blocchi in laterizio a elevato isolamento
di Leonardo Boganini e Rosa Romano
Blocchi in laterizio armati
Blocchi in laterizio con isolante interno
Blocchi in laterizio rettificato alveolare
Blocchi in laterizio riempiti
- 346 Blocchi in calcestruzzo vibrocompresso
- 347 Pannelli strutturali in legno incrociato
- 348 Casseri isolanti a perdere
Casseri in fibra di legno
Casseri in polistirolo (tipo Nydion)
Casseri in polistirolo (tipo Bioisotherm)
Blocchi in legno cemento
- 352 Murature in terra cruda
Pisè stabilizzato
Torchis e bajereques (legno e terra)
Adobe (mattoni in terra cruda)
- 356 **Pareti verticali non portanti**
di Marco Sala e Francesco Simoni
- 356 Pareti in opera a diversi strati
Pareti con isolante interno
- 358 Sistemi a telaio metallico
- 360 Sistemi a telaio in legno
e pannelli di tamponamento
Telaio in legno e pannelli OSB
- 362 **Rivestimento esterno**
di Rosa Romano e Milagros Villalta
- 362 Pareti ventilate
- 364 Rivestimento con isolamento a cappotto
- 366 Rivestimenti in ceramica
- 368 Rivestimenti in laterizio
- 369 Rivestimenti metallici
- 370 Rivestimenti lapidei
- 372 Intonaci speciali
di Marco Sala e Leonardo Boganini
Intonaco ignifugo
Intonaco termoisolante
- 373 **Energie rinnovabili integrate nell'involucro**
di Lucia Ceccherini Nelli
- 374 Fotovoltaico
Monocristallino
Policristallino
Silicio amorfo - film sottile
Produzione per l'integrazione architettonica
- 377 Solare termico
Tipologie di collettori solari
Solare termico - tubi sottovuoto
Solare termico integrato
Sistemi ibridi
- 379 Microeolico
- 380 Materiali innovativi
TIM
PCM
ETFE







Per gli esseri umani la necessità di costruire artificialmente il proprio habitat è legata all'evoluzione antropologica del passaggio dallo stato di vita nomade a quello sedentario che ha comportato l'esigenza di delimitare fisicamente spazi costruiti distinti, per caratteristiche e condizioni fisiche, dagli spazi naturali esterni. Per creare questi luoghi artificiali nei quali condurre le attività primarie del vivere l'essere umano ha sviluppato sistemi e componenti di separazione sempre più complessi, capaci di garantire, in ogni istante, condizioni di vita mutevoli tra un ambiente e l'altro.

I luoghi costruiti si sono così evoluti nel tempo con una generale indifferenza alle condizioni climatiche esterne, potendo ricreare condizioni vitali dissimili da quelle dello spazio limitrofo. Questa caratteristica ha portato a un'artificializzazione degli stili di vita, associata a una minore adattabilità, imponendo un sistema di bisogni più complesso e diversificato.

Con il passare del tempo l'esigenza legata all'indipendenza tra spazio indoor e spazio outdoor si è progressivamente arricchita, con la conseguente necessità di elaborare tecnologie in grado di soddisfare classi di requisiti che vanno dal controllo degli agenti atmosferici alla rappresentatività della funzione sociale dell'edificio. Le architetture si sono, quindi, evolute nel tempo da semplice riparo dalle intemperie (pioggia, vento, sole, intrusione di persone o animali, freddo, caldo, ecc.) a elemento rappresentativo delle potenzialità della società stessa (grazie alle soluzioni formali e materiche adottate), e a sistema di regolazione del comfort interno (attraverso la quantità e la qualità dell'illuminazione, della ventilazione, del riscaldamento e del raffrescamento).

Nel Rinascimento, con il fiorire dell'Umanesimo e in parallelo con la progressiva rivalutazione dell'autonomia dello spirito individuale, la parete esterna viene enfatizzata fino a diventare una vera parete da esposizione.

Tale processo si accentua ancora di più in età barocca quando diventa usuale che le facciate rivolte verso le strade e le piazze si trasformino in grandi quinte scenografiche, finendo per svincolarsi quasi del tutto dall'organismo edilizio e rivaleggiando con le altre facciate esterne quanto a sovrabbondanza di forme e a impiego di materiali pregiati e mezzi artistici significativi. In questo caso, ciò che ha importanza decisiva per la facciata è, molto più degli aspetti tecnici o funzionali, il suo divenire un mezzo per ottenere un particolare effetto architettonico. La parete esterna diventa un supporto iconografico ornato di rilievi, sculture, pitture, mosaici e scritte, e gli elementi funzionali primari diventano tutti oggetto della più raffinata arte decorativa¹.



© Roland Habbe

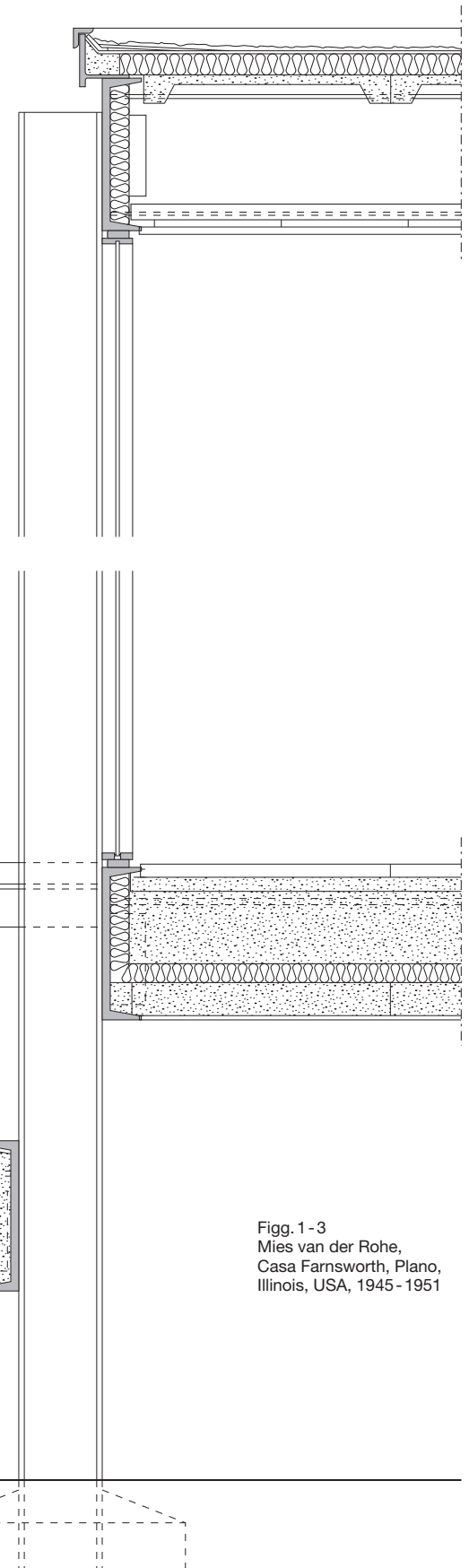


Fig. 1-3
Mies van der Rohe,
Casa Farnsworth, Plano,
Illinois, USA, 1945-1951

¹ T. Herzog, R. Krippner, W. Lang, Atlante delle facciate, Utet, Torino, 2005

Con l'affermarsi di modi di vita sempre più complessi, si adottano tipologie architettoniche più evolute in cui alle esigenze tecnologiche legate alla sicurezza degli utenti vengono coniugate nuove soluzioni inerenti il comfort indoor e la celebrazione estetica.

Si passa, come ricorda Federico Butera in 'Dalla caverna alla casa ecologica'², attraverso lo sviluppo di modelli dell'abitare sempre più complessi che in tempi recenti propongono soluzioni legate alla sostenibilità ambientale.

L'involucro architettonico ha quindi registrato una trasformazione strettamente legata all'evoluzione delle scoperte che hanno caratterizzato la specie umana nei secoli, evolvendosi in relazione all'uso dei materiali e alla possibilità di sfruttare le loro caratteristiche per garantire condizioni termoigrometriche adeguate all'interno degli spazi confinati.

Formalmente e fisicamente l'architettura si è evoluta dai modelli più semplici e minimalisti di insediamento, quali tende o grotte, a sistemi più complessi caratterizzati sino agli inizi dell'Ottocento da grandi masse murarie che in corrispondenza della rivoluzione industriale hanno perso consistenza a favore di involucri sempre più leggeri e trasparenti.

Gli anni successivi alla rivoluzione industriale, infatti, sono caratterizzati dallo sviluppo di nuovi sistemi costruttivi, spesso realizzati in fabbrica e poi assemblati in cantiere, in cui vengono adottati nuovi materiali (ad esempio gli isolanti termici o le nuove superfici vetrate). L'architettura razionalista, scarna ed essenziale, sostituisce la ricca corporeità del passato con la volumetria, coerentemente con la ricerca spazio-funzione che rappresenta il suo obiettivo prioritario e si esprime in forme pure prive di qualsiasi decorazione superficiale.

Da ciò si comprende il progressivo indebolimento del valore della facciata, ridotta ad anonimo e insignificante involucro totalmente indipendente dal proprio contenuto.

I nuovi edifici perdono ogni rapporto con il contesto, la morfologia del territorio e le tipologie locali precedenti, internazionalizzandosi nell'aspetto e nelle volontà.

A domande edilizie sempre differenti, condizionate dalle caratteristiche dell'ambiente esterno, si risponde sempre nello stesso modo, rendendo il linguaggio architettonico universale ma poco adeguato a richieste ambientali più specifiche.

L'involucro si trasforma in un sistema di funzioni complesse, talvolta incapace però di apportare modifiche appropriate alle qualità termiche dell'edificio.

L'invenzione e l'introduzione in campo edilizio di sistemi di riscaldamento e raffrescamento (avvenuta per la prima volta all'interno del Larkin Building costruito a Buffalo da Frank Lloyd Wright) hanno infatti reso l'involucro un sistema indipendente dalle condizioni climatiche esterne. Le facciate, rappresentative di una concezione che pervade un'intera epoca, diventano sempre più 'leggere', fino a trasformarsi in 'curtain wall'. Le grandi superfici trasparenti determinano l'incremento delle temperature indoor nei mesi estivi a causa dell'irraggiamento diretto, mentre nei mesi invernali comportano copiose dispersioni di calore verso l'esterno.

Il discomfort causato dalle proprietà intrinseche del vetro è bilanciato solo grazie alla presenza dei sistemi impiantistici che provvedono alla climatizzazione dell'ambiente durante tutte le stagioni dell'anno. Almeno fino al tardo Ottocento alle partizioni esterne, massicce e



Figg. 4, 5
Le Corbusier, Centrosoyuz, Mosca, Russia, 1928 - 1933.
Il concetto essenziale della facciata a doppia pelle per la prima volta esplorato e testato da Le Corbusier. L'idea, che egli chiamò "mur neutralisant", ha coinvolto l'inserimento di tubi di riscaldamento/raffreddamento tra gli strati di vetro di grandi dimensioni.

impenetrabili, è affidato il compito di esprimere e rappresentare la funzione e il decoro dell'edificio, e lo studio delle facciate si concentra sull'elaborazione di codici, come stile e decorazione, da imprimere alle superfici dell'involucro come a una pagina su cui scrivere. Recentemente alcuni progetti, ricchi dal punto di vista dei contenuti tecnologici, sondano nuovamente le potenzialità comunicative e formali delle superfici esterne.

Nel 1926 Le Corbusier indica la "facciata libera" come uno dei suoi cinque punti della nuova architettura, definendo la "pelle" dell'edificio come una leggera membrana indipendente dalla struttura (Figg. 4, 5).

L'involucro acquista così un aspetto innovativo, abbandonando la massività necessaria per la realizzazione delle strutture edilizie a muri portanti e superando quella concezione ormai consolidata che vede la partizione esterna come barriera visiva tra interno ed esterno.

Le architetture trasparenti vengono realizzate dagli esponenti del Movimento Moderno come Mies van der Rohe (ad esempio la Fansworth House a Plano, Illinois, 1950) dimostrando come si può annullare quasi totalmente con la trasparenza la materialità dell'involucro (Figg. 1 - 3).

L'edificio trasparente diventa espressione della nuova architettura capace di rigenerare e affrancare la società che la produce attraverso la sua consistenza effimera e assume, nel mondo contemporaneo, un valore 'ermeneutico', interpretando la realtà e facendone emergere l'essenza più profonda; i curtain wall attuali esprimono enigmaticità in quanto la passata trasparenza è stata sostituita dalla riflessione dell'ambiente esterno³.

La trasformazione delle strutture massicce e pesanti in sistemi più leggeri e sottili è avvenuta in funzione della necessità di emancipare le funzioni dell'involucro da quelle dell'edificio.

Il modello architettonico proposto dal Movimento Moderno, riconoscibile per l'inconsistenza materica dei suoi confini fisici, comincia a manifestare le sue carenze in termini di efficienza energetica negli anni Settanta, in corrispondenza della prima crisi energetica, quando i sistemi impiantistici di condizionamento, a causa della mancanza delle fonti energetiche fossili, non riescono a garantire le prestazioni termiche degli spazi confinati.

È proprio in questi anni che si diffonde una nuova coscienza ecologista, anche nell'ambito della cultura architettonica, e si promuovono nuovi modelli dell'abitare che puntano a riproporre, in chiave contemporanea, soluzioni tecnologiche del passato in grado di sfruttare

passivamente e attivamente le fonti energetiche naturali per soddisfare il fabbisogno energetico degli edifici.

In questo momento storico, caratterizzato da un incremento considerevole del prezzo del petrolio, l'involucro edilizio è oggetto di particolare attenzione per quanto riguarda l'isolamento termico.

Si sviluppano, in tutta Europa, le tecniche per coibentare gli elementi di involucro opaco (tamponamenti, coperture, pavimenti) e si diffondono vetri camera e serramenti a taglio termico e con tenuta all'aria, in grado di abbattere il valore della trasmittanza termica degli elementi vetrati di oltre il 50%.

Contemporaneamente si fa strada nella pratica architettonica il cosiddetto approccio bioclimatico teorizzato già negli anni Sessanta da Victor Olgyay nel suo libro 'Design with climate'⁴. L'involucro, che dall'età industriale in poi diventa 'assoluto' rispetto alle caratteristiche climatiche locali, torna a strutturarsi come sistema complesso in grado di agire e interagire rispetto all'ambiente circostante, mediando in modo attivo il rapporto tra uomo e ambiente. I sistemi meccanici di controllo legati all'involucro di facciata sono potenziati e automatizzati, garantendo la possibilità di esercitare un controllo ambientale flessibile al variare sia delle condizioni dell'ambiente esterno, sia delle esigenze dell'utenza interna.

Da struttura bidimensionale l'involucro diventa un sistema tridimensionale, assumendo la qualità di uno 'spazio'; doppio, triplo, a molteplice polivalenza, capace di sviluppare proprietà innovative di spazio cuscinetto e di filtro altamente dinamico e selettivo.

Alla complessità delle prestazioni richieste si risponde con la complessità di sistemi, sperimentati grazie alla ricerca tecnologica; ricerca che sempre più spesso tenta di trasformare la pelle dell'edificio in un mezzo di esaltazione delle qualità dell'edificio stesso e in un sistema in grado di pubblicizzare la tecnologia che lo ha generato.

2 F. Butera, *Dalla caverna alla casa ecologica*, Edizioni Ambiente, Milano, 2007

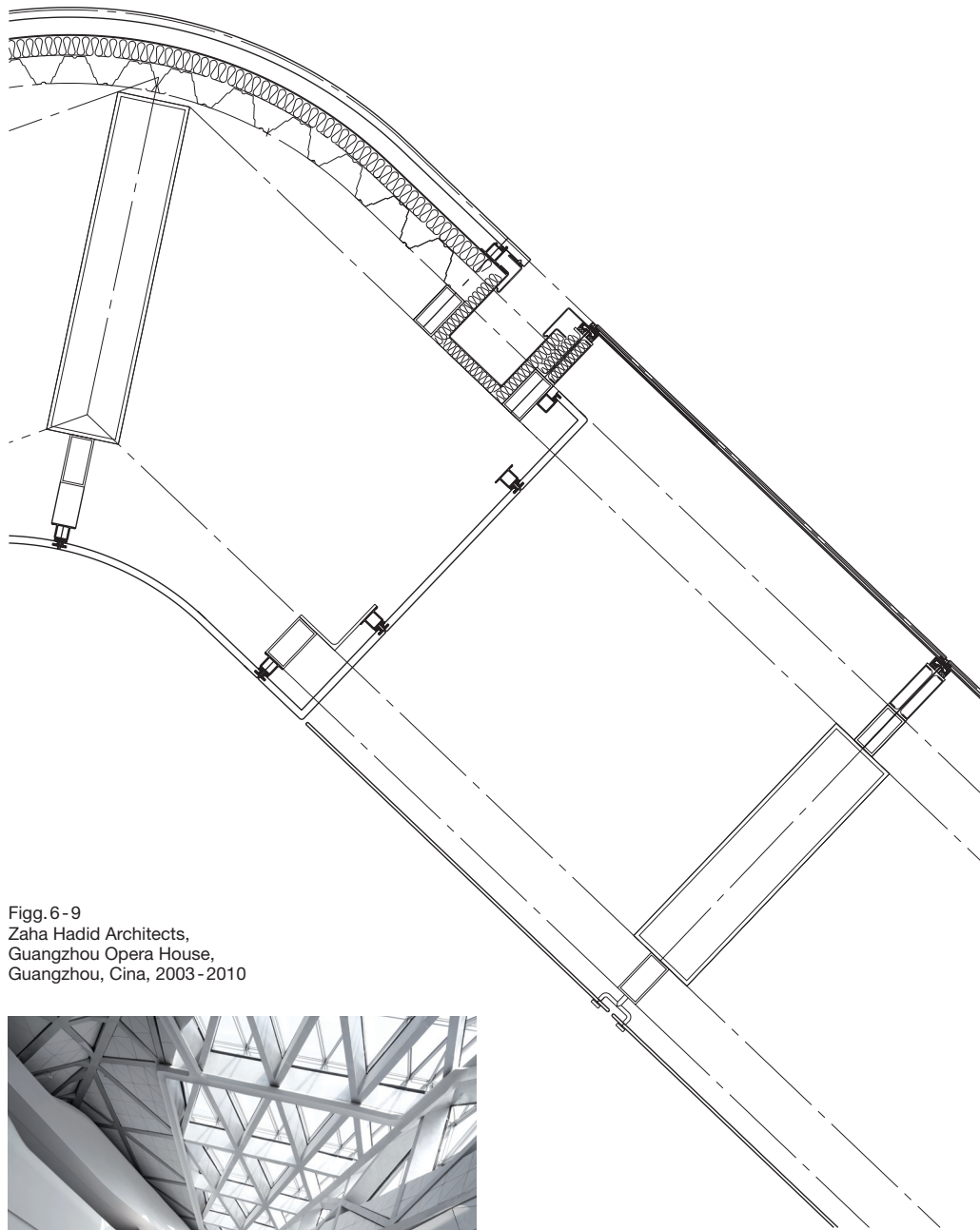
3 O. De Paoli, "L'involucro vetrato nella progettazione ambientale" in *I percorsi della progettazione per la sostenibilità ambientale*, M. Sala, a cura di, (Firenze, 20 e 21 Ottobre 2004), Alinea Editrice, 2004

4 Victor Olgyay, "Design with climate, Princeton University Press, 1962

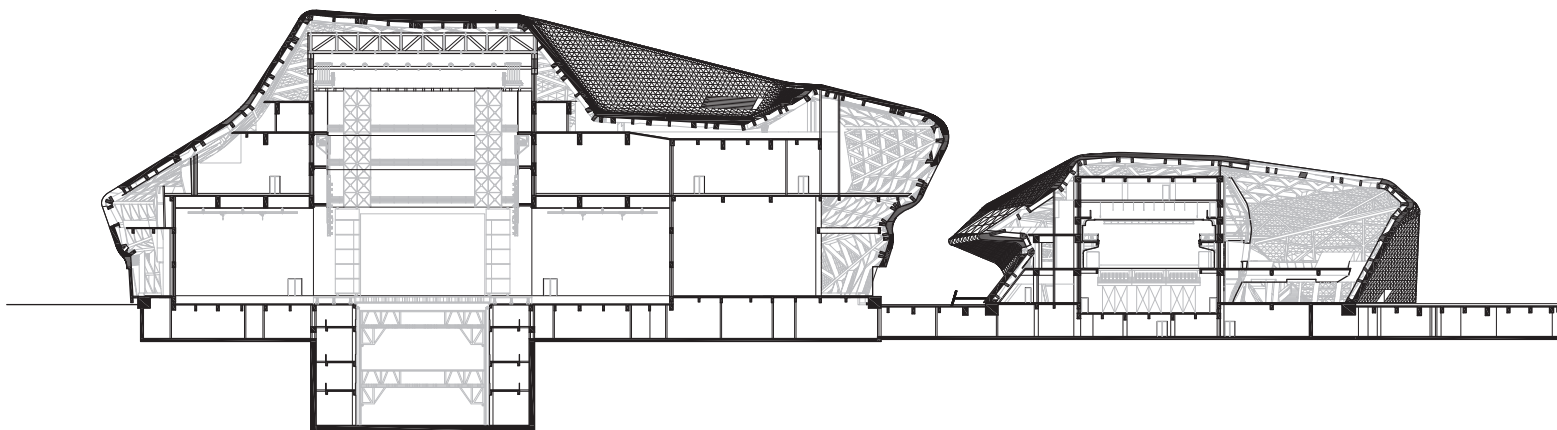
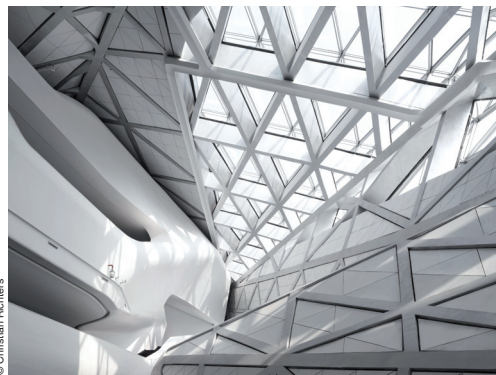
A partire dagli anni Ottanta gli involucri massivi sono composti da strati funzionali progettati per rispondere alle esigenze interne ed esterne, presentando spesso in posizione baricentrica uno spazio camera (vuoto o riempito di materiale isolante) necessario a garantirne le prestazioni di controllo, di protezione climatica e di leggerezza. In modo analogo, anche la parete vetrata subisce un processo di smaterializzazione che tuttavia ne incrementa la capacità di resistenza statica e le funzioni di controllo degli scambi termici.

Le facciate a doppia pelle che si diffondono in Europa nell'ultima decade sono caratterizzate dalla presenza di spazi vuoti (buffer zone) interclusi tra i due strati principali di delimitazione tra interno ed esterno, che in taluni casi sono trasformati in veri e propri ambienti di vita⁵.

Gli architetti contemporanei, tra i quali ricordiamo Frank O. Gehry, Zaha Hadid (Figg. 6-9), Coop Himmelb(l)au o Daniel Libeskind, sperimentano le potenzialità scultoree e le capacità espressive dei 'nuovi materiali di rivestimento esterno' utilizzando la pelle dell'edificio come generatrice di forme e di immagini spesso sganciate dall'oggetto che essa delimita.



Figg. 6-9
Zaha Hadid Architects,
Guangzhou Opera House,
Guangzhou, Cina, 2003-2010



5 S. Altomonte, L'involucro architettonico come interfaccia dinamica. Strumenti e criteri per una architettura sostenibile, prefazione di Giorgio Peguiron, Alinea Editrice, Firenze, 2004

È sempre l'involucro edilizio l'oggetto di continue ricerche da parte di progettisti che, come Norman Foster, Richard Rogers, Jean Nouvel (Figg. 10-12) o Renzo Piano, si rivolgono all'high tech ritenendo la tecnologia il contenuto e la principale finalità degli sforzi espressivi dell'architettura. Nelle architetture high tech giocano un ruolo fondamentale le emergenze impiantistiche (camini, canalizzazioni d'aria, unità di trattamento aria ecc.), come nel Centre Georges Pompidou a Parigi (R. Piano e R. Rogers, 1977) o nei PA Technology Laboratories a Princeton (R. Rogers, 1985), ma in alcuni casi è proprio la pelle dell'edificio che diviene un dispositivo tecnologico dotato di una propria funzionalità, come nel caso dell'Institute du Monde Arabe a Parigi (Jean Nouvel, 1987) o nel Gymnasium dell'Educare School a Guadalajara in Messico (Ten Arquitectos, 2000). Le facciate medianiche contemporanee, diffuse in tutto il mondo, che incorporano nuovi strumenti figurativi e innovative tecnologie di comunicazione e che creano inediti effetti grafici e cromatici avvalendosi di membrane e vetri traslucidi, si inseriscono nella tradizione del rivestimento architettonico come supporto iconografico⁶. L'attenzione della ricerca contemporanea si orienta proprio verso il concetto di involucro in quanto frontiera, interfaccia dinamica permeabile e selettiva, tramite cui può realizzarsi quel processo di interazione tra gli elementi ambientali interni e il mondo esterno, quel flusso 'adattivo' di scambi materiali e immateriali da cui dipende il mantenimento di condizioni di benessere e di comfort all'interno degli spazi abitati.

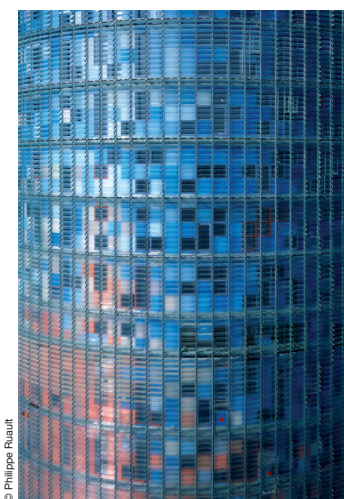
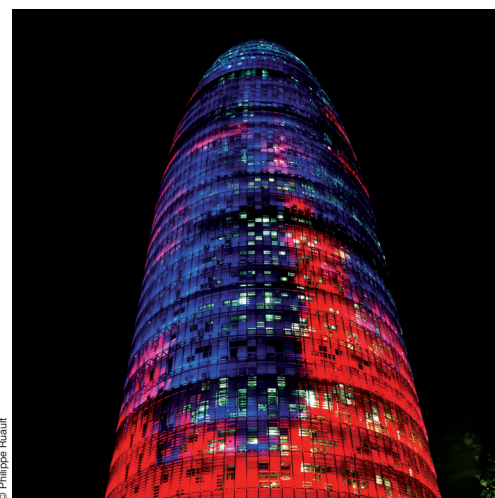
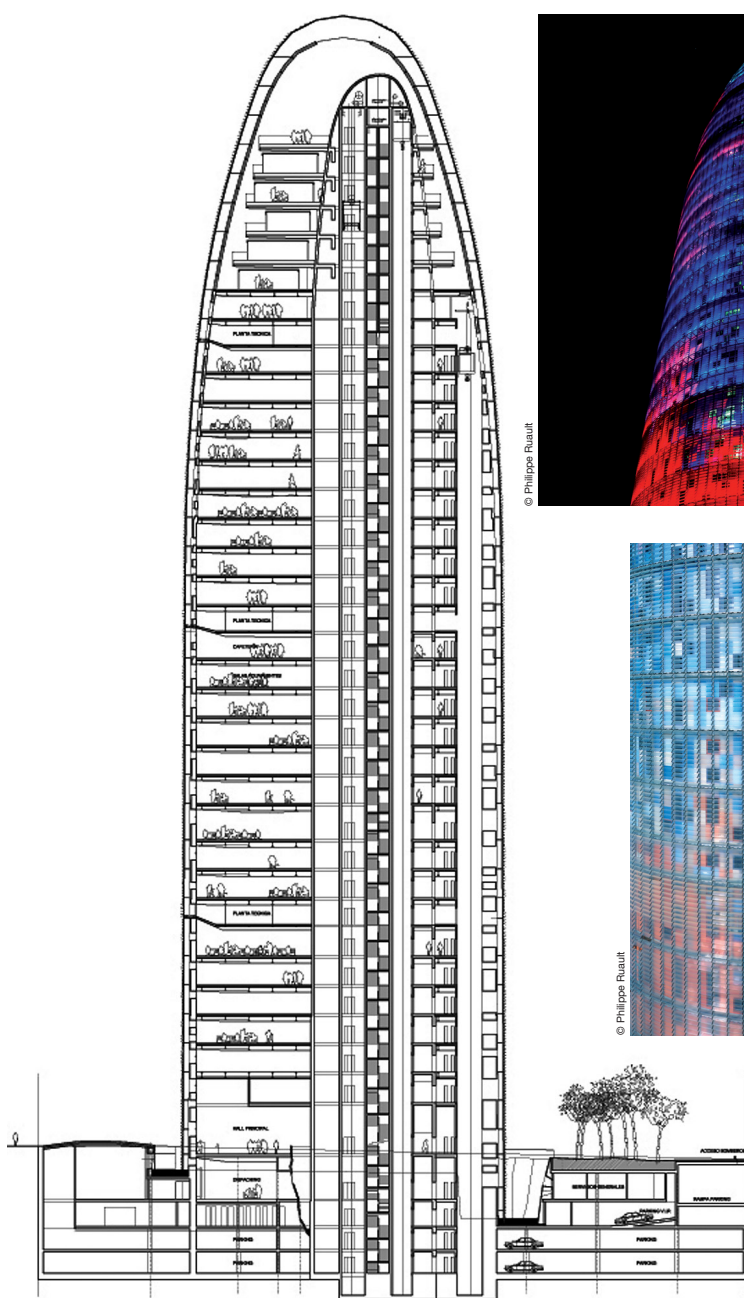
Il cattivo funzionamento degli edifici moderni può essere attribuito al fatto di avere progettato l'involucro in maniera totalmente formalistica, prestando nulla o poca attenzione alle condizioni climatiche esogene.

Il compito di mantenere le condizioni interne richieste è affidato agli impianti di condizionamento, con inevitabili sprechi, inefficienze e cattivo funzionamento⁷. Di recente la ricerca tecnologica sta indagando nuove frontiere di sperimentazione capaci di ribadire la qualità osmotica di un processo di scambio che riguarda i flussi di energia passati e scambiati proprio attraverso l'involucro⁸. Si registrano nuove sperimentazioni finalizzate a dimostrare la possibilità di dotare le superfici di chiusura verticale e orizzontale di sistemi atti a garantire il dinamismo che consenta loro di gestire i flussi materici passanti alla stregua di un organismo biologico.

Dalle architetture di Toyo Ito agli edifici organici di Greg Lynn, le nuove frontiere della sperimentazione in architettura sono orientate a proporre nuovi modelli dell'abitare in cui l'organismo edilizio possa garantire anche in autonomia il comfort dei suoi utenti.

In tal senso l'evoluzione e la diffusione dei sistemi di controllo informatico (dalla domotica al Building Management System) ha portato a trasferire alla scala dell'edificio le potenzialità dei sistemi dotati di intelligenza artificiale, permettendo una regolazione dello spazio anche in assenza dell'utente umano e in stretta relazione con una serie di necessità che garantiscono di ottimizzare dal punto di vista funzionale e fisico lo spazio costruito.

Le architetture adattive sono sempre più connesse alla volontà di proporre nuovi modelli d'involucro dinamico che contribuiscano alla riduzione del fabbisogno energetico dell'edificio, rendendolo strettamente dipendente dalle condizioni climatico-ambientali esterne, e svi-



Figg. 10-12
Ateliers Jean Nouvel,
Torre Agbar, Barcellona,
Spagna, 1999-2005

luppando quindi tutte quelle componenti che ne incrementino la capacità di variare conformazione in relazione alla necessità di regolare i flussi di energia termica, luminosa, sonora passanti attraverso di esso.

Emerge con forza la tendenza alla smaterializzazione degli elementi di chiusura verticale e orizzontale che negli anni, parallelamente all'evoluzione della complessità dei sistemi di condizionamento a servizio dello spazio confinato, sono diventati esempio di una ricerca estetico formale dell'architettura minimalista o altamente tecnologica, per cui l'edificio è stato realmente assimilato al concetto di 'machine à habiter' lecorbusieriano, dimenticando totalmente il suo ruolo primario di elemento filtro regolatore dei flussi energetici tra interno ed esterno. Il cortocircuito nell'interpretazione vitruviana della necessaria compresenza di firmitas utilitas e venustas, dettato dall'ottimismo industriale post Ottocentesco e post bellico ha portato all'errata interpretazione dell'insegnamento dei maestri moderni, che sperimentavano soluzioni tecnologiche innovative ma cercavano sempre di ricordare il genius loci che le aveva generate.

6 T. Herzog, R. Krippner, W. Lang, Atlante delle facciate, Utet, Torino, 2005

7 S. Altomonte, L'involucro architettonico come interfaccia dinamica. Strumenti e criteri per un'architettura sostenibile, prefazione di Giorgio Peguiron, Alinea Editrice, Firenze, 2004

8 S. Altomonte, L'involucro architettonico come interfaccia dinamica. Strumenti e criteri per un'architettura sostenibile, prefazione di Giorgio Peguiron, Alinea Editrice, Firenze, 2004