Università degli Studi di Ferrara

DOTTORATO DI RICERCA IN
"TECNOLOGIA DELL'ARCHITETTURA"

CICLO XXII°

COORDINATORE Prof. Graziano Trippa

LA TRASLUCENZA NELL'INVOLUCRO ARCHITETTONICO: materiali, prestazioni e tecnologie innovative applicate alle frontiere edilizie contemporanee

Settore Scientifico Disciplinare ICAR/12

Dottorando
Dott. Modugno Valentina

_____
(firma)

Tutore
Prof. Zaffagnini Theo

_____
(firma)

Anni 2007/2009

Si ringraziano: il prof. Theo Zaffagnini per il costante e fondamentale contributo dato alla ricerca svolta, il prof. Nicola Santopuoli, il prof. Gianpiero Alfarano, il prof. Pietro Zennaro e i professori del Collegio Docenti e tutti coloro, che a titolo diverso, hanno contribuito alla realizzazione del presente lavoro.

Indice

pagine

007 **INTRODUZIONE**
008 Motivazione della ricerca
009 Obiettivi della ricerca
010 Definizione dei limiti della ricerca
011 Struttura metodologica e fasi della ricerca
012 Risultati attesi
013 Risultati raggiunti

PRIMA PARTE – LA TRASLUCENZA NELL'INVOLUCRO ARCHITETTONICO

016 **Capitolo 1_Sul concetto di traslucenza**
018 1.1 Etimologia e definizioni di traslucenza
020 1.2 Il rapporto fisico-percettivo tra traslucenza|luce|colore: cenni di colorimetria
026 1.3 La percezione della traslucenza
028 1.4 La luce: 'materiale' per involucri traslucidi
034 1.4.1 Il progetto della luce per l'involucro architettonico
037 1.5 Cromatismi e involucri traslucidi
041 1.6 Suggestioni culturali

046 **Capitolo 2_L'evoluzione storica della traslucenza nelle frontiere architettoniche: istanze architettoniche dal XII secolo alla caduta del muro di Berlino**

048 2.1 Accezione di frontiera architettonica dal XII al XVIII secolo
048 Architettura Gotica
049 Il periodo Barocco
050 2.2 Per una nuova necessità di trasparenza: l'Ottocento

050 L'Ottocento: l'architettura del "ferro e vetro"
052 L'Art Nouveau nell'opera di Victor Horta
054 2.3 Dalla modulazione della trasparenza all'uso della traslucenza
054 La cultura giapponese nel '900 occidentale
054 "Architettura di vetro"
057 Sperimentazione contemporanea: i "progetti-pilota"

062 **Capitolo 3_Il progetto dell'involucro architettonico traslucido**

064 3.1 Definizione di involucro architettonico
069 3.2 I caratteri dell'involucro architettonico: "La facciata degli edifici, il volto delle città"
072 3.3 Comunicatività dell'involucro architettonico
074 3.4 L'estetica architettonica - dalla trasparenza alla traslucenza
076 3.5 Dalla smaterializzazione delle superfici alla materializzazione della luce
079 3.6 Nuove vocazioni per l'involucro architettonico e trasferimento tecnologico

084 **Capitolo 4_Le ragioni della tecnologia a secco nel progetto di involucri architettonici traslucidi**

SECONDA PARTE – MATERIALI PER INVOLUCRI ARCHITETTONICI TRASLUCIDI

094 **Capitolo 5_Materiali e superfici traslucide**

097 5.1 Per un censimento e repertoriazione dei materiali ad uso traslucido: premessa di indagine
100 5.2 Materiali vetrosi
113 5.3 Materiali plastici
128 5.4 Materiali metallici
137 5.5 Materiali lapidei
143 5.6 Materiali legnosi/vegetali

152 **Capitolo 6_Innovazione materica per gli involucri traslucidi**

154 6.1 Innovazione e materiali traslucidi
156 6.2 Classificazione dei principali percorsi evolutivi
157 6.3 Il rapporto fra progetto e materiali innovativi
159 6.4 Frontiere dell'innovazione per la traslucenza

TERZA PARTE - ANALISI COMPARATIVA/REPERTORIO DI ALCUNI CASI RILEVANTI E DI *BEST PRACTICE*

166 **Capitolo 7_Classificazioni tematiche, alternative tecnologiche e nuovi possibili strumenti di progettazione**

168 7.1 Parametri di selezione e classificazione dei casi studio

170 7.2 I criteri dell'apparato di analisi

178 7.3 Architettura della schedatura

184 7.4 Schede di analisi di casi di *best practice*

MATERIALI VETROSI

185 1V Museo d'arte Nelson Atkins, Kansas City - USA

189 2V UBU Biblioteca università di Utrecht - Olanda

193 3V Istituto olandese dell'immagine e del suono, Hilversum - Olanda

197 4V Monumento commemorativo per le vittime del terrorismo 11 marzo 2004 Madrid - Spagna

201 5V Centrum Bavaria Bohemia, Schönsee - Germania

205 6V Laminata house of glass, Leerdam - Olanda

209 7V Flagship store e quartier generale REISS, Londra - Inghilterra

213 8V Palazzetto dello sport, Regensburg - Germania

217 9V Gemeindzentrum, Ludesch - Austria

MATERIALI PLASTICI

221 1P Istituto universitario di arti e scienze umanistiche, Grenoble - Francia

225 2P Casa e atelier Lang-Kröll, Gleißemberg - Germania

229 3P Museo del cristallo, Saint Louis lès Bitche - Francia

233 4P Base operativa Luna Rossa Challenger, Valencia - Spagna

237 5P Plastic House, Tokyo - Giappone

241 6P Blur Hotel, Beijing - Cina

245 7P Airspace, Tokyo - Giappone

249 8P Centro natatorio nazionale "Water Cube", Beijing - Cina

253 9P Centro Zenith, Strasburgo - Francia

257 10P Wall House, Santiago - Cile

261 11P Barak House, Sommières - Francia

MATERIALI METALLICI

265 1M MUMUTH Casa della musica e auditorium, Graz - Austria

269 2M Edificio di ingresso al municipio, Innsbruck - Austria

273 3M Sinagoga del centro ebraico, Monaco di Baviera -

Germania
277 4M De Young Museum, San Francisco - USA
281 5M Nuovo museo d'arte contemporanea, New York - USA
285 6M Icon House, Montreuil - Francia
289 7M Louis Vuitton Store, Tokyo - Giappone
293 8M Teatro e centro per la musica, Nijar - Spagna
297 9M Caixa Forum, Madrid - Spagna

MATERIALI LAPIDEI

301 1LP LVMH - Louis Vuitton Moet Hennessy, Osaka - Giappone
305 2LP Nuovo centro direzionale Deutsche Bundesbank, Chemnitz - Germania

MATERIALI LEGNOSI/VEGETALI

309 1LG Peninsula House, Victoria - Australia
313 2LG HEISEI-Tea Ceremony House, Saitama - Giappone
317 3LG Carambachel Housing, Madrid - Spagna
321 4LG Black Treefrog, Bad Waltersdorf - Austria

325 7.5 Schede di analisi di casi rilevanti

326 Tabelle illustrative dei dati salienti di progetto dei casi di studio ritenuti rilevanti
349 Matrici di analisi dei casi ritenuti rilevanti
373 Quadri riassuntivi suddivisi per materiale dei dati di analisi sulla totalità dei 116 casi selezionati
394 Quadro sinottico finale

396 7.6 Note di orientamento ed indicazioni progettuali sintetiche per il progettista dell'involucro traslucido: dai tipi al progetto

410 **Capitolo 8_Conclusioni e linee di futuri sviluppi**

415 **Appendice: Il quadro normativo di riferimento**

427 **Bibliografia**

Introduzione

Negli ultimi anni, molti progettisti architettonici non solo hanno dedicato la loro attenzione alla creazione di ambienti stimolanti, ma si sono sempre più concentrati sulla progettazione delle superfici, sulle proprietà tattili, di colore e di *texture*, dei materiali costruttivi. Il coinvolgimento sensoriale viene sempre più spesso applicato all'involucro, facendolo assurgere ad elemento di raffigurazione artistica e, talvolta, grazie al suo grado di astrazione, ad elemento di dialogo particolarmente inusuale con l'ambiente che lo circonda.

La ricerca indaga il tema della TRASLUCENZA applicato all'INVOLUCRO ARCHITETTONICO attraverso la lettura delle nuove tendenze espressive, ma non solo, della progettazione contemporanea, che sempre più si apre verso la sperimentazione di materiali e soluzioni tecnologiche innovative.

L'architettura sposta la sua attenzione dalla mera verifica del rapporto codificato di proporzione tra pieni e vuoti, tra chiusure ed aperture, anche sulle nuove capacità di riflettere e/o ingenerare sensazioni nel fruitore mediante l'involucro/frontiera. Nella attuale cultura percettiva l'architettura pare spostare i limiti interpretativi ed essenziali dalla sensorialità ottenuta attraverso le caratteristiche dei materiali, alla sensorialità esito degli effetti della luce artificiale o naturale applicata agli stessi. La cura progettuale sembra rivolgersi quindi a soluzioni innovative per l'involucro edilizio, considerato come elemento fondante della qualità espressiva del prodotto architettonico. L'involucro viene considerato quale punto di convergenza tra le istanze tecniche e le istanze rappresentative del progetto di architettura, e protagonista anche a sé stante, nel dialogo con tutto quello che lo circonda (strada, piazza, ambiente, natura, altri edifici, ecc…): è il *frons scenae*, ovvero una trasposizione all'esterno dei contenuti formali, sia tecnici che semantici, dell'edificio.

La ricerca, nel suo sviluppo, partendo dalla definizione di traslucenza in architettura mira a definire lo stato dell'arte di questa tendenza interpretativa progettuale e a tracciare i possibili scenari evolutivi nella produzione di materiali e di prodotti tecnologici orientati a questa attitudine innovativa. La ricerca è rivolta sia a casi di applicazione per

interventi di riqualificazione e/o valorizzazione/riuso di edifici esistenti, che per interventi di nuova realizzazione.
Attraverso l'analisi e il confronto dei casi studio rappresentativi ed illustrativi delle potenzialità espressive dei diversi materiali, capaci di attribuzione di traslucenza a involucri o partizioni, si approfondirà nello specifico tali materiali e le soluzioni applicative più innovative. In ultimo, intrecciando i dati desunti dal confronto critico degli aspetti caratteristici dei casi rappresentativi individuati con i dati prestazionali dei materiali, si tenterà di individuare alcune linee guida per i progettisti architettonici che si accingono a impiegare queste specificità.

Motivazioni della ricerca

La crescente diffusione di modelli progettuali applicativi di facciate/ involucri di natura traslucida, caratterizzati da istanze progettuali e da esiti attuativi assai diversificati all'interno del panorama architettonico contemporaneo, pone al centro dell'attenzione non soltanto la quantità e la qualità delle singole soluzioni tecnologiche rispetto al tema, ma anche le modalità di selezione dei criteri di risposta ai requisiti di natura percettiva legati all'involucro e quindi alle diverse prestazioni richieste a tal fine allo stesso. E' dall'osservazione di alcune limitazioni nel coordinamento tra metodologie progettuali e approcci applicativi sviluppati in diversi contesti, che la tesi trae origine ed interesse.
Ci si è prefissi di sviluppare, infatti, una riflessione sul rapporto tra progetto di architettura ed il percorso di costruzione dello spazio architettonico in cui la luce trova un ruolo meno convenzionale nella qualificazione della percezione dei luoghi.
Nella contemporaneità, come in passato secondo altri schematismi (legati a tipologie costruttive essenzialmente differenti), il maggior interesse è rivolto dai progettisti alla risoluzione dell'apparato esterno dell'edificio, che oggi, forse in maniera più complessa ed articolata di un tempo, è il depositario prevalente delle intenzioni espressive e comunicative del progetto.
Lo studio condotto tenta di leggere possibili percorsi di innovazione tecnologica, sia di natura produttiva che di sistema, tramite l'articolazione delle esperienze condotte su piani certamente coordinati, ma di fatto chiusi (prototipi).
Talvolta si è osservata come prevalente una scelta di materiale a caratterizzazione dell'involucro, altre volte dominante l'applicazione di una scelta di sistema costruttivo e/o funzionale sul materiale specifico di impiego. La dinamica tra queste attitudini ordinative progettuali

non rispondevano sempre a regole codificate e ripetibili, pur non presentandosi come *casus* (come occasionalità), ma di sicuro sono apparse frequentemente come *unicum*.

Obiettivi della ricerca

Obiettivo principale della ricerca è quello di sistematizzare le conoscenze acquisite dalle applicazioni dei materiali traslucidi all'involucro, per desumerne potenzialità e limiti, e quindi, codificarli nell'uso. Si tratta di ricercare strade che mettono in evidenza il nesso causale tra percezione dello spazio e dei materiali, e prestazioni del 'pacchetto-involucro' che li deve ingenerare.
Tale rapporto si esplicita e si esalta nelle architetture contemporanee, ma, come si dimostrerà, ha tradizioni lontane in numerosissimi esempi nella storia dell'architettura.
L'assenza, allo stato attuale, di una lettura sistematica circa il rapporto fra scelte tecnologiche e percezione degli esiti morfologici e prestazionali del progetto architettonico di involucri traslucidi, che si muova sia su interventi di recupero e riqualificazione che su nuove costruzioni, stimola l'interesse verso una ricerca orientata a tentare di offrire modalità di lettura del fenomeno e suoi futuri scenari evolutivi.
Partendo quindi dalla definizione dei contenuti d'indagine fondamentali della ricerca, essa si propone di evidenziare e comprendere motivazioni progettuali e meccanismi ordinatori dell'involucro architettonico traslucido, valutandone sia i contenuti di natura compositiva e percettiva, sia di ordine prestazionale, spaziando tra questi da quelli energetici a quelli economici. Il percorso di analisi si è articolato principalmente nelle seguenti direzioni:

- la comprensione dei significati che ruotano attorno ai concetti di modulazione della luce e della trasparenza mediati dal fenomeno fisico della traslucenza nell'involucro edilizio contemporaneo;
- l'approfondimento delle radici storiche del fenomeno percettivo della traslucenza in architettura;
- la definizione dei contenuti in gioco, ossia, dei significati di traslucenza e di involucro architettonico nella sua accezione storica e contemporanea;
- lo studio dei materiali costruttivi e dei relativi sistemi tecnico-applicativi, codificati per la traslucenza d'involucro;
- la messa a punto di nuovi strumenti di valutazione e classificazione basati sull'associazione critico-analitica di contenuti tecnologici, morfologici e prestazionali dei materiali d'uso, utili a fornire nuove

chiavi di lettura del tema;
- restituzione strutturata delle considerazioni e dei risultati ottenuti, finalizzata alla definizione di un metodo a doppia finalità: da un lato come metodo di lettura di esempi di applicazione di involucri architettonici di genere traslucido, e dall'altro come strumento di orientamento per il progettista architettonico per le possibili scelte applicabili a contesti similari.

Definizione dei limiti della ricerca

La ricerca si occupa delle superfici traslucide applicate al solo involucro esterno, escludendo quindi l'analisi dettagliata dell'utilizzo in ambiente interno, se non solo per brevi accenni, non essendo inerente all'oggetto della tesi, che si occupa dell'aspetto morfologico, percettivo e prestazionale dell'involucro architettonico traslucido, inteso come "pelle" dell'edificio a contatto con l'esterno.
Il tipo di tematica di studio ha implicitamente esteso la scelta del campo di indagine a livello internazionale, risultando il solo campo nazionale insufficiente all'analisi proposta dalla ricerca, in quanto i maggiori esempi si possono riscontrare in diverse parti del mondo, dall'Europa, al Giappone, all'Australia, affrontando quindi il progetto di involucri traslucidi in contesti fortemente differenziati. L'analisi dei casi studio e delle soluzioni tecniche in essi applicate ben rappresenta la ricchezza che offre il panorama internazionale in fatto di progettisti, manufatti e fonti scientifiche e commerciali di più ampio respiro ed esperienza, al fine di definire lo stato dell'arte attuale, nel panorama dell'architettura contemporanea, del concetto di frontiere architettoniche traslucide.
Si è inoltre reso necessario definire un periodo limitato delle esperienze progettuali da valutare, funzionale alla definizione "contemporanea" di traslucenza in architettura, che scandisce la distinzione tra quelli che sono considerati gli esempi notevoli che si sono succeduti nelle varie epoche storiche, da quelli che, in questa ricerca, vengono identificati come 'progetti-pilota' di tale tendenza, che hanno quindi rappresentato un precedente storico in questo campo per l'innovazione dei temi trattati, databili dagli anni '70 agli anni '90 del 1900, ai progetti infine analizzati come casi studio, rappresentativi degli involucri traslucidi nel panorama architettonico contemporaneo, e quindi dei futuri scenari evolutivi del fenomeno.
Ultima ed importante limitazione della ricerca è quella che vuole lo studio solo di alcune tipologie di materiali capaci di produrre percezioni di traslucenza, o per le loro particolari caratteristiche intrinseche, o

perché concorrenti a migliorare le *performance* energetiche degli involucri cui si applicano. Infine si precisa che la ricerca si è limitata a trattare solo aspetti caratteristici salienti della traslucenza (secondo le definizioni fisiche codificate di tali potenzialità) dei materiali presi in considerazione, e volutamente, per semplicità di lettura, sono state escluse da trattazione digressioni descrittive di tutte le altre caratteristiche degli stessi. Anche la trattazione delle prestazioni energetiche di tali materiali e delle relative soluzioni applicative è finalizzata alla sola interpretazione degli specifici casi studio, per desumere applicazioni e dati prestazionali propri degli involucri traslucidi.

Struttura metodologica e fasi della ricerca

Il lavoro di ricerca, effettuato per approfondimenti successivi dei vari elementi di indagine individuati, si apre con un inquadramento teorico del concetto di traslucenza, analizzandone l'etimo e le definizioni correnti per poi porle a confronto con quella che ne danno la fisica-tecnica e gli studi di psicologia percettiva. E' da tale confronto che emerge la completezza della definizione di traslucenza applicata ad un contesto costruito o al progetto di architettura.
Successivamente, in una sintetica analisi storica, vengono delineate le diverse modalità con cui prende corpo la traslucenza: la sottrazione di materia, la lavorazione della sua superficie o la sovrapposizione di piani con diversi gradi di permeabilità visiva sono le strategie principali d'elezione con cui la traslucenza si esprime.
Il presente lavoro si basa, oltre che su una puntuale ricerca bibliografica e sitografica, su viaggi studio mirati di approfondimento dei progetti realizzati, e propone un'analisi trasversale di fonti tecniche interdisciplinari, ciò a supporto dell'esame delle tematiche riguardanti da un lato la traslucenza, nelle sue accezioni fisiche, percettive e culturali, e dall'altro a studio delle complessità tematiche dell'involucro edilizio, in tutte le sue declinazioni tecnologiche ed espressive. La ricerca si avvale inoltre del confronto diretto, attraverso aziende e operatori del settore, con il mondo della produzione per approfondire aspetti legati alle caratteristiche, alle prestazioni, alla progettazione, e alla messa in opera di singoli materiali come pure di aggregati di elementi diversi capaci di giocare effetti luminosi e cromatici propri della traslucenza attraverso l'involucro.
L'approfondimento del tema scientifico ha permesso preliminarmente il raggiungimento dei seguenti contenuti:

- la definizione di traslucenza ed i suoi significati specifici in campo

architettonico;
- l'individuazione di essenza e ruolo dell'involucro edilizio nell'architettura contemporanea;
- l'evoluzione d'uso dei materiali traslucidi e loro ruolo nei diversi sistemi costruttivi nel tempo;
- la definizione di rapporti tra prestazioni percettive ottenute mediante luce e colore e prestazioni complessive d'involucro.

Da qui si è proceduto al confronto dei dati raccolti secondo tipologie applicative e per gruppi omogenei di materiali, filtrandoli attraverso le loro dinamiche di percezione formale. Ciò anche in esplicitazione dei valori prestazionali aggiunti alle caratteristiche d'involucro indotte dagli 'strumenti' di traslucenza adottati.

Il nucleo della ricerca diviene quindi la messa a punto degli strumenti analitici. Essi si fondano sulla necessità di un confronto diretto di applicazione con la realtà contemporanea sulle architetture realizzate, le uniche capaci di offrire quadri interpretativi efficaci. A tal fine si è effettuata, in maniera critica, una ampia selezione di materiale illustrativo, grafico e informativo riguardo un congruo numero di progetti (116 complessivamente), che vengono assunti come casistica di riferimento per lo studio. Quest'ultima, accompagnata da una sostanziosa bibliografia ragionata, ad uso dei destinatari della ricerca.

Infine la lettura ed l'interpretazione dei dati raccolti, attraverso l'analisi critica condotta, ha fornito la base utile a sistematizzare, da un lato i caratteri salienti che caratterizzano l'attuale volontà, di progettisti e committenti, di realizzare involucri architettonici, dall'altro ad una prima delineazione di indicazioni orientative, su logiche di carattere percettivo/prestazionale, e loro possibili scenari di applicazione, per la progettazione di involucri architettonici traslucidi.

Risultati attesi

Il contributo che la ricerca vuole offrire sarà principalmente rivolto ai progettisti, presentandosi sia come un'analisi rigorosa di identificazione della traslucenza nel progetto contemporaneo di architettura, che come studio di orientamento all'uso della traslucenza nelle frontiere architettoniche su basi prestazionali.

Il lavoro si prefigge offrire una panoramica esaustiva sullo stato dell'arte del tema in oggetto, linee guida di progettazione e scenari futuri d'innovazione relativi all'utilizzo in architettura di materiali capaci di creare sensazioni di valore plastico e spaziale basate non più sul solo rapporto codificato e convenzionale tra pieni e vuoti, tra masse e

filigrane, ma tra questi e nuove valenze contrapposte date da equilibri tra trasparenza e opacità d'involucro.

Risultati raggiunti

La ricerca indaga infatti il fenomeno degli involucri architettonici realizzati con materiali traslucidi. La traslucenza, fenomeno fisico e sensazione architettonica di grande impatto comunicativo, intrinsecamente legato agli elementi di "luce" e "colore", è ottenuta negli edifici, da un punto di vista tecnologico, con materiali innovativi, o quanto meno risulta essere innovativa la loro l'applicazione, sempre più spesso frutto di un trasferimento tecnologico da altri campi. L'analisi mira alla realizzazione di un nuovo strumento di orientamento tematico, i cui fruitori principali saranno i progettisti, intesi come maturi interpreti degli esiti più avanzati della produzione di materiali e componenti per l'edilizia. La ricerca procede prima nella comprensione degli involucri traslucidi, poi affronta l'analisi trasversale di casi studio realizzati e l'individuazione di esperienza di *best practice*, per categorie applicative e tipologia di materiali impiegati, per giungere alla messa a sistema di parametri tecnologico-prestazionali, funzionali e formali, determinando matrici di lettura, intese come elementi interpretativi della definizione di linee guida per i fruitori del lavoro.
In ultimo, la creazione di modelli di lettura attraverso la definizione di percorsi valutativi di tipo matriciale, ha permesso di stilare alcune considerazioni di utilità alla progettazione applicativa, nel momento della valutazione dell'opzione traslucenza alla 'pelle' dell'edificio.
La presente ricerca, rivolta come anticipato da un lato ai tecnici professionisti, operanti nel campo della progettazione architettonica, ma anche, nella sua qualità di modello e strumento di analisi implementabile nel tempo, ai ricercatori universitari ed al settore produttivo, ha prodotto i seguenti risultati:

- precisazione sul significato di traslucenza in rapporto alle possibili soluzioni applicative per l'involucro architettonico;
- selezione, analisi ed individuazione dei principali materiali e dei relativi sistemi applicativi, tecnologicamente innovativi, capaci di esprimere tale fenomeno fisico e percettivo;
- definizione dei rapporti intercorrenti tra superfici traslucide e i fattori di 'luce' e 'colore' considerati nella loro valenza percettiva ed energetico-prestazionale in riferimento alla loro applicazione nell'involucro architettonico;
- inquadramento, censimento, individuazione e scelta di casi studio

di ritenuta valenza tematica;

- elaborazione di matrici di lettura trasversale dei dati raccolti dall'analisi dei casi studio, finalizzate alla comprensione del progetto architettonico di frontiere traslucide;
- proposta quindi di una presentazione dello stato dell'arte circa le possibili declinazioni della traslucenza come effetto caratterizzante l'involucro edilizio;
- elaborazione di un nuovo strumento di lettura prima e di supporto alla progettazione/orientamento poi, capace di far giungere ad una più puntuale scelta dei materiali e dei sistemi costruttivi di facciata (o d'interfaccia) secondo logiche esigenziali-prestazionali; una scelta indirizzata all'ottomizzazione e all'incremento delle *performance* (secondo gli aspetti ritenuti caso per caso più d'interesse) richieste all'involucro edilizio traslucente ipotizzato.

16

1.1 Etimologia e definizioni di traslucenza

1.2 Il rapporto fisico-percettivo tra traslucenza|luce|colore: cenni di colorimetria

1.3 La percezione della traslucenza

1.4 La luce: 'materiale' per involucri traslucidi

1.4.1 Il progetto della luce per l'involucro architettonico

1.5 Cromatismi e involucri traslucidi

1.6 Suggestioni culturali

1

Sul concetto di traslucenza

“L’architettura è il gioco sapiente,
rigoroso e magnifico
dei volumi assemblati nella luce”
Le Corbusier, ‘Verso una Architettura’

1.1 Etimologia e definizioni di traslucenza

L'aggettivo *traslùcido,* o lett. *translùcido (*dal latino *trans* - "attraverso" - e *lūcĕo* - "brillare, splendere, vedersi attraverso"[1]) si dice proprio di "un corpo dotato di un particolare grado di trasparenza, che consente di percepire l'immagine e la forma di un oggetto posto dietro di esso, ma non di distinguerne i contorni, anche con riferimento per enallage all'immagine di un oggetto percepito attraverso un mezzo trasparente: '*non altrimenti che se di purissimo cristallo stato fusse, i secreti del traslucido fondo manifestava*' (Sannazaro)[2]; sinonimo di diafano, dal greco διαφαιν - '*lasciar intravedere, rivelare, lasciar passare la luce*', si dice di corpo parzialmente trasparente, che permette di scorgere almeno i contorni dell'oggetto posto dietro di esso[3].

La traduzione greca dell'aggetivo trasparente è διαφανος, composto dalla preposizione διά - attraverso - e dall'aggetivo derivante dal verbo φαίνω, che nel suo significato attivo significa mostrare nel duplice senso di far vedere e rendere noto, e nella sua forma passiva - φαίνομαι - significa apparire, venire alla luce, essere visibile, manifesto. Tale verbo ha un valore espressamente sensoriale, tanto che l'aggettivo che da esso deriva - φαινόμενος - significa infatti 'visibile ai sensi'.

Volendo distinguere tra trasparenza e traslucenza si può dire che con la prima si intende la permeabilità alla luce, con la seconda la trasparenza di un materiale alla luce. Pertanto la traslucenza è una specificazione della trasparenza, ovvero una sua applicazione ai materiali.

Da tali premesse etimologiche è immediato dedurre come il rapporto fra un corpo traslucido, in particolare una superficie architettonica, quale l'involucro esterno degli edifici, e la percezione umana, stimolata nei sensi della vista e talvolta del tatto, attraverso strumenti espressivi quali la luce e i colori, è alla base dell'oggetto di cui si indaga nella presente ricerca. L'uso di materiali e superfici traslucide negli involucri architettonici non è qui considerata solo come una tendenza dell'architettura contemporanea, ma si vuole indagare come essa

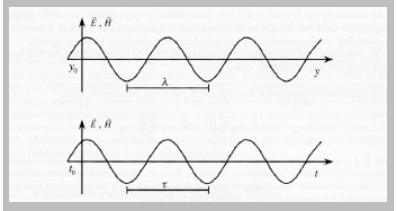
affondi le sue radici in un preciso percorso conoscitivo di questo fenomeno percettivo, a metà fra la trasparenza e l'opacità, trovando interpretazioni sia da un punto di vista compositivo-percettivo, sia da un punto di vista tecnologico-prestazionale.

L'utilizzo di materiali 'naturalmente' diafani, come le lastre sottili di lapideo o particolari materiali plastici, piuttosto che altri 'artificialmente' resi 'diffusori opalescenti di luce', come i vetri trattati (acidati, sabbiati, serigrafati,...), i tessuti metallici o gli elementi filiformi in legno e materiali vegetali, risulta essere intimamente legato al progetto architettonico della luce in modo ambivalente. Da un lato infatti l'utilizzo di tali superfici in relazione alla luce, naturale o artificiale, valorizza aspetti compositivi e percettivi del manufatto architettonico: giochi chiaroscurali, ombre, riflessi o superfici retroilluminate ed articolate grazie a 'doppie pelli' attrezzate con lampade; situazioni in cui l'eventuale 'colore' attribuito alle superfici determina un valore aggiunto per l'involucro. Dall'altro 'pelli' traslucide, ottenute attraverso l'uso di superfici continue (lastre, pannelli senza soluzione di continuità materica) o discontinue (elementi ottenuti per sottrazione di materia, tramite taglio, incisione, foratura; o per adduzione di elementi filiformi: tessuti, maglie,...), partecipano al bilancio energetico dell'edificio attraverso un loro particolare apporto prestazionale in termini di controllo dell'incidenza luminosa e dell'introspezione visiva delle attività interne, nonché dando un contributo alla qualità termoigrometrica *indoor*.

Ecco allora che il progetto di architettura gioca sempre più su elementi urbani dinamici: di giorno appaiono come grandi corpi evanescenti, quasi immateriali nel loro tentativo di de-materializzare gli elementi costruttivi (concetto derivato da un'attenta riflessione sul concetto di leggerezza, che da qualità stratigrafica tipica di un percorso tecnologico moderno, ha portato ad una consapevolezza attuale percettiva); di notte si trasformano in grandi 'lanterne' urbane, rese riconoscibili da particolarissimi giochi di luce articolati sulle superfici. Ecco l'ambivalenza fra giorno e notte, naturale e artificiale, trasparente e opaco. La traslucenza nell'involucro si fa così portatrice di nuovi valori comunicativi per l'architettura contemporanea. Si crea un ribaltamento fra percezione interna ed esterna dello spazio: come di giorno l'interno degli edifici a 'pelle' traslucida sono invasi una luce diffusa, soffusa, impalpabile; così di notte lo sguardo del fruitore è dall'esterno, per ammirare incantevoli sculture di luce e colore.

1.2 Il rapporto fisico-percettivo fra traslucenza|luce|colore: cenni di colorimetria

"La **colorimetria** ha radici antiche e nasce dalla confluenza di più discipline: l'ottica, la fisiologia, la psicologia e oggi anche l'ingegneria, dato il ruolo applicativo che la colorimetria ha assunto.
Il colore non è una grandezza fisica ma una qualità della sensazione visiva e come tale è un'entità puramente soggettiva e incomunicabile. Ciò pare negare a priori ogni misura del colore, ma così non è se si considera che persone diverse possono essere in accordo circa le *uguaglianze di colore*, cioè convenire che radiazioni fisicamente diverse appaiono cromaticamente uguali. La colorimetria si fonda su questa corrispondenza univoca tra radiazioni 'visibili' e sensazioni di colore. Tale corrispondenza è giustificata dalle proprietà dei meccanismi responsabili della visione dei colori. E' allora chiaro che la colorimetria non può essere disgiunta dallo studio del fenomeno della visione a colori, nel quale affonda le sue radici. La visione è un fenomeno che da sempre ha stimolato ed attratto l'uomo e si presenta come un complicato processo di traduzione ed elaborazione che inizia con l'assorbimento di quanti di luce di opportuna energia da parte dei fotoricettori della retina dell'occhio e coinvolge l'attività di larga parte del sistema nervoso. La percezione del colore è uno dei risultati del fenomeno visione.



Andamento spaziale e temporale delle onde piane.

Per giungere alla descrizione odierna del fenomeno il cammino è lungo e si deve superare l'antica dicotomia tra *lumen*, agente esterno dell'osservatore, e *lux*, fenomeno psichico. L'idea nuova è di Galileo Galilei (discussa nel *Saggiatore*), ma è con Isaac Newton, nella seconda metà del 1600, che prende chiaramente corpo: i colori, come caratteristica della lux, non sono una modificazione del lumen, ma il risultato dell'azione fisica, fisiologica e psicologica del lumen sul sistema visivo dell'osservatore. Newton, nel suo libro di *"Ottica"*, esprime questo concetto con una frase di grande effetto, che induce alla meditazione: "*In realtà, i raggi, opportunamente espressi, non sono colorati*" [*Indeed, rays, properly expressed, are not coloured*]. La colorimetria ha così le sue prime basi scientifiche.
La **fisiologia della visione** entra in campo con forza solo più tardi, nel 1800. In questo secolo, in un susseguirsi di intuizioni profonde sulla fisiologia della visione (Thomas Young, 1802) e sulla formalizzazione matematica (Hermann Günter von Grassman, 1853) si pongono le condizioni per cui James Clerk **Maxwell** (1860), definendo ed attuando le combinazioni additive del colore, rende questa disciplina pienamente

scientifica. Ma a quel tempo vi sono ancora ipotesi non provate che riguardano la fisiologia, mentre la fenomenologia della visione porta a problematiche di dimensione storica: la controversia **Helmholtz-Haring** rimane aperta per molti decenni e trova epilogo solo in anni recenti.

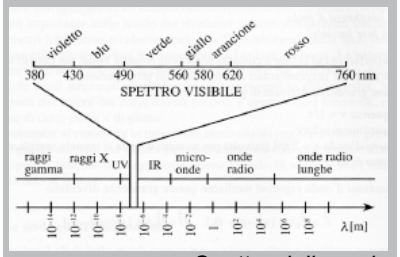
Nel 1920 anche Ervin **Schrödinger** si occupa di colorimetria e di visione; con il suo nuovo lavoro contribuisce a porre le basi del riferimento usato nel 1931 per definire il primo standard colorimetrico".[4]

La colorimetria non rimane ferma sulle basi di Maxwell, ma procede per fasi successive non ancora concluse. Le varie fasi hanno nomi in lingua inglese, secondo la consuetudine scientifica odierna, che richiamano le operazioni o le grandezze che le caratterizzano:

1. la prima fase, detta del *colour matching*, ossia dell'uguagliamento dei colori, ha valore oggettivo, cioè i colori sono numericamente specificati (fase proposta operativamente da Maxwell, 1860);
2. la seconda, della *colour difference*, letteralmente della differenza fra colori, è la fase psicometrica, riguarda appunto le scale del colore, ha valore oggettivo ed è posta da Hermann von Helmholtz (1891-92);
3. l'ultima fase, nota come *colour appearance*, riguarda la "percezione" e, nonostante il suo valore prevalentemente soggettivo, tende a dare una specificazione numerica dell'apparenza del colore. Infatti, in senso strettamente psicofisico, la *colour appearance* studia il colore percepito sotto l'influenza di più fattori apparentemente contraddittori:

- da un lato il fenomeno noto come "*costanza del colore*", secondo cui il colore percepito degli oggetti illuminati sembra rimanere invariato al cambiare dell'illuminazione;
- dall'altro la "*mutevolezza*" del colore percepito in relazione al contorno, allo sfondo e al livello di illuminamento.

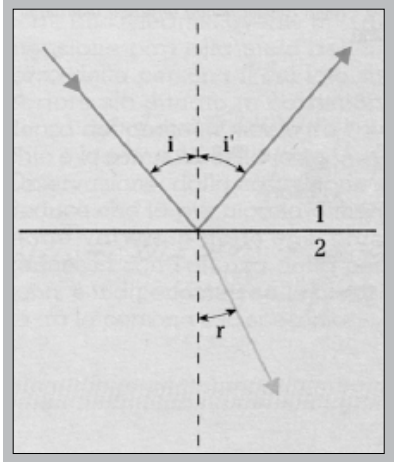
Le grandezze definite nella fase del *colour matching* sono solitamente dette *psicofisiche*, mentre quelle della *colour difference* sono dette *psicometriche* e infine quelle della *colour appearance percepite*. Così come c'è il colore percepito, il colore psicofisico ed il colore psicometrico. Tale terminologia richiede che alcuni concetti siano opportunamente definiti e certe ambiguità risolte. Come si è detto, la colorimetria riguarda più discipline. Tutto ciò che avviene all'esterno del sistema visivo è relativo alle radiazioni elettromagnetiche e alla loro interazione con la materia, fenomeni studiati dalla fisica e dalla fotochimica. La radiazione elettromagnetica, raggiungendo l'occhio, subisce rifrazione, viene filtrata da pigmenti inerti e infine interagisce con i fotoricettori.



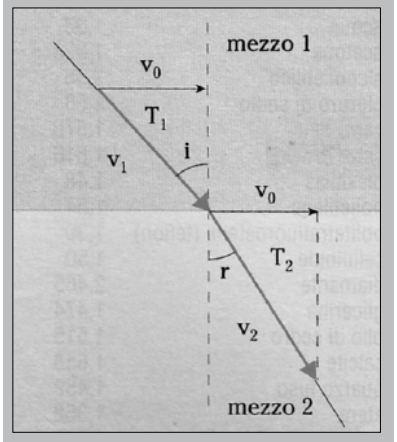
Spettro delle onde elettromagnetiche con la regione visibile espansa



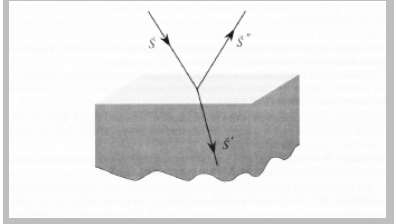
Intervallo (spettro) delle radiazioni elettromagnetiche, differenziate sia per lunghezza d'onda (espressa in metri), sia per la frequenza (espressa in Hertz).



a- Se un raggio di luce incontra la superficie di due mezzi trasparenti, in parte si riflette ritornando nel primo mezzo e in parte si rifrange penetrando nel secondo mezzo, ove si propaga con direzione diversa da quella del raggio incidente.



b- Velocità dei corpuscoli di luce di Newton in due mezzi a diverso indice di rifrazione



Riflessione, rifrazione e vettore di Poynting

Dalla fisica e dalla chimica si passa alla 'fisiologia' della generazione dei segnali nervosi, della loro elaborazione, codifica e trasmissione, dalla retina al cervello. Infine si giunge alla 'psicologia', la quale indaga l'ultima fase della visione, la più profonda.
La contiguità di queste discipline porta a definirne nuove:

- la *psicofisica*, che studia le relazioni tra lo 'stimolo' rappresentato dalla radiazione elettromagnetica che investe l'occhio (comunemente detto "luce") e come tale è una grandezza fisica, e la 'risposta' del sistema visivo, che è di natura psicologica;
- la *psicofisiologia*, che studia le relazioni tra i meccanismi sensori, propri della fisiologia e ciò che è percepito, proprio della psicologia.

Le tre fasi storiche della colorimetria possono essere considerate tutte come parte della psicofisica.

Occorre fare un'ulteriore distinzione fra *percezione del colore* e *sensazione del colore:*

- la *percezione del colore* è un fenomeno complesso, definibile come un'impressione di colore soggettiva, condizionata dalla situazione d'osservazione e frutto di una interpretazione mentale;
- la *sensazione del colore* è un'esperienza soggettiva dovuta alla stimolazione dei fotoricettori dell'occhio da parte di una radiazione elettromagnetica 'visibile'; essa prescinde da ogni condizionamento ed elaborazione mentale.

In realtà la distinzione non si riferisce a entità psicologiche differenti. Essa riguarda piuttosto la complessità delle condizioni osservative. Quando il colore viene studiato in condizioni estremamente impoverite, prescindendo, per quanto possibile, dall'oggetto a cui appartiene, si ottengono delle misure soggettive molto stabili, comunemente qualificate come caratteristiche delle capacità sensoriali. Quando il colore viene studiato nel contesto naturale, si parla di percezione. In colorimetria si considerano le sensazioni di colore, ma si parla comunemente di colore percepito in contrapposizione con il colore fisico.

"Il ***colore*** *vie*ne spesso definito come un attributo della luce, la quale viene percepita dall'occhio umano. Questa può essere descritta mediante una serie di fenomeni e di proprietà rese evidenti dall'esperienza:

- in un materiale omogeneo e nel vuoto la luce si propaga in linea retta;

- il suo percorso viene normalmente deviato nel passaggio fra mezzi diversi come natura o come proprietà fisiche (ad esempio la densità);
- viene riflessa dalle superfici;
- nel passaggio in oggetti di forma opportuna, come lenti o prismi, può essere 'scomposta' in ventagli multicolori;
- può essere dispersa in maniera non intuitiva, per esempio nel passaggio di fenditure molto sottili.

E' inoltre necessario osservare, che in realtà noi vediamo la luce nel suo propagarsi nello spazio, ma solo quella parte di essa che arriva ai nostri occhi. Infatti, quando vediamo i 'raggi di luce', per esempio in una stanza in ombra, in realtà gli occhi sono stimolati dalla luce diffusa dalle particelle di polvere illuminate dal sole.

Ciò che noi vediamo è la materia, quando emette luce, o il frutto dell'***interazione tra luce e materia***, che ne modifica il cammino per *deviazione* (come nelle lenti), per *riflessione* (come negli specchi o nei materiali opachi) o per ***diffusione*** (come nei vetri smerigliati, appunto i materiali traslucidi).

Un raggio luminoso che incontra la superficie di separazione di due mezzi trasparenti diversi, detto ***raggio incidente***, dà luogo a due raggi, di cui uno, chiamato ***raggio riflesso***

La ***riflessione*** è il fenomeno per cui la luce, incontrando una superficie che separa due mezzi con indici di rifrazione diversi, viene riflessa propagandosi nello stesso mezzo da cui proviene. Può essere *regolare o speculare*, quella che si osserva su superfici lucide come il vetro, mentre è detta *diffusa*, quella riscontrata tipicamente per i materiali opachi, quelli traslucidi e per le superfici *matt*.

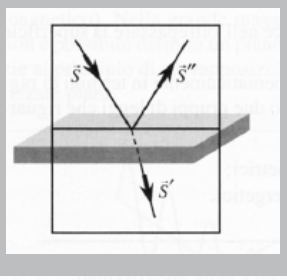
La ***rifrazione*** è la deviazione del percorso della luce nell'oltrepassare la superficie che separa due mezzi con indici di rifrazione diversi.

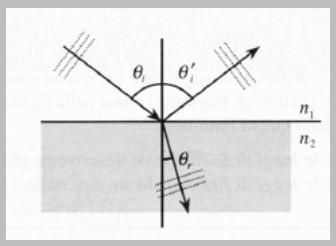
La ***diffrazione*** è un fenomeno di apparente distorsione delle onde quando esse incontrano un ostacolo (un filamento o più comunemente una fenditura) le cui dimensioni siano almeno in una direzione paragonabili alla lunghezza d'onda.

Nel caso ideale l'interposizione di una fenditura di larghezza infinitesima sul cammino di un'onda piana genere una serie di fronti d'onda sferici che si propagano oltre la fenditura.

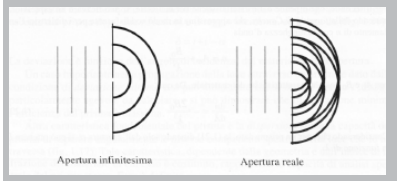
Nel caso reale di apertura con dimensioni finite, per il principio di Huygens, ogni punto dell'apertura diventa sorgente di onde sferiche.

I corpi non autoluminosi sono quelli che non emettono autonomamente luce e possono essere visti solo se illuminati. E' l'interazione tra la

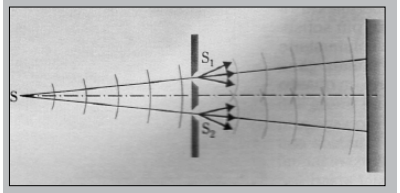




Rappresentazione delle leggi di Snell, che regola gli angoli di incidenza dei raggi di rifrazione.



Diffrazione attraverso una fenditura: caso ideale a sinistra, caso reale a destra



Mediante il dispositivo illustrato e ideato da Young nel 1801, i fori S1 e S2 equidistanti dalla sorgente S, si possono considerare per il principio di Huygens, due sorgenti coerenti di fonte luminosa.

radiazione elettromagnetica illuminante e i corpi che rende questi visibili e classificabili in base al colore e alla configurazione geometrica della luce. Il colore è in relazione alla distribuzione spettrale della luce mentre l'aspetto dei corpi è in relazione con la configurazione geometrica della luce. Quest'ultima porta a distinguere i corpi nel modo seguente:

- ***trasparenti*** sono quei corpi che possono essere attraversati dalla luce senza diffusione;
- ***traslucidi*** sono quei corpi, che, attraversati dalla luce, la diffondono;
- ***opachi*** sono quei corpi che non lasciano passare la luce".[5]

La **colorazione dei corpi** è prevalentemente dovuta all'assorbimento, il quale avviene in particolari *sostanze coloranti* [colorant] che possono essere schematicamente classificate in *coloranti* [dye] e *pigmenti* [pigment]. I coloranti si distinguono dai pigmenti per il fatto che, se posti in opportuni solventi, non creano diffusione della luce, mentre i pigmenti sono sempre diffusori. Inoltre i coloranti sono generalmente sostanze che si disciolgono nel mezzo e reagiscono chimicamente con questo costituendo un corpo omogeneo, mentre i pigmenti non si disciolgono e il corpo risulta disomogeneo.

I coloranti *acromatici* sono quelli che hanno un potere assorbente non selettivo nelle lunghezze d'onda e possono distinguersi in neri, grigi e bianchi. Questi ultimi sono anche considerati come puri *diffusori* [scatterer] non selettivi della lunghezza d'onda.

La diffusione dovuta a parziale riflessione e rifrazione è causata da *eterogeneità ottiche* nel corpo dovute a variazioni dell'indice di rifrazione. Questa si verifica nel caso di granuli di pigmento, aria, liquidi, ecc. dispersi in un mezzo otticamente diverso e in mezzi costituiti da macromolecole, le cui proprietà ottiche cambiano da punto a punto.

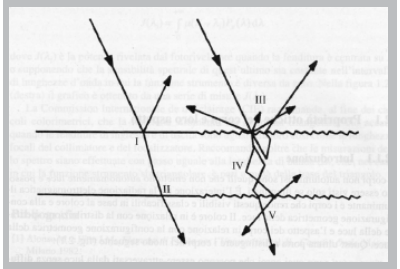
Il cambiamento di indice di rifrazione esistente nel passaggio tra aria e corpo costituisce una discontinuità ottica che produce una parziale riflessione e rifrazione[6].

Una superficie *scabra* può essere considerata come una successione di elementi di superficie piana differentemente orientati, i quali sono luoghi di riflessione e rifrazione. Una superficie levigata presenta

Fattori di lucidezza e angoli di misura

Fattore di lucidezza {gloss factor}	*Tipo di lucidezza*	*Angolo di misura*
maggiore di 70	piena {full gloss}	per tutti gli angoli
compreso tra 35 e 70	semi {semi gloss}	60°
compreso tra 20 e 35	a guscio d'uovo {eggshell}	60°
inferiore a 15	piatta o matt {flat or matte}	85°

riflessione regolare o speculare e una superficie scabra presenta *riflessione diffusa*. L'aspetto superficiale dei corpi dipende dalla scabrezza della loro superficie e tale qualità viene valutata mediante la misurazione della **lucidezza**. Questa proprietà, comunemente detta in inglese '*gloss*', dipende dall'ammontare relativo del flusso di radiazione riflessa specularmente dalla superficie, che, a sua volta, dipende dalla levigatezza della superficie e dagli indici di rifrazione dei due mezzi. Il *fattore di lucidezza* [gloss factor][7] viene solitamente rappresentato su scala percentuale in funzione dell'angolo di misurazione.



Visione secondo l'ottica geometrica del percorso di un raggio di luce in interazione con un corpo: (I) riflessione regolare o speculare e rifrazione secondo le leggi di Snell su una superficie liscia; (II) trasmissione regolare o speculare; (III) riflessione diffusa su superficie scabra; (IV) diffusione interna dovuta ad eterogeneità ottiche; (V) trasmissione diffusa dovuta a superficie scabra e a mezzo diffondente. All'interno del corpo può esistere anche assorbimento e fluorescenza.

La luce all'interno di un mezzo colorato e trasparente non cambia direzione e la colorazione è dovuta ad assorbimento selettivo in lunghezza d'onda.[8] L'assorbimento in generale è dovuto alla presenza di coloranti e il corpo si presenta otticamente omogeneo e privo di discontinuità.
Se il mezzo è colorato e traslucido, al suo interno avvengono simultaneamente diffusione ed assorbimento, fenomeni selettivi in lunghezza d'onda. La colorazione di tali mezzi è detta *sintesi sottrattiva semplice.* I mezzi torbidi sono classificabili in base allo *spessore ottico* [optical thickness]: *sottili* [thin], dove a maggior parte della luce viene diffusa, con un solo evento di diffusione; *intermedi* [intermediate], ove la luce viene quasi totalmente diffusa per diffusione multipla; *spessi* [thick], ove la luce subisce solo diffusione multipla.
I fenomeni presenti nel mezzo colorato opaco sono gli stessi del mezzo colorato traslucido, ma si presentano in entità tale da non dipendere dallo spessore del mezzo. La colorazione in questo caso è detta di *sintesi sottrattiva complessa.*
Si ha quindi **diffusione** della luce quando questa, interagendo con la materia, cambia direzione di propagazione con diverse intensità e in funzione della lunghezza d'onda e la materia è come se emettesse luce propria. Tale emissione è impropria e il fenomeno è detto anche *luminescenza impropria.* La causa della diffusione sta nella disomogeneità ottica del mezzo attraverso il quale la luce si muove.
La traslucenza e la opacità sono generate dalla diffusione della luce, che può avvenire per discontinuità ottica all'interno del corpo, la quale a sua volta è dovuta o alla presenza di granuli di pigmento, di bollicine d'aria o alla complessità molecolare del mezzo in cui sono disciolti i coloranti.[9]
E' possibile infine concludere a tutto ciò è indispensabile unire una conoscenza di base della fisiologia della visione, perciò dell'occhio umano, relativa nello specifico alla visione a colori.

1.3 La percezione della traslucenza

Il presente capitolo tratterà le teorie che si sono alternate sulla percezione dei diversi gradi di trasparenza basandosi sulle teorie di psicologia percettiva e sulla teoria fisica dei colori vista nel paragrafo precedente. Esso parte quindi dalla considerazione generale della traslucenza come grado di percezione visiva e soprattutto psicologica intermedio fra la trasparenza e l'opacità.
Lo sviluppo storico degli studi di psicologia percettiva inizia nel 1867 con il fisiologo e fisico Hermann Von Helmholz, il quale, dopo aver spostato la questione dalla trasparenza alla sua impressione, individua due ordini di fattori che permettono il verificarsi dell'impressione di trasparenza: quelli figurali e quelli cromatici. I primi determinano il costituirsi dell'oggetto trasparente come distinto da altri oggetti (opachi) e dallo sfondo, i secondi determinano le condizioni per il verificarsi della scissione dei colori trasparente e opaco. Negli esperimenti affrontati dallo studioso è necessario che l'area di sovrapposizione tra superfici con colore trasparente e opaco sia unica e che i due colori siano posti su piani diversi. Helmholz dichiara possibile la distinzione del colore di un corpo trasparente da quello di un corpo opaco retrostante: l'occhio umano, nonostante sia colpito da un'unica stimolazione cromatica, è in grado di trasmettere al cervello due colori distinti. Tali considerazioni trovano Hering (1888) contrario: egli nega che il cervello umano sia in grado di scindere una stimolazione cromatica che risulta unica nel tempo e nello spazio (un unico punto di osservazione). Al di là delle dispute teoriche e sperimentali, quello che gli studiosi ereditano dalle teorie di Helmholz ed Hering è un restringimento del campo di indagine alla spiegazione di come sia possibile vedere due colori distinti quando lo stimolo cromatico è unico.
Per i fattori figurali il ruolo della stratificazione spaziale dell'oggetto o figura trasparente rispetto ad altri opachi è determinante: accentuare la distinzione dei piani significa accentuare l'impressione di trasparenza. Tali condizioni sono state alla base delle soluzioni adottate dai pittori nelle loro opere per ottenere effetti di superfici diafane, le quali presentano sempre una chiara definizione geometrica e collocazione spaziale, con frequenti sottolineature di ciò che sta dietro e davanti.
I fattori cromatici, rispetto a quelli figurali, hanno maggiormente interessato gli studiosi di psicologia percettiva, i quali hanno prodotto posizioni teoriche più diversificate in funzione delle epoche e impostazioni culturali. F. Metelli, riprendendo gli studi di Helmholz, sviluppa una teoria sulla trasparenza delle superfici acromatiche che

tuttora è ritenuta valida e che costituisce un modello applicabile alla trasparenza con superfici cromatiche, con risultati soddisfacenti. Egli crea un modello matematico per quantificare il colore trasparente. Afferma che quando vi è una impressione di trasparenza, il nostro sistema percettivo opera una scissione, per cui il colore si sdoppia in due: quello trasparente e quello opaco. In tale scissione l'oggetto trasparente viene percepito come uniforme per trasparenza e colore.
Poiché il processo percettivo è letto come fenomeno inverso rispetto alla fusione, per analogia con essa, vengono impiegate le stesse semplici formule matematiche ma lette in senso inverso. In tal modo, partendo dai colori che sono fisicamente presenti nella situazione osservata, è possibile derivare quale sia il colore dello strato trasparente e quanto trasparente esso appaia. Facendo riferimento alle leggi che regolano la mescolanza dei colori, in particolar modo quelle di Talbot e Plateau, il modello di Metelli è riassumibile in una semplice equazione matematica, per cui i colori A e T, le cui misure, in termini di riflettanza sono a e t, presi in proporzioni α e (1-α), se addizionati, determinano il colore P con riflettanza p.

$$\alpha a + (1-\alpha)\, t = p$$

a;t: valori di riflettanza
α; (1-α): valori di proporzione di colore
p: colore percepito, ottenuto da diverse mescolanze di colori e riflettanze.

Osvaldo Da Pos (1976) riprende il modello di Metelli e lo estende ai casi di trasparenza cromatica. In essi i parametri da considerare sono tre, x, y, z, in base alla composizione dei tre colori base (rosso, giallo, blu). Egli introduce anche il concetto di trasparenza parziale, una situazione in cui la superficie trasparente è percepita solo parzialmente, in una sua parte, andando così ad identificare anche i gradi di trasparenza, fra cui la traslucenza. Tale modello appare molto complesso per la quantità di variabili da considerare.
Una ulteriore teoria è data da Beck, il quale parla di miscela sottrattiva, ovvero di un processo per cui lo strato trasparente opera una filtrazione spettralmente selettiva dello sfondo, come quello operato dai pigmenti impiegati nella pittura per sottrarre o assorbire alcune componenti del fattore luminoso incidente. Tale teoria non impiega alcun modello matematico, ma fa solo riferimenti a dati empirici. La teoria di Metelli appare utile in quanto permette una quantificazione della trasparenza,

ma non tiene conto della differenza che intercorre tra valori fisici e percepiti. Per tale motivo Metelli prova a sviluppare un secondo modello impiegando misure psicofisiche - i valori della Scala di Munsell per i diversi colori - e stabilendo una relazione univoca tra misure percettive e fisiche.
Riconsiderando il pensiero fisiologico ed empirista, il modello matematico di Metelli viene integrato con il Sistema Naturale di Hering, il quale non fa riferimento a conoscenze di natura fisica o chimica o fisiologica, ma solo psicologica. Egli definisce come unica caratteristica della percezione cromatica la somiglianza: un colore può avere maggiore o minore somiglianza al bianco (e di conseguenza al nero, ovvero la mancanza di luce), a un colore unico, o a colori opposti (caso dei colori misti). La sensazione percettiva non ha valore quantitativo, ma solo qualitativo. Il sistema impiegato da Hering per ordinare i colori, viene denominato *Sistema Naturale dei colori* e consiste in una rappresentazione geometrica di un doppio cono composto da triangoli equilateri rappresentanti i diversi colori, aventi come caratteristica comune il fatto di avere un lato che unisce i due estremi bianco-nero e gli altri due che uniscono il nero con un colore unico e il bianco, anch'esso con un colore unico.
Il modello di Metelli e quello di Hering sono integrati, in quanto compatibili: al posto della riflettanza viene impiegato il grado di somiglianza percettiva.

$$\alpha = (p-q)/(a-b)$$

Il vantaggio di tale sistema integrato consiste nell'aver esteso un modello matematico, la cui validità è riconosciuta dalla comunità scientifica, alla trasparenza di superfici cromatiche, inserendo all'interno delle equazioni impiegate modelli empirici di corrispondenza comparativa.[10]

1.4 La luce: 'materiale' per involucri traslucidi

"La luce crea ombre e plasticità, influenza notevolmente la piacevolezza di uno spazio; è uno dei fattori costituenti il comfort ambientale; sapere come controllarla è fondamentale nel progettare e in qualsiasi intervento atto a migliorare gli spazi interni. E' elemento di progettazione estremamente ricco e versatile, grazie alla sua capacità di modificare lo spazio senza ostruirlo. La facile flessibilità della luce permette infatti di disegnare spazi, definire funzioni anche senza intervenire sulla struttura architettonica.
L'intrinseca intangibilità dell'effetto luce può offrire un'alternativa alla composizione tradizionale di uno spazio o di un'architettura, creando

una progettazione non volumetrica ma interpretativa, capace di generare nuovi equilibri, nuove relazioni e di scoprire valori latenti nel già costruito.

Progettare con la luce significa anche intendere la costruzione dello spazio oltre la fissità materiale e temporale. La luce come quarta dimensione dell'architettura interpreta gli spazi, li rende percettibili, visibili".[11]

"La luce è un elemento determinante dell'architettura".[12]

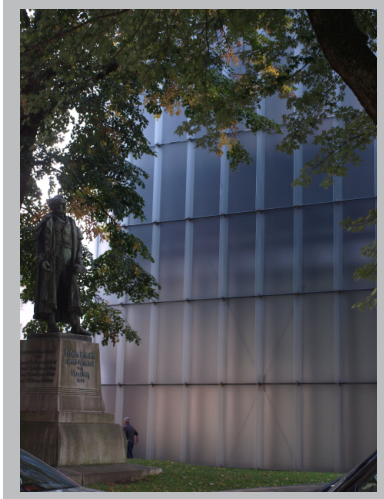
La luce rappresenta per Louis Khan (1901-1974) molto più che un semplice strumento di percezione delle cose, tanto da essere considerata fonte stessa della materia. Essa è generatrice sia dell'esterno, che dell'interno, *non esiste più la parete bucata da finestre, ma è la forma dell'edificio che diventa generatrice di luce (*vedi Palazzo dell'Assemblea di Dacca*).* "*La materia è luce consumata. Voi siete luce consumata, le montagne sono luce consumata, le piante sono luce consumata, l'atmosfera è luce consumata, l'acqua è luce consumata. Tutta la materia è luce consumata. Se conoscete gli ordini, l'inverso può essere altrettanto vero, che la materia può trasformarsi in luce. Non si sa*".[13]

Dall'architettura del XX secolo ad oggi la luce, prima solo naturale poi anche artificiale, diventa una questione centrale. Luce intesa non solo come mezzo per rischiarare l'interno degli edifici o come simbolo più classico della trascendenza, ma anche come materiale da costruzione autonomo, che l'architettura, in particolare nel suo involucro, provvede a mettere in scena. Allo stesso tempo la luce viene sfruttata al meglio per smaterializzare lo spazio, la cui importanza è legata non tanto a ragioni funzionali e fisiologiche quanto al fatto di creare atmosfere e dinamismi sensorialmente ricchi, ad articolare lo spazio secondo nuove prospettive. In un tale contesto il valore architettonico della traslucenza, intesa come trasparenza di un materiale alla luce, e pertanto come una sua applicazione ai materiali, è inscindibile dalla progettazione qualitativa della luce.

Nella **Kunsthaus di Bregenz** (1997) l'architetto svizzero Peter Zumthor, ad esempio, tratta la luce come elemento di attrazione visiva e percettiva. Gli spazi espositivi sono completamente opachi (calcestruzzo a vista) in corrispondenza delle pareti, che terminano con un controsoffitto in vetro traslucido. Attraverso questi controsoffitti la luce, che penetra lateralmente negli spazi di interpiano attraverso la doppia pelle dell'involucro, crea un'illuminazione diffusa nelle sale di esposizione, che occupano ciascuna un intero livello. Le sale hanno una struttura così semplice che la luce naturale si diffonde in maniera uniforme e



Palazzo dell'Assemblea di Dacca, Lousi Kahn.



Involucro in vetro satinato della Kunsthaus di Peter Zumthor a Bregenz, Austria.

La luce messa in scena nella Kunsthaus di Bregenz.



viene percepita quasi come un fenomeno particolare. Impressione rafforzata dall'impercettibile supporto che l'illuminazione artificiale offre a quella naturale, integrandole quando diventa insufficiente, in modo da mantenere la luminosità dell'ambiente costante e creando un effetto di ribaltamento sulla percezione esterna dell'involucro dell'edificio: da corpo evanescente durante il giorno, piano piano nelle ore della giornata, si trasforma in 'lanterna' opalescente la notte.

L'attenzione sugli effetti prodotti dalla penetrazione della luce naturale negli ambienti interni è il tema dominante anche il progetto di Herzog & de Meuron per il **centro commerciale Fünf Höfe a Monaco** (2001). Una sorta di tessuto di maglia di alluminio brunito anodizzato è sospeso come una tenda davanti ad alcune parti del fronte su strada. Le luce naturale che penetra attraverso la maglia metallica crea pattern vivaci negli ambienti retrostanti - un effetto raffinato che sfrutta la luce naturale come un materiale da costruzione.

I due architetti svizzeri, Herzog & de Meuron, in più casi hanno messo "in luce tutte le sfumature del loro lessico definito dall'uso di materiali eterogenei - mai scontato - e della loro sintassi architettonica, in continuo divenire (...) L'applicazione di trame o di messaggi sulle cortine vetrate, in combinazione con un ricercato studio degli effetti percettivi indotti dall'incidenza luminosa sugli edifici, ferme restando le loro caratteristiche morfologiche e volumetriche, risultano elementi determinanti per la qualificazione degli oggetti edilizi progettati. La sperimentazione operata in questa direzione ha condotto i due architetti svizzeri sia al superamento del significato del vetro come sinonimo di

trasparenza, sia di 'neutralità' di questi rispetto all'edificio che sottende. L'uso della **tecnica della serigrafia** applicata al vetro o al policarbonato viene interpretata in modo del tutto originale, quasi scultoreo. Estetica e funzione risultano difficilmente distinguibili in quanto fuse in un tutt'uno che porta, a seconda dei casi, a privilegiare l'uso di iscrizioni tipografiche serigrafate rispetto ad un alternanza tra trasparenza e opacità per il controllo della trasmissione solare delle facciate (**edificio SUVA a Basilea,** 1988-1993), o a scegliere, come per la **sede dell'industria RICOLA Europa** (1992-1993) a Mulhouse in Francia, una applicazione seriale di una fotografia di una pianta, "Achillea Ombrellata", di Karl Blossfeldt come elemento di comunicazione (...), ma anche come sistema di controllo dell'introspezione visiva delle attività interne e delle qualità termoigrometriche indoor."[14]

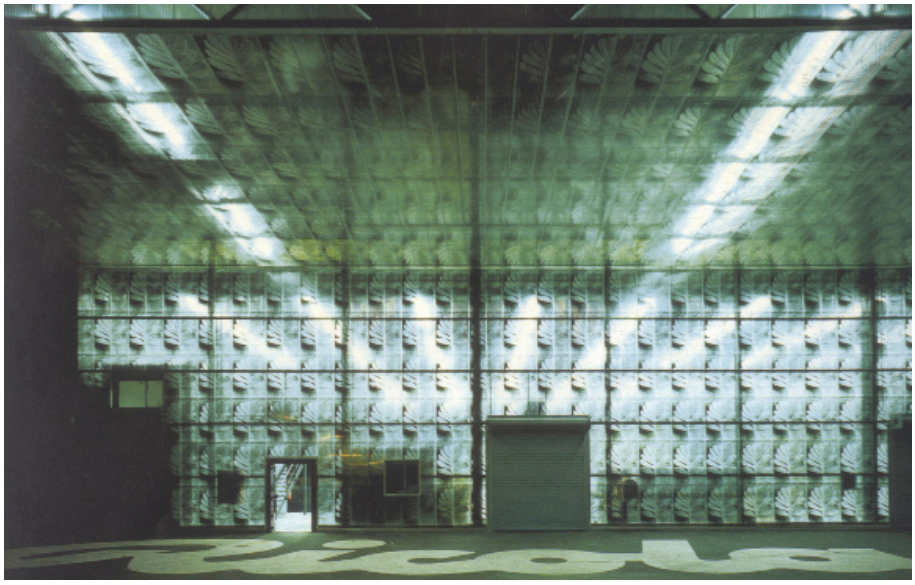
Sviluppare progetti artistici di luce costituisce una delle principali linee di sviluppo dell'architettura contemporanea. Essi sono trasversali alla magia luminaria delle nostre città che, al calare della notte, si dissolvono in una nuvola di luce. Niente caratterizza la metropoli moderna quanto la presenza nella notte di insegne al neon, che spesso nulla hanno a che vedere con un'immagine formale di qualità. Fa, infatti, una grande differenza, se gli oggetti sono solo illuminati o se diffondono luce propria discostandosi completamente dalle sembianze assunte durante il giorno. Sempre nuove tipologie di superfici traslucide illuminano le facciate che rimangono avviluppate in una dimensione quasi di inconsistenza.

L'architettura connette persone e materiali. Già il costruttore neolitico erigeva le proprie pietre al solstizio e in base alle fasi lunari. Quando l'imperatore Adriano fece costruire il Pantheon, gli architetti combinarono





Involucro serigrafato nell'Istituto di farmacologia di Herzog & De Meuron a Basilea,Svizzera 1995-1998



Involucro serigrafato per lo stabilimento produttivo RICOLA a Mulhouse in Francia 1992-1993

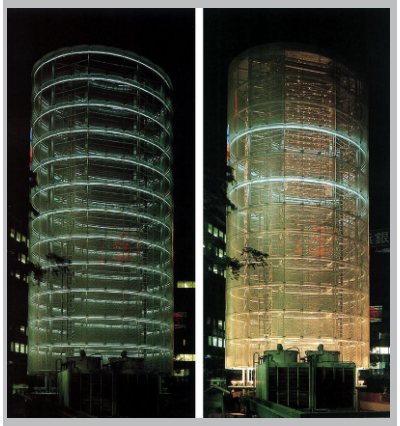
la precisione matematica con le prestazioni ingegneristiche ad una buona dose di teatralità. La luce è carica di espressività emotiva. Gli uomini ne sono incantati. Nessuno è comunque riuscito a cogliere meglio dei costruttori delle cattedrali, ad esempio nel periodo gotico, la luce naturale in tutte le sue mutevoli ed eterogenee sfumature. E fino ad oggi, le chiese non hanno perso nulla in quanto a drammaticità della luce. A lungo, la cattedrale è rimasta un'irraggiungibile modello.
Fino all'inizio del '900, i luna park e le esposizioni mondiali hanno dispiegato le loro luci profane e hanno offerto un accenno di quello che sarebbe stato lo sviluppo del XX secolo. L'invenzione della corrente elettrica muta ogni cosa, in primo luogo la percezione della città. La luce artificiale irrompe nelle città: nel 1901 si accendono le luci della Pan American Exposition di Buffalo, nel 1903 quelle del luna park sull'Isola di Coney e nel 1904 quelle della Louisiana Purchase Exibition a St.Louis.
Dunque, non c'è da meravigliarsi se negli Stati uniti si venne a creare il terreno per quello che oggi è chiamata "progetto luce". Negli anni '60 del '900, la progettazione illuminotecnica finalizzata alla percezione iniziò a considerare l'essere umano, con le sue esigenze, come fattore attivo della percezione e non più come semplice recettore di un ambiente visivo. Il progettista analizzava quale valore di posizione possedessero singole aree e funzioni. Sulla base di questo modello di significato divenne possibile pensare all'illuminazione come terzo fattore, dandole forma adeguata. Questo richiedeva criteri qualitativi e un vocabolario adeguato, che permettesse di descrivere sia i requisiti di un impianto di illuminazione, che le funzioni della luce. **Richard Kelly**[15] corredò la propria esperienza come tecnico di luci teatrali con teorie psico-percettive distinguendo tre diverse situazioni d'illuminazione: "*Ambient light", "Focal Glow" e "Play of Brillance*". Da un'illuminazione diffusa che consente di distinguere spazio e cose, attraverso la luce calibrata che organizza mediante una gerarchia percettiva il luogo accordando un significato alle cose presenti, fino all'illuminazione che diventa fonte d'informazione. E' così che le capitali del XX secolo catturano l'attenzione dei passanti con pubblicità lampeggianti e illuminano a giorno le città. Nelle immagini notturne di quest'epoca, ad esempio di New York, si fondono due prerogative dell'Epoca Moderna: la sensazione di accelerazione, di vita motorizzata con i suoi tram, i treni e le automobili, e l'effetto dell'illuminazione. Pannelli e *banner* pubblicitari estendono il paesaggio metropolitano quanto i grattacieli nella loro verticalità. Il neon rende la metropoli leggibile con un lessico continuamente estendibile, composto di messaggi concisi, di cartelloni



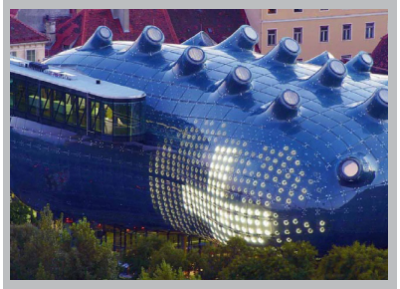


James Turrell, installazioni luminose.

cinematografici retroilluminati, di manifesti lampeggianti e di messaggi commerciali abbaglianti. Nel XX secolo, la città diventa improvvisamente palcoscenico di se stessa: "*Anche le stazioni di servizio sono illuminate quasi fossero statue di marmo*" reclama Ettore Sottsass.
Nel 1998, l'invenzione della lampada luminescente a gas promette un mondo migliore. Attraverso progetti intensamente poetici come l'edificio per **uffici della Società del gas di Lipsia** (1997), l'americano **James Turrell**[16] dà dimostrazione delle potenzialità dell'arte dell'illuminazione. Sovrappone colori come fossero mattoni: la facciata di vetro muta colore, dal rosso al blu. Riscaldamento ed aerazione sono associati a spettri cromatici opposti trasformando il doppio involucro di vetro in un *infoscreen*. Arte, luce e architettura instaurano un dialogo sempre in mutamento in grado di coinvolgere l'intorno e di reagire agli stimoli dello stesso.
Nella "*Play of Brillance*" dell'attuale mondo urbano, gli architetti devono essere registi della luce oppure cercare la consulenza di tecnici ed artisti. Le installazioni luminose create dall'architetto e il linguaggio drammatico di colori contrassegnano le nuove facciate che si spingono oltre l'immagine quotidiana. La **Torre del vento** (1986) di Toyo Ito e di Kaoru Mende mostra la metamorfosi di un'ordinaria torre dell'acqua e della ventilazione in un oggetto scultoreo di luce alto 21 metri: 12 anelli, 30 luci a fascio e 1300 lampadine reagiscono, secondo l'impulso di un programma computerizzato, al rumore del traffico e al vento. La spettacolare facciata mediatica della **Kunsthaus a Graz** di Peter Cook e Colin Fournier con la consulenza di Kress+Adams, celebra il trionfo dell'utopia luminaria. Il **magazzino verticale ERCO** a Lüdenscheid mostra che spesso i progetti non spettacolari sono i migliori oggetti per le installazioni notturne e generano una particolare relazione fra progetto illuminotecnico e architettura. Nella scatola trasparente priva di presenza umana e dotata di sole attrezzature automatizzate, Schneider+Schumacher ideano un involucro in pannelli di vetro profilato, una pelle strutturale sempre mutevole nell'arco della giornata. L'installazione luminosa di Uwe Belzner non è da meno: di notte la pelle retroilluminata di azzurro e giallo chiaro accentua l'esile struttura portante. Il deposito verticale diventa manifesto di una filosofia aziendale.
Progetti di qualità come quelli citati dimostrano come già da alcuni anni l'attenzione per la progettazione integrata fra involucri permeabili alla luce e sistemi di illuminazione capaci di potenziare l'espressività degli edifici sia divenuto elemento fondamentale per l'architettura contemporanea. Si potrebbe dire che probabilmente ci troviamo



Diverse visulaizzazioni luminose della Torre dei Venti di Toyo Ito a Yokohama, 1986



Involucro in plexiglass con retroilluminazione dinamica realizzata con led della Kunsthaus a Graz, Austria 2003



Involucro in lastre di policarbonato magazzino ERCO a Lüdenscheid, Germania

all'inizio di una nuova fase dell'architettura 'della notte' che riprende e che fa proprie le esperienze delle metropoli del XX secolo e le sviluppa.

1.4.1 Il progetto della luce per l'involucro architettonico

Negli ultimi due decenni, il progetto della luce, naturale e artificiale, è parte fondamentale del progetto di architettura nella sua interezza. Ciò ha sviluppato in committenti e progettisti la consapevolezza dell'influenza della luce, in tutte le sue sfaccettature, sia sul comfort degli ambienti sia sulle possibilità espressive del prodotto architettonico. A dimostrazione di ciò, sempre più spesso, il progetto degli involucri degli edifici è affidato a team di figure specialistiche trasversali rispetto all'architettura: architetti, ingegneri impiantisti ed energetici, progettisti di facciate e della luce, ognuno per le sue competenze specifiche; arrivando a simulare la geometria dell'edificio attraverso modelli con speciali software.[17]

Durante il XX secolo, l'impiego di luce naturale ha assunto importanza anche ai fini del risparmio energetico e in futuro avrà un ruolo sempre maggiore nel progetto per le implicazioni economiche ed ecologiche, e per l'influsso sul benessere fisico e psichico dei fruitori. Importanti parametri nell'ambito del progetto sono la posizione dell'edificio rispetto al sole, il luogo e il suo intorno in relazione all'ombreggiamento. Il fabbisogno varia in relazione alla posizione geografica. Dato che la luce, insieme al paesaggio e al contesto urbano, caratterizza in modo decisivo un edificio, risulta particolarmente importante, sin dai primi schizzi di progetto, che architetto e committente stabiliscano in che misura la luce naturale dovrà influire sull'edificio. Se integrata in modo consapevole e adeguato, accentua il carattere di un edificio e, variandone l'atmosfera nel corso della giornata e delle stagioni, sottolinea la pluralità funzionali e e delle destinazioni d'uso. Le diverse situazioni metereologiche definiscono situazioni di luminosità che influiscono sul concetto di benessere dell'uomo in un ambiente. Da questi parametri ed osservazioni scaturisce il valore della progettazione della luce in rapporto alla componente traslucida delle superfici degli involucri architettonici. La traslucenza assume quindi un valore aggiunto laddove per le sue caratteristiche intrinseche partecipa al miglioramento delle prestazioni energetiche e di comfort dell'involucro architettonico, sia come filtrazione della luce (a scopo illuminotecnico e di contenimento della trasmissione di calore), sia come potenziale elemento di produzione, o quanto meno risparmio, energetico.

Attualmente quindi lo studio della luce, soprattutto negli ambienti di

lavoro (uffici, aule scolastiche, spazi espositivi, ecc..), viene valorizzato attraverso un progetto che trasferisca dinamismo sia agli ambienti interni che ne fruiscono, sia alla 'pelle' esterna dell'involucro che dialoga con l'intorno costruito. A sostegno di questo, è utile specificare che le ricerche effettuate sul ritmo sonno-veglia dell'uomo e il quadro delle malattie come la SAD (*seasonal effect disorder*), SBS (*sick building syndrome*) e ADD (*attentional deficit disorder*) mostrano quanto sia vitale per l'uomo il sufficiente approvvigionamento di luce naturale. In qualità e intensità, la luce naturale è nettamente superiore a quella artificiale: all'aperto una giornata di sole fornisce da 10.000 a 100.000 lux.

Dai manuali di fisica tecnica possiamo sapere la quantità di luce che deve illuminare una determinata stanza, le dimensioni delle finestre, ecc.., laddove valutazioni qualitative critico-estetiche sono forzatamente posteriori all'opera realizzata. La difficoltà di congruenza fra la strumentazione geometrico-spaziale dell'architettura e la strumentazione fisico-tecnica di misurazione dei flussi luminosi ha svincolato le considerazioni fisico-tecniche dal processo progettuale introducendole sotto forma di verifiche a progetto ultimato. Perché la luce possa diventare un componente importante della metodologia progettuale, occorre pensarla non tanto in termini quantitativi, quanto in termini qualitativi. A questo punta questa sezione della presente ricerca, ponendo l'attenzione su come la progettazione di involucri traslucidi in architettura sia imprescindibile da un corretto ed espressivo approccio alla progettazione della luce naturale ed artificiale di cui questi involucri sono concretamente permeati.

La propagazione della luce nell'ambiente può essere descritta secondo regole precise di tipo matematico e geometrico. L'occhio umano non risponde in maniera passiva e costante agli stimoli luminosi, ma ha un comportamento variabile in relazione all'intensità, al tipo ed alla direzione di provenienza dello stimolo.

Per garantire condizioni di comfort visivo accettabili in un ambiente occorre che il livello luminoso e l'indice di abbagliamento ricadano all'interno di valore di soglia definita dal tipo di attività. Queste soglie variano se lo stimolo è prodotto da luce naturale o da luce artificiale. Il cosiddetto **comfort visivo** dipende dalla facilità del nostro sistema di percepire ciò che ci interessa. Il primo elemento da verificare per il raggiungimento del comfort sarà la **qualità della luce** che deve essere sufficiente per distinguere i dettagli di ciò che vogliamo osservare in relazione al tipo di impegno visivo da svolgere, alla precisione richiesta per l'esecuzione del compito visivo, alle condizioni fisiche e

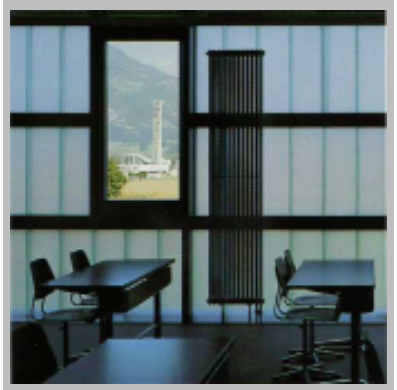
all'età dell'osservatore. Per compiti diversi sono stati indicati dalla CIE dei valori di illuminamento minimi necessari. Questi valori sono stati aggiornati nel tempo e sono cresciuti vertiginosamente raggiungendo valori spesso incompatibili con il solo ricorso all'illuminamento naturale. Il controllo dell'abbagliamento è il secondo elemento che concorre a determinare il comfort visivo. Si definisce abbagliamento l'effetto molesto per la visione causato dall'eccessivo contrasto tra elementi aventi luminanza[18] differente che si trovino nel campo visivo dell'osservatore.

Negli anni '70, ebbe inizio l'introduzione di vetri per il controllo solare le cui patine di rivestimento fungevano da filtro alle radiazioni solari. Talvolta erano impiegati vetri specchianti che rendeva gli interni particolarmente scuri. I vetri serigrafati laccati a fuoco rappresentarono un notevole progresso, in quanto le lastre possono essere stampate anche parzialmente e durante il processo produttivo. Le lamelle orizzontali e le persiane consentono una precisa regolazione della luce solare che può essere completamente dissolta o riflessa contro il soffitto. Esistono, poi, diversi sistemi che sfruttano l'intercapedine del vetro per integrare corpi ottici e profili, solitamente in vetro acrilico, atti alla riflessione della luce verso il soffitto di un ambiente. Le lastre prismatiche, introdotte nei sopraluce o nelle aree finestrate, consentono di riflettere verso l'esterno o contro il soffitto la luce del sole ma di lasciar permeare la luce diffusa dell'atmosfera. Dato l'elevato costo del sistema, si stanno ricercando sistemi più efficaci come le lamelle prismatiche regolabili nelle due direzioni similmente alle tradizionali veneziane. Nel vetro doppio si possono integrare anche profili a specchio con diverse superfici a specchio paraboliche disposte in modo tale che in inverno lasciano filtrare le radiazioni solari orizzontali, mentre in estate riflettono le radiazioni solari verticali. I *Laser Cut Panels* (LCP), integrati in un vetro a doppia lastra nei lucernari o come elementi mobili di facciata, riflettono il sole con l'ausilio di minuti tagli ricavati con laser nelle lastre di vetro acrilico. Gli elementi ottico-olografici (HOE)[19] sono composti di un film olografico disposto in vetro stratificato per deflettere la luce. Gli eliostati sono specchi che "inseguono" il sole e deflettono i raggi del sole sempre nella medesima direzione, consentendo di deflettere la luce del sole ad esempio dalla copertura di un edificio, attraverso una corte interna, verso i livelli inferiori. La meccanica di questi sistemi rende necessaria una certa manutenzione, mentre la loro resa dipende dalla dimensione dello specchio.

Ad esempio nella sede amministrativa dell'**Istituto regionale delle assicurazioni di Amburgo**[20], gli uffici si distribuiscono in un edificio



Esempio di Laser Cut Panels LCD
www.solartran.com

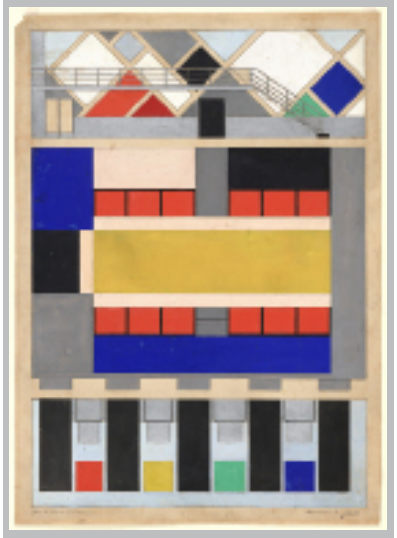


Istituto regionale delle assicurazioni di Amburgo

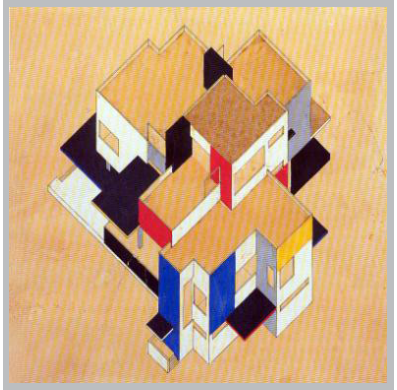
che si apre con diverse angolature verso il cielo e possiede una corte interna dove s'incontrano funzionalità e qualità di permanenza. Relazioni visive e connessioni creano uno spazio comunicativo cui s'integra un concetto che punta a massimizzare il comfort dello spazio interno e a sfruttare in maniera ottimale le risorse di luce naturale: scopo del progetto era creare uno spazio chiaro, illuminato uniformemente dalla colorazione neutra con la presenza di luce naturale per il numero di ore giornaliere maggiore possibile. Per tutti gli ambienti orientati verso l'esterno è stata condotta un'analisi che ha verificato la quantità di luce naturale; le finestre della corte interna fungono in parte da specchio che riflette la luce anche al fine di illuminare naturalmente gli uffici esposti a nord. L'analisi della situazione di un ufficio standard sul lato ovest ha rilevato fenomeni di abbagliamento dovuti al contrasto fra superfici chiare e scure oltre a fenomeni di riflessione. La norma DIN 5034, parte 1 e il regolamento europeo per i posti di lavoro al terminale impongono ottemperanza ai seguenti punti: buona protezione antiabbagliamento, buona permeabilità alla vista verso l'esterno; buon livello di sfruttamento della luce naturale con la riflessione; elevata autonomia di luce naturale in assenza di illuminazione artificiale. A questo proposito il progetto ha previsto l'installazione di una veneziana interna con lamelle concave doppie perforate su un lato. In base ad un modello di simulazione e ad un confronto con i valori raccomandati dalle norme DIN, sono stati rilevati fenomeni di abbagliamento ovviati utilizzando la parte superiore della finestra per deflettere la luce naturale. L'angolo di inclinazione massimo delle lamelle deflette la luce naturale contro il soffitto che a sua volta la riflette in profondità nello spazio. L'intensità d'illuminazione nell'ambiente sale a circa 300 Lux e con questo stratagemma si distribuisce più uniformemente nello spazio: nei locali dell'amministrazione generale è possibile mantenere l'85% di autonomia durante le ore di lavoro.

1.5 Cromatismi e involucri traslucidi

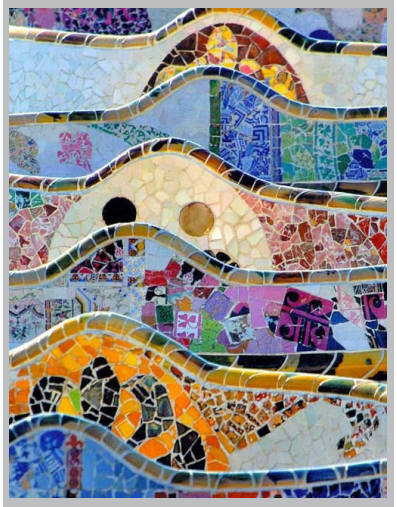
Da almeno tremila anni, gli architetti hanno fatto un uso continuo e talvolta vigoroso del colore, seppure ad oggi se ne conservi una piccola traccia. Le tinte si attenuano, il gusto cambia e apprendiamo la storia nelle sue trascrizioni. Nel 1833, il principe bavarese che fu nominato primo sovrano della Grecia appena divenuta regno decretò che le rovine dell'Acropoli di Atene, sbiadite dal sole, venissero spogliate di ogni elemento aggiunto, e il Partenone, nelle sue forme più pure, divenne il simbolo della rappresentazione del mondo classico. Le



Dipinto per il Cafè Aubette di Theo van Doesburg.



Studio per casa C. Eesteren di Theo van Doesburg.



A. Gaudì, Parco Guell, Barcellona

tracce del colori brillanti che fino ad allora avevano ricoperto il marmo scolpito furono ignorate o eliminate. Più tardi subirono lo stesso procedimento, ad esempio, anche molte cattedrali gotiche, che per questo si trasformarono fortemente. Le Corbusier intitolò un suo libro "*Quando le cattedrali erano bianche*", anche se, in realtà, in origine erano policrome, e così si sono mantenute laddove sono rimaste intatte le variopinte vetrate medievali. All'epoca fotografie in bianco e nero difficilmente potevano riprodurre le loro variazioni cromatiche e ciò determinò l'affermarsi del mito di un'architettura fondata sul purismo del bianco, che caratterizza tuttora le opere di Richard Meier. Ancora una volta si resta stupiti ad osservare gli edifici residenziali berlinesi di Bruno Taut e dei sui contemporanei, che li contraddistingueva alla fine degli anni Venti. Negli interni della **casa ricostruita a Dessau** che Paul Klee e Wassily Kandinsky abitarono durante i loro anni al Bauhaus, si contano ventitre diverse variazioni cromatiche. Nell'ingresso del **Cafè Aubette** di Strasburgo, un dipinto tridimensionale realizzato da Theo van Doesburg, in collaborazione con Hans e Sophie Arp, equivale ad un'immersione all'interno di un campo geometrico di colori primari.

Gli architetti contemporanei aggiungono sempre più frequentemente il colore al loro vocabolario stilistico. Per alcuni ne costituisce persino la firma. A partire dal Centre Pompidou, Richard Rogers si è servito dei colori primari per delineare le sue audaci strutture di acciaio. Jean Nouvel ha invece un modo teatrale di utilizzare il colore e manifesta una predilezione particolare per quei percorsi che da tenebrosi spazi bui immettono dentro un'esplosione di rosso. Sauerbruch Hutton, studio anglo-tedesco con sede a Berlino, ricorre ad una gamma di colori decisi e vibranti per i pannelli vetrati che compongono le facciate dei suoi edifici.

Barcellona è la città di **Antoni Gaudí**, colui che ha portato la tradizione catalana del colore e della decorazione all'apice dell'ingegno creativo. Le sue facciate movimentate e rivestite da magnifiche ceramiche, capaci di rappresentare l'anima dei luogo, sono state fonte d'ispirazione per la **Torre Agbar di Jean Nouvel in collaborazione con lo studio b720 Arquitectos, con struttur**a in calcestruzzo e rivestimento in vetro multicolore, che si eleva sulla *Diagonal*, a metà strada tra il centro e lo nuova zona commerciale sul lungomare. Occupato dagli uffici dello società idrica di Barcellona, costituisce un ideale *trait d'union* tra le guglie circolari della Sagrada Famiglia di Gaudi e lo *sky-line* della città. Sono 25 i colori laccati sui moduli in lamiera d'alluminio ondulato, che progrediscono nel rivestimento esterno per fasce disomogenee dal rosso al blu e vengono ripresi negli interni a lastre in acciaio modulari

e colorate; il secondo involucro esterno in lamelle di vetro stratificato propone livelli di trasparenza differenziati che si incrociano con la mappatura delle tonalità nella facciata sottostante. La mole e il volume della Torre si rendono quasi impalpabili, l'immagine da lontano si diluisce, verso l'indeterminatezza della cupola alla sommità, dalla struttura in acciaio e vetro semitrasparente.

Architettura e colore costituiscono un connubio a forte caratterizzazione, soprattutto se ci si riferisce alle attuali tendenze espressive riscontrabili negli involucri degli edifici. Nelle tendenze contemporanee la decisione progettuale di impostare valutazioni riguardo al colore non appare elemento di semplice impulso, di orientamento automaticamente decorativo o di supporto alla definizione di rapporti fra sfondo e figura, che traducono riferimenti pittorici in forma di costruzione codificata.

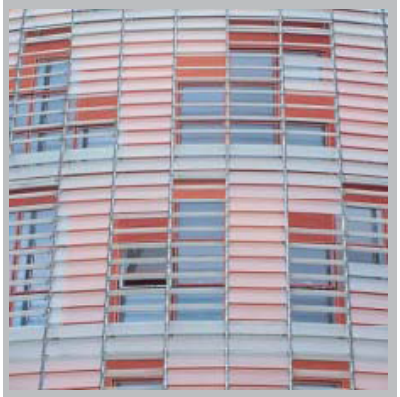
Colore significa anche sperimentazione di nuovi materiali, ricerca delle interconnessioni fra i volumi dell'architettura, accentuazione di una superficie esterna piuttosto che dell'organicità dei componenti costitutivi il progetto. Gerarchia fra le parti in contrapposizione alla determinazione di una continuità sostanziale: il colore in quanto mezzo di riflessione compositiva svolge una funzione che dichiara, mette in evidenza, sottolinea, accompagna lo sviluppo del volume, la determinazione dei materiali, la forma architettonica.

E la definizione del colore può operare in termini di sollecitazione organica, cercando di far cogliere una gamma di percezioni attraverso la densità, la brillantezza, la ricchezza di sfumature, la traslucenza appunto della superfici di involucro. Si può quindi interpretare il colore come acceleratore di funzioni dinamiche rispetto alla composizione di volumi architettonici, o si può attribuire al colore un intento dichiarativo che rende stabile e netta la presenza di suddivisioni, di priorità, di indicazioni per differenziare le singole componenti e funzioni dell'edificio.

Interno ed esterno propongono rapporti complessi, a loro volta, riguardo al tema del colore, aprendo una sorta di conflittualità fra mondi che si differenziano in senso percettivo, oppure collegando il trattamento delle superfici esterne alla dimensione più riparata degli interni, sia destinati ad uso pubblico, che ad uso privato.

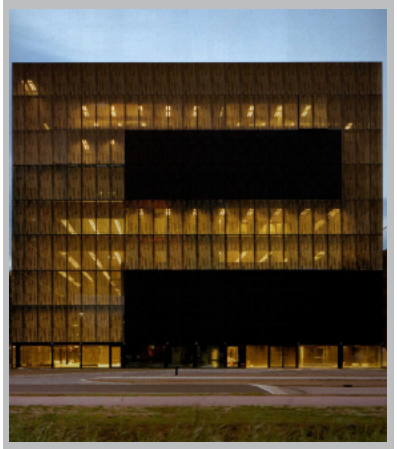
Si instaurano così relazioni indissolubili, nel caso specifico attraverso le superfici trattate, opalescenti, fra colore, 'pelle', materiali e luce: il colore diviene, per mezzo della superficie materica traslucida illuminata, una sorta di catalizzatore che evidenzia ed amplifica la struttura dell'architettura.





Vista d'insieme e dettaglio dell'involucro della Torre Agbar di Jaen Nouvel a Barcellona, Spagna







Il colore diventa rappresentazione simbolica, come nella complessa formulazione innovativa che gli architetti Neutelings e Riedjik compiono nell'**Istituto olandese per l'immagine e il suono**: l'immagine, che è il contenuto e il tema di studio dell'istituto, diviene forma dell'involucro esterno dell'edificio, attraverso centinaia di lastre di vetro su cui di riversano altrettante immagini, fotogrammi singoli resi astratti, ricavati da film e video.

Il procedimento di traslazione delle immagini, attraverso paste ceramiche fuse, fa sì che le lastre vetrate assumano la qualità di bassorilievi, che rende ancor più articolata la struttura del prospetto. La luce trasformata in fasci di colore enfatizza gli spazi interni, riverberando sulle superfici delle pareti interne, allo stesso modo in cui la retroilluminazione enfatizza di notte la traslucenza colorata dell'edificio. L'involucro traslucido, come si riscontrerà nelle analisi dei principali casi di studio, avrà valore aggiunto di filtro colorato oltre che luminoso per l'edificio.

La simbiosi di colore e materiale diviene simbolo che contraddistingue l'edificio e gli dà capacità di riconoscimento immediato, come nell'edificio berlinese di Sauerbruch e Hutton, una **stazione di polizia unita alla caserma dei pompieri**. Qui il prospetto viene reso dinamico dal veloce e molteplice scorrimento dei colori a smalto, dal verde al rosso, per linee orizzontali sulle lastre di vetro che si sovrappongono come scandole, apribili e con funzione di brise-soleil. La visione è quella che si ottiene dal movimento rapido, lasciando quasi indeterminati i confini e la materia dell'architettura; da vicino, la natura circostante si riflette sulle lastre colorate, in un tessuto diafano di forme astratte.

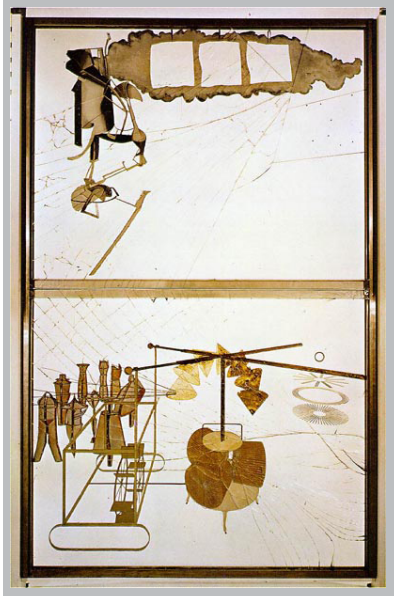
Se il meccanismo di astrazione e simbolizzazione assume rilievo, la **Biblioteca Universitaria di Utrecht**, nel progetto di Wiel Arets, costituisce un riferimento: l'architettura dimostra essa stessa relazioni alle forme del sapere, alla bipolarità di concentrazione e comunicazione che nella Biblioteca trovano diffusione. I prospetti dell'edificio, con una netta conformazione geometrica compongono un'opposizione di tessiture e materie, ed il colore diviene un tema astratto: il rivestimento esterno alterna zone rivestite con pannelli in calcestruzzo con finitura in rilievo di color nero a zone con lastre vetrate serigrafate, apribili, di trasparenza relativa e dominate dal motivo vegetale stilizzato. Vibrazioni di traslucenza e variazioni di riverbero sulle facciate: lo massa opaca e nera tende a influenzare le zone trasparenti, proponendo interruzioni e cornici che risaltano attraverso l'illuminazione artificiale. Gli interni mostrano il medesimo grado di astrazione con travi e porzioni di parete in calcestruzzo a vista e finitura nera, mentre spicca il contrasto del

rivestimento in gomma rossa per i tavoli di studio, in una rigorosa distinzione fra silenzio e parola, nel luogo della parola scritta.
Il tema della visione in trasparenza del colore, di questo effetto di traslucenza che movimenta e punteggia volumi rigorosi e geometricamente definiti, compare nel progetto dello studio Entresitio per il **Centro Diagnostico e di Cura a Daimiel**: il colore rosso acceso della lamiera in acciaio piegata, che riveste le pareti in laterizio, si configura come un sottofondo che riluce attraverso l'involucro esterno in lamelle microforate in acciaio che omogeneizza, come un tessuto, l'architettura.

1.6 Suggestioni culturali

Risulta indispensabile, ai fini della presente ricerca, analizzare, prima di tutto attraverso la lettura delle suggestioni culturali da cui deriva, il fenomeno architettonico contemporaneo per cui la progettazione dell'apparato esterno ha acquisito una notevole importanza dovuta senz'altro al fatto che la facciata di un edificio è punto di accumulazione di elementi di architettura e contemporaneamente protagonista del dialogo con tutto quello che gli è esterno (strada, piazza, ambiente, natura, altri edifici, ecc.): è il *frons scenae*, ovvero l'idea della trasposizione esterna di tutti i contenuti formali e semantici dell'edificio.
Ma tale crescente attenzione del progetto riguardo alla superficie esterna, che comunica con ciò che è intorno ad essa, deriva anche dall'introduzione di nuovi materiali piuttosto insoliti, o molto più spesso da un uso inedito – spesso supportato da tecnologie innovative oggi a disposizione – di materiali tradizionali o di materiali fino ad ora utilizzati con finalità differenti o in altri settori produttivi.
Se consideriamo il fenomeno come evento culturale in senso lato, possiamo notare come nella sensibilità contemporanea il progetto delle frontiere architettoniche sembra perseguire, con rinnovato interesse ed incontenibile inventiva, la raffinata e controllata smaterializzazione dell'oggetto costruito, o meglio la trasposizione su un piano di instabilità temporale e di ambiguità percettiva della sua consistenza materica apparente. Il progetto architettonico oggi vuole trasmettere una sensazione di intenzionale vaghezza e di tendenziale mutevolezza della propria immagine, continuamente variabile in funzione delle proprietà ottiche dei materiali adottati, della microstruttura delle superfici di rivestimento, della scala e dell'angolo di visuale, del tipo di illuminazione, nonché della posizione dell'osservatore nei confronti di tutto questo.

Si crea quindi una nuova percezione architettonica, la TRASLUCENZA, questa tensione verso la dissolvenza fra spazio interno ed esterno, conseguita modulando la qualità ed il grado della trasparenza – capacità architettonica, quella della trasparenza, già nota e gestita da tempo – attraverso sequenze di diaframmi filtranti, capaci di sfocarne linee, piani, trame e sagome.
Si identifica così quello che Jean Nouvel definisce lo *spessore della trasparenza*, realizzato attraverso l'esfoliazione dell'involucro in un contesto funzionale e compositivo in cui l'indipendenza e la simultanea riconoscibilità degli strati sovrapposti rendono indefinita la percezione della linea di margine dell'edificio.
Dall'arte all'architettura – dalla polvere alla traslucenza: la ricerca di una nuova sensorialità anche in arte, in particolare nel Grande Vetro di Marcel Duchamp, rappresenta il passaggio evolutivo dalla *percezione retinica* dell'arte - come dell'architettura - alla *percezione che tende alla materia grigia*.
L'involucro architettonico, "*la parete vetrata diventa un "Grande Vetro" duchampiano attraverso il quale guardare oltre, ma su cui, altresì, soffermarsi per apprezzare ciò che compare sulla superficie*".[21]
"*…i colori di Duchamp non esistono per essere visti ma per essere pensati…*"[22]
"*…Ovunque, nel Grande Vetro, Duchamp afferma il suo interesse per la traccia, per l'indice, attraverso l'uso di oggetti ancor più lontani dalla fotografia dei Pistoni a corrente d'aria. Nella parte inferiore del Vetro, quella dei Celibi, troviamo le sette forme coniche che chiamò i Setacci. Queste forme, colorate come quasi tutto il Grande Vetro con una sostanza che non è pittura a olio, sono state ottenute con il fissaggio della polvere che si era depositata sul Grande Vetro quando era rimasto disteso nello studio di Duchamp per diversi mesi. Duchamp intitolò Ėlevage de poussière (Allevamento di polvere) la fotografia che Man Ray fece all'opera in quello stato. Fotografo e artista la firmarono entrambi e diventò un documento in più nella raccolta delle Note….*"[23]
La ricerca di una nuova sensorialità: "*… In serra - [sulla lastra di vetro, colori visti in trasparenza]./ Mescolanza di fiori di colore cioè ogni colore ancora al suo stato ottico:/Profumi? di rossi, di blu, di verdi o di grigi accentuati verso il giallo, il blu, il rosso o di marroni impoveriti (il tutto in gamme)…*"[24]
"*... il Grande Vetro come una 'serra' in cui i colori trasparenti, effimeri come essenze profumate, emergono, fioriscono, maturano e avvizziscono simili a fiori e frutti…*"[25]
Si arriva alla concezione del READY MADE, definito da Duchamp come "…



Marcel Duchamp, La Mariée mise à nu par ses célibataires, même, 1915-23, Tecnica mista su vetro, 210 x 140 cm



Marcel Duchamp,Élevage de poussière, 1920, Fotografia di Man Ray,24 x 30,5 cm

oggetti di serie promossi dalla scelta dell'artista alla dignità di oggetti d'arte … scelta non dettata da un piacere estetico, ma basata su una reazione di 'in-differenza' visiva…", una differenza altra, positiva, che cerca e crea altro, da ciò che è evidente.

Tale concetto in architettura è paragonabile all'uso sperimentale di materiali già noti ed utilizzati, "elevati" ad elementi di finitura della frontiera architettonica, cioè l'elemento più rappresentativo del manufatto architettonico: la creazione di nuove superfici, che dialogano con gli elementi che circondano l'edificio, capaci di suscitare nell'utente una diversa percezione dello spazio. Una nuova attenzione alle diverse espressività dei materiali: "…Il nuovo è tale perché introduce delle componenti che prima non c'erano, ma anche e soprattutto perché modifica e riorganizza l'esistente…"[26]

Possiamo quindi parlare di un percorso concettuale che, partendo dalla trasparenza, passa attraverso la stratificazione di chiusure esterne, nelle quali si esplorano le caratteristiche prestazionali dei materiali nell'intento di velare, più che rivelare; in quanto l'opera architettonica si offre ad una molteplice e sempre rigenerante esperienza soggettiva. Fino alla trasparenza tecnologico-costruttiva, intesa come "discretizzazione" della materia, cioè la riduzione della sua ermetica compattezza, una microframmentazione dell'epidermide a favore della creazione di una superficie che appare come un'impalpabile filigrana attraverso la quale poter focalizzare i successivi piani proiettivi: la traslucenza.

Nell'analisi di questa tendenza dell'architettura contemporanea, si procederà nella lettura ed interpretazione critica di casi studio rappresentativi dei principali materiali espressivi della traslucenza. Si analizzeranno quindi le caratteristiche di quei materiali che per natura hanno insita già la capacità espressiva della traslucenza, che quindi, se sottoposti a semplici trattamenti/lavorazioni o addizionati in strati successivi con materiali di altra natura, sono in grado di filtrare al livello desiderato il passaggio della luce e la visione più o meno nitida di ciò che è posto dietro tale diaframma diafano. Tali materiali possono inoltre essere naturalmente distinti fra "pesanti" e "leggeri", in base al loro peso proprio, e declinati quindi nelle loro possibili applicazioni tecnologiche. La ricerca analizzerà inoltre quei materiali che, solo se sottoposti a "frammentazione" del materiale stesso, hanno modo di generare superfici traslucide; devono cioè essere trasformati, rispetto al materiale di base, in elementi filiformi, poi intrecciati o forati, attraversabili non completamente dalla luce e dallo sguardo, per garantire effetti scenografici e suggestivi soprattutto in presenza di un sistema di illuminazione artificiale (solitamente posizionato in

intercapedini interposte fra l'interno dell'edificio e la superficie diafana), che sappia valorizzare la natura del materiale.
Emerge con chiarezza la pervicace ricerca di *allitterazioni materiche*: traslucido ma non trasparente, l'involucro modifica in modo uniforme il proprio aspetto con il variare dell'angolo visivo, il momento della giornata e le condizioni luminose, sondando molteplici sfumature tra trasparente e traslucido.

Note

[1] GEORGES-CALONGHI, *Dizionario della lingua latina*, Rosenberg &Sellier, 3°edizione 9°tiratura, Torino 1967
[2] DEVOTO G., OLI G.C., *Vocabolario illustrato della lingua italiana*, selezione dal Reader's Digest, Vol.II, Milano 1980, pg.1395, e *Il Grande Dizionario Garzanti della lingua italiana*, febbraio1988, pg.2051
[3] Ibidem
[4] OLEARI C. (a cura di), *Misurare il colore*, Hoepli, Milano, 2002, pg. 1 CAFORIO ., FERILLI A., *Physica*, Le Monnier, Vol.2, Milano, 1994
[5] Ibidem
[6] I fenomeni di rifrazione e riflessione regolare sono descritti dalle leggi di Snell, che ne descrivono gli aspetti geometrici, e le leggi di Fresnel, che ne descrivono gli aspetti energetici.
[7] E' il rapporto fra il flusso della luce riflessa dalla superficie e quello della luce riflessa da una superficie di riferimento (in generale una piastrella di vetro nero) secondo una definita geometria di riflessione speculare, cioè con angolo di illuminazione e di visione fissati e uguali fra loro e con radiazione illuminante costituita da raggi paralleli.
[8] Fenomeno governato dalle leggi di Lambert-Bouguer e di Beer.
[9] E' possibile studiare tale fenomeno attraverso l'analisi semplificata avanzata di Kubelka-Munk, secondo la quale si considera la diffusione della luce solo all'indietro, nella direzione opposta a quella del flusso incidente. (cfr. Pg. 46 Ibidem)
[10] Da Pos O., Bortolatto L., *Effetto trasparenza*, da Atti del convegno internazionale di studi promosso da 'Le Venezie' centro triveneto per la cultura e le arti visive e Università di Padova - Centro dipartimentale di studi calore e arte, edizione Le Venezie, 1996
[11] RAVIZZA D., *Progettare con la luce*, FrancoAngeli, Milano 2001
[12] ROGORA A., *Luce naturale e progetto*, Maggioli Editore, Rimini, 1997
[13] cfr. WURMAN R.S., *What will be has always been,* word of Louis I. Kahn, Access, New York, 1986
[14] ZAFFAGNINI T., *La serigrafia come arte*, in Archingeo n.6/2002, Maggioli editore
[15] Richard Kelly (1919-1977) è stato un pioniere della progettazione illuminotecnica qualitativa, che riassume in un concetto unitario gli stimoli tratti dalla psicologia della percezione e dall'illuminazione scenica. Kelly si svincolò dal principio di un illuminamento unitario come criterio centrale della progettazione illuminotecnica, sostituendo il problema della quantità della luce con quello delle singole qualità della luce stessa, secondo una serie di

funzioni dell'illuminazione orientate all'osservatore che le percepisce. Negli anni '50 del '900 Kelly elaborò una distinzione fra tre funzioni fondamentali: ambient luminescence (luce per vedere), focal glow (luce per guardare) e play of brilliants (luce per osservare).

[16] James Turrell (Los Angeles 6 maggio 1943) è un artista statunitense, i cui lavori vertono principalmente sulla percezione della luce e dello spazio. A partire dalla metà degli anni Novanta, l'artista californiano inizia a concentrasi su progetti di illuminazione di edifici esistenti (a Lipsia e a Bregenz), trasformati così in sculture luminose.

[17] Attualmente per la simulazione della luce naturale si utilizza una fonte di luce con raggi paralleli. Lo specchio parabolico che genera questi raggi hanno un diametro compreso tra i 60 e i 100 mm.

[18] Un oggetto viene percepito dall'occhio perché invia luce verso di esso. La luminanza L (lm/m^2sr) è la quantità di luce che viene emessa da un punto di questo oggetto in una determinata direzione (angolo solido, misurato in sr). Se l'occhio si trova lungo questa direttrice la luminanza corrisponde alla luminosità con cui l'oggetto viene visto. Un'altra unità di misura corrente per la luminanza è: cd/m^2, in cui cd= lm/sr.

[19] cfr. Nuovo museo Mercedes Benz

[20] Progetto architettonico degli architetti Schweger und Partner di Amburgo e progetto illuminotecnico dello studio Ulrike Brandt Licht. Cfr. in merito la pubblicazione Lichtbuch - die Praxis der Lichtplannung.

[21] DALL'OLIO L., *Arte e architettura*, Testo & Immagine, Torino, 1997

[22] PAZ O., *Apparenza nuda*, trad. It. SE, Milano, 1990, cit. p.133

[23] MARRA C., *Le idee della fotografia,* Mondadori, 2001, pg. 267

[24] DUCHAMP M., *Duchamp du signe*, cit. p.100

[25] HAMILTON R., *Il Grande Vetro*, 1973, trad. It. di Elio Grazioli (a cura di), cit. p.117

[26] MANZINI E., *Artefatti*, Milano, Domus Academy, 1990, cit. p.16

2.1 Accezione di frontiera architettonica dal XI al XVIII secolo

Architettura Gotica
Il periodo Barocco

2.2 Per una nuova necessità di trasparenza: l'Ottocento

L'Ottocento: l'architettura del "ferro e vetro"
L'Art Nouveau nell'opera di Victor Horta

2.3 Dalla modulazione della trasparenza all'uso della traslucenz

La cultura giapponese nel '900 occidentale
"Architettura di vetro"
Sperimentazione contemporanea: i "progetti-pilota"

2

L’evoluzione storica della traslucenza nelle frontiere architettoniche: istanze architettoniche dall’XII secolo alla caduta del muro di Berlino

“Un confine non è mai
il limite dove una cosa finisce,
ma come già compresero i greci,
quel limite da cui
una cosa comincia
a venire in presenza”.
M. Heidegger

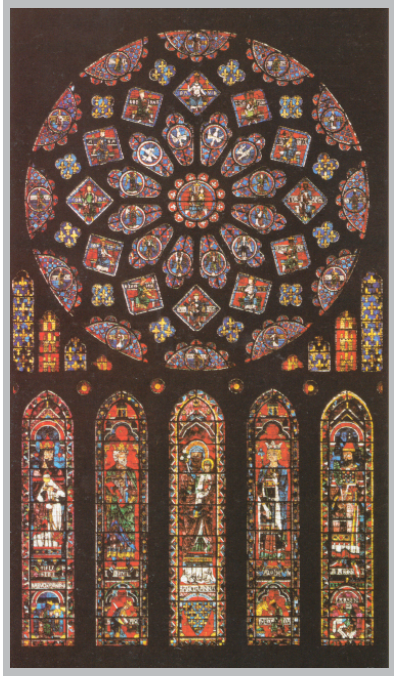
Dal 1100 agli '90 del Novecento questo capitolo vuole, in maniera sintetica, ripercorrere l'iter concettuale, attraverso la storia dell'architettura, che ha segnato il passaggio da un'architettura massiva, opaca e pesante, al relativo 'svuotamento' della propria ossatura portante, subendo il fascino della leggerezza e della trasparenza materica, fino ad arrivare ad una riflessione attuale di compendio fra ragioni estetiche e prestazionali, verso il sempre maggiore utilizzo di superfici traslucide per l'involucro architettonico.

2.1 Accezione di frontiera architettonica dal XII al XVIII secolo

Dal 1100 al 1700 circa attraverso i vari stili architettonici che si susseguono, dal gotico fino all'epoca barocca, l'involucro edilizio nelle sue mutazioni anticipa i caratteri fondamentali del concetto di involucro contemporaneo, la leggerezza, la dinamicità, la stratificazione per strati funzionali.

Architettura gotica

Il termine 'gotico' fu coniato in Italia dai teorici del Rinascimento, per distinguere l'arte e l'architettura del loro tempo da quella del medioevo europeo, peraltro con una connotazione negativa, in quanto i principi formali del gotico si discostavano sensibilmente da quelli della tradizione classica e, quindi, rinascimentale. Si ebbe poi nella contemporaneità la percezione della netta novità del gotico rispetto all'architettura precedente.
Prima di essere elaborata in scuole nazionali l'architettura gotica ha la sua culla nel ristretto territorio della Champagne e dell' Île de France in una serie di cattedrali imponenti, a rappresentare ciò che di innovativo stava emergendo nella concezione di frontiera architettonica. Tale percorso comincia nell'abbazia di Saint Denis, con l'abate Suger (1081-1151) che ne avviò la ricostruzione, nella ricerca di inondare di luce quello che era considerato il Pantheon dei re di Francia, elevando volte



Rosone della facciata settentrionale della cattedrale di Chartres, ca.1240

e finestre. Ma se tale sperimentazione decretò il crollo parziale della chiesa nel 1144, tra il 1157 e il 1180 la cattedrale di Laon presentava archi gotici poggiati su pilastri alti quanto le pareti laterali delle navate sulle quali si aprono le gallerie. Ed in questo fervore di innovazione, a Chartres ed a Bourges, nel 1194, la spinta delle volte, sempre più alte, non è più sostenuta dalle gallerie e dalle navate laterali, ma da contrafforti, che liberano completamente il muro dalla sua funzione di supporto. Volte, pilastri, contrafforti formano un sistema autonomo; il muro si apre in grandi finestre; la luce diventa sovrana.
L'architettura gotica costituì un passo avanti in termini di complessità del progetto architettonico, poiché nelle strutture veniva differenziato il materiale di ossatura da quello di riempimento.

Il periodo barocco

Durante il 1500 e tutto il 1600 i fondamenti dell'architettura subiscono un'ondata di energia che traspare dall'edificio intero, in particolare nell'involucro che lo racchiude, che assume spessori e funzioni diverse a seconda della sua stratificazione: si accentuano sporgenze e rientranze nella facciata, ottenute scavando nicchie ed innalzando elementi differenziati in essa. Possiamo riconoscere una effettiva modellazione dello spazio per mezzo di parti concave e convesse che fanno vibrare la luce lungo le facciate, in particolar modo, delle chiese, architetture particolarmente espressive per l'epoca barocca. E così il muro ondulato, di invenzione del Borromini, conferiva flessibilità alla pietra, trasformandola in un materiale duttile. Il muro ondulato è il corollario naturale degli spazi fluenti, invasi da un luce spesso zenitale e potente, della pianta flessibile. Nelle architetture barocche lo studio della luce è sempre approfondito e curato, affinché essa susciti effetti di particolare suggestione. Dalla lanterna sulla cupola della chiesa di Sant'Ivo alla Sapienza a Roma di Borromini (1642-1650), al gruppo scultoreo dell'Estasi di Santa Teresa di Bernini (Cappella Carnaro in Santa Maria della Vittoria a Roma, 1647-1652) si intraprende in questo periodo, come riporta Filippo Baldinucci, biografo di Bernini, "l'unificazione della architettura, pittura e scultura in modo tale che insieme formano un tutto magico", alla ricerca di uno studiato e scenografico rapporto con la luce e i preziosi colori dei marmi e delle finiture dorate, all'interno di uno spazio scenico dinamico e vorticoso. Prosegue così questa tensione verso la sperimentazione della modulazione della luce e della trasparenza di materiali pregiati.





Interno diella chiesa di sant'Ivo alla sapienza, Borromini, 1642-50; vista del gruppo scultoreo rappresentante l'estasi di S. Teresa realizzata da Bernini nella cappella Cornaro a Roma.

2.2 Per una nuova necessità di trasparenza: l'Ottocento

L'ottocento: l'architettura del 'ferro e vetro'

Nell'Ottocento, più che in ogni altro periodo, la storia dell'architettura comprende in sé anche la storia dell'edilizia come fatto manuale e tecnico, tanto che, proprio in questo secolo, la storia della tecnica costruttiva è più importante di ogni altro aspetto. A questo proposito si può dire che la rivoluzione industriale ha determinato una graduale rivoluzione dei metodi costruttivi: la produzione industriale infatti si impone definitivamente grazie al miglioramento tecnico ad esempio della macchina a vapore e del telaio meccanico. Le innovazioni tecniche, soprattutto per quanto concerne l'uso dei metalli ferrosi in architettura, prima la ghisa, poi il ferro forgiato e infine l'acciaio, parallelamente allo sviluppo dell'utilizzo del vetro, si sviluppano durante tutto il secolo.
Se da un lato nel 1855 Henry Bessemer inventa un nuovo metodo per produrre l'acciaio a scala industriale, e gli episodi di sperimentazione e grande progettazione ingegneristica di strutture in ferro sono al centro dell'attenzione, come ponti (ad esempio il **ponte sul Tamigi a Londra di Telford e Douglas**), stabilimenti industriali (ad esempio il primo stabilimento a sette piani con travi e colonne in ghisa a **Salford, Manchester nel 1801 di Boulton e Watt**) e grandi edifici pubblici (**Bibliothèque S.te Geneviève** -1843-50-, dove troviamo un efficace "filtro grafico" di comunicazione dell'involucro architettonico, realizzato attraverso l'incisione di nomi di personaggi illustri della cultura sulla pietra delle facciate esterne; e la **Bibliothèque Nationale** -1858-68- a **Parigi di Henri Labrouste**, dove per la prima volta si impiegano ampie superfici vetrate all'interno di un edificio pubblico, ed il pesante drappeggio utilizzato all'interno mostra come forse l'autore stesso fosse spaventato dal suo ardire).
Di pari passo però la grande domanda di vetro, utilizzato non più solo per chiese e monasteri, ma anche per abitazioni private e edifici pubblici, portò nel 1856 Friedrich Siemens a brevettare un nuovo forno di fusione che, razionalizzando il ciclo di produzione, ne abbassava i costi. Anche il procedimento di soffiaggio mediante cilindri venne notevolmente migliorato in Inghilterra ad opera del fratelli Chance nel 1839, che riuscirono a modificare le fasi di taglio, abrasione e lucidatura del cilindro soffiato, in modo da ridurre le rotture del vetro e migliorare le superfici. In questo modo nel 1850-51 fu possibile in pochi mesi produrre l'enorme quantità di lastre necessarie per la costruzione del **Crystal Palace a Hyde Park a Londra di Joseph Paxton**, per



H. Labrouste, saa di lettura della Biblioteca nazionale di Parigi, 1862-68

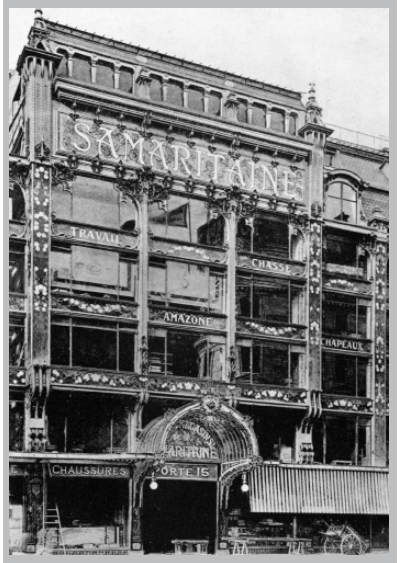


J. Paxton, Cristal Palace, Londra 1850-51

l'esposizione mondiale del 1851.
Questo edificio diventerà il simbolo di quest'epoca caratterizzata dalla grande scoperta, grazie alle strutture in ferro tamponate in vetro, che il muro perde la propria funzione portante e può essere sostituito da un manto trasparente in vetro: gli spazi ormai "liberi" aumentano di dimensioni e luminosità, esplode questa tensione per la trasparenza totale, la fusione tra spazio interno ed esterno. A seguito quindi di tali sviluppi sociali, costruttivi e industriali, nel corso del XX secolo l'architettura conoscerà nuove commesse per tipologie ancora poco conosciute: mercati coperti, grandi magazzini, gallerie, stazioni ferroviarie e serre, solo per citarne alcuni (**Palm House** nei giardini botanici reali di Kew, Londra di Richard Turner e Decimus Burton del 1844-48, e il **Grande Magazzino 'La Samaritaine'** a Parigi di Frantz Jourdain, 1905-07).
Sorgono inoltre le prime riflessioni in ambito prestazionale-energetico: le condizioni sono chiare ormai, per ottenere il massimo di calore e luce si deve ridurre al minimo la parte materica dell'involucro. Siamo giunti quindi in questo iter storico all'inizio di questa parabola che tende verso la trasparenza totale; caratteristica che solo in tempi recenti verrà, come vedremo, mediata sia per un fatto di percezione visiva dell'involucro, sia per un miglioramento della sue prestazioni.
Si dà rilevanza all'emozionalità dello spazio architettonico, come testimonia Alfred Gotthold Meyer nel suo libro sugli edifici in ferro del 1907, camminando all'interno del Crystal Palace: "*Questo spazio gigantesco aveva qualcosa di liberatorio. In esso ci si sentiva protetti e tuttavia senza ostacoli. Si perdeva la coscienza della pesantezza, del proprio legame corporeo ... Ma il pezzo di atmosfera nella quale ci troviamo nel palazzo di cristallo, è indubbiamente 'ritagliato' dallo spazio totale; la 'barriera' creatasi tra noi e il paesaggio è pressoché 'insussistente', e tuttavia esiste*".
Lo sviluppo non si arresta. Ed ancora troviamo facciate dissolte, quasi esclusivamente di vetro, si trovano per la prima volta negli edifici industriali. A dimostrazione del già voluto e ricercato effetto percettivo-psicologico dello spazio generato dall'involucro sul fruitore, in questo senso, hanno contribuito, per l'epoca, le conoscenze scientifiche sull'effetto positivo, fisico e psicologico della luce naturale dall'aria e del sole, che si trasmette anche sulla produttività nelle fabbriche.
Uno dei primi esempi è la **fabbrica Margarethe Steiff GmbH a Giengen/Brenz** (1903-11). Un edificio di cui non si conosce il nome dell'architetto. La facciata a 'doppio guscio' di pannelli di vetro traslucido, disposto su tre piani, è suddivisa in modo che il guscio interno si trovi



G. Mengoni, Galleria Vittorio Emanuele
Milano,1865-77



Magazzini 'La Samaritaine'
Parigi, 1905-07



Officine Seiff a Giengen
1903-11





Hôtel Aubecq e Hôtel von Eetvelde: vista dei lucernari sui vani scala



Hôtel Solvay, avenue Luois, Bruxelles (1894), prospetto e sezione longitudinale

in ogni piano tra pavimento e soffitto, mentre quello esterno è appeso in continuo davanti alla struttura portante. Nell'intercapedine si trovano i sostegni della struttura principale.

L'Art Nouveau nell'opera di Victor Horta

"Per consapevole ricerca, attraverso il meccanismo della immedesimazione o *Einfühlung*, il vitalismo della forma hortiana tende a influenzare il comportamento umano e a farsene modello astratto, sperimentando nuovi possibili rapporti tra lo spazio della casa e i suoi abitanti, tra l'intensità della luce e le funzioni dei vari ambienti, tra la decorazione ed il gesto, tra le mani e gli oggetti con cui entrano in contatto.

Tutto questo è permeato del superamento della opacità in funzione di una nuova dimensione materica diafana.

Ciò che nella pratica tecnologica era necessità diventa in Horta appagamento di una esigenza stilistica fondamentale. E' solo dall'accostamento di materiali differenti che la sua architettura si carica di contenuti e acquista in pieno il suo aspetto rinnovatore. Il ferro è necessario per liberare la compagine muraria dalle sue leggi immutabili così come la pietra è necessaria per mettere le nuove tecnologie di fronte al problema di una rinnovata dignità estetica da conquistare in un serrato confronto con la tradizione.

Quindi l'elemento unificante e risolutivo della ricerca di Horta appare, più ancora che l'uso della linea, il gusto per la traslucenza: la lotta contro l'opacità e la pesantezza, e una nuova dimensione carica di emotività. Il muro come massa pesante ha un valore come dato di partenza da contestare; solo arricchendosi di vibrazioni plastiche, facendosi cornice, marcapiano, o mensola di appoggio esso si qualifica minimando la materia vivente. Ma l'architettura trionfa quando essa scompare e lascia il posto agli ampi varchi dove le esili strutture metalliche, con le loro movenze, creano un tessuto animato dai riflessi dei vetri e dai disegni delle tende. I toni graduali, per cui si passa dalla traslucenza delle superfici diafane alla trasparenza dei vetri, soddisfano il desiderio della vista di dilatarsi, all'interno alterano la gerarchia degli spazi e creano sequenze ambigue.

Nell'**hôtel Solvay** le pareti di cristallo e le vetrine permettono diversi livelli di chiusura: consentono una metamorfosi della casa ora divisibile in compartimenti stagni attraversati da un comune flusso luminoso, ora unificabile in un *continuum* in cui gli unici ostacoli evanescenti sono i piani riflettenti delle vetrine e gli esili sostegni. Al centro la membrana

luminosa del lucernario, risucchiata in basso dal vuoto della scala, spezza la regolarità prismatica degli ambienti e crea trasparenze oltre il livello orizzontale dei solai.

La trasparenza, nitida o diafana che sia, trionfa nell'uso massiccio del vetro. Nel piccolo **padiglione Solvay** all'esposizione di Bruxelles del 1898 la tradizione delle 'serre', si sublima in un organismo globoso e diafano come una medusa, una bolla di cristallo di cui si può cogliere un'eco nel fascio di cilindri posto a conclusione della scala nell'**hôtel Max Hallet**.

Nel progetto del **padiglione del Congo** lo stesso tema è riproposto introducendo nel discorso la dialettica tra il guscio di vetro e un basamento fluttuante di pietra. Anche qui l'opposizione di due materiali si risolve in un colloquio serrato in cui il guscio luminoso si libera dal muro che lo trattiene, tenendosi come una membrana sostenuta da una pressione interna più forte. La traslucenza delle superfici visualizza così lo spazio come un fluido denso che non solo riempie, ma sostiene la struttura, la plasma con la sua corporeità.

Nella **Maison du Peuple** è il piano di vetro che, ritmato dagli esili montanti degli infissi, diviene protagonista dello spazio urbano. Per la prima volta nella storia, la superficie speculare del vetro, non incasellata in una orditura di vani, ma proiettata in fuori quasi a filo della struttura, ribalta l'immagine del *continuum* urbano, lo divide in mille frammenti e lo ricompone.

Al piano della facciata reale si aggiunge il contro-piano, il 'contro-spazio' delle immagini virtuali: alla trasparenza reale si aggiunge la traslucenza simbolica che fa spazio al cielo, agli edifici che stanno di fronte, alla scena della strada, rovesciando il rapporto interno-esterno tradizionale. Nei **grandi magazzini di Bruxelles e Francoforte** la trasparenza riduce l'intero edificio a una grande vetrina: la merce si proietta nello spazio urbano in un tutt'uno di luce, lo arricchisce, lo condiziona.

Lo scatto qualitativo operato dall'architetto belga, quindi, rispetto ai precedenti delle traslucenze hortiane, riconosciuti soprattutto nel modello delle 'serre', sta nel rovesciamento semantico del tema che viene trasportato di peso dal 'plen air' dei parchi e dello spazio effimero delle esposizioni allo spazio chiuso della città per determinare un polemico spunto alternativo, grazie alle sue superfici diafane e colorate".[1]



Hôtel Max Hallet: pianta piano terra e interno dell'angolo della musica



Maison du peuple: prospetto principale e vista della grande sala per conferenze e spettacoli



Magazzini Waucquez: viste interne sulla scalinata



Palazzo Katsura, Kyoto
Giappone, XVII secolo

2.3 Dalla modulazione della trasparenza all'uso della traslucenza

La cultura giapponese del '900 occidentale

Nel XIX secolo, accanto allo sviluppo delle tecnologie costruttive del 'ferro e vetro', si fa avanti un altro importante binario per l'architettura moderna, che segue le tracce della cultura giapponese tradizionale. Architetti come **Frank Lloyd Wright** entrano in contatto e restano a lungo affascinati dalla cultura della "distruzione del cubo", cioè della dissoluzione del tradizionale edificio pieno a forma di cubo (a testimonianza di tale contatto ed influenza culturale F.L.Wright fra il 1905 e il 1922 fece sette viaggi in Giappone). Anche dalla cultura giapponese prendono piede concetti dell'architettura moderna come la pianta aperta, il rapporto con la natura circostante, le ampie aperture leggere; derivati ad esempio dalla casa tradizionale giapponese, in cui i tamponamento sono realizzati con strutture leggere in legno e carta, per garantire la massima permeabilità alla luce fra uno spazio e l'altro. E' la ricerca del concetto di UNION-E, la teoria giapponese dell'eliminazione dell'insignificante, per raggiungere appieno il valore delle forme, soprattutto con lo studio di materiali e tecniche costruttive convenzionali per la cultura giapponese, ma inedite per quella occidentale.
E' sull'onda di tali atteggiamenti che F.L.Wright afferma che: "*nelle aperture delle mie case il vetro occupa il posto che la pietra preziosa assume tra gli altri materiali ... il supermateriale vetro, come lo utilizziamo ora, è una meraviglia. Aria nell'aria, per l'aria o mantenerla all'interno. Luce nella luce, per diffondere, riflettere o deviare la luce*".
(Frank Lloyd Wright, **Casa di Edgar J. Kaufmann "Falling Water"**, Bear Run, Pennsylvania, 1935-36).
Questa perdita di distinzione fra parete esterna ed interna, a favore della smaterializzazione materica e volumetrica dell'ipotetico 'cubo-edificio' viene perseguita e studiata anche da **Mies van der Rohe**, secondo cui spazio costruito e spazio naturale vanno di pari passo, ed esprime grandiosamente tali concetti nel progetto del Padiglione tedesco per l'Esposizione mondiale di Barcellona del 1929.

"Architettura di vetro"

"*Architettura di vetro*", il testo redatto dal poeta **Paul Scheebart** nel 1914, è il fondamento del gruppo "Catena di vetro", fondato nel 1919

sotto la guida di **Bruno Taut**. Il gruppo porta avanti idee particolarmente innovative per l'epoca, basandosi sul principio della sostituzione delle pareti piene in pareti completamente vetrate, esprimendo così un nuovo rapporto con l'esterno attraverso la percezione della trasparenza. Per gli architetti del gruppo di Bruno Taut, il significato del vetro non risiede tanto nel suo potenziale risparmio energetico (prime idee innovative di impiego economicamente razionale del vetro, attraverso l'intuizione del 'vetro-camera') o nella sua trasparenza, ma nell'essere simbolo di quanto è "fluido, gracile, spigoloso, brillante,...". Esemplificazione di tali concetti è il progetto del Padiglione realizzato per l'esposizione del Werkbund a Colonia nel 1914, realizzato da Taut per l'industria del vetro. Edificio assolutamente innovativo per forma e tecnologia costruttiva: una base circolare di diametro 8,70 m e altezza 7,65 m, retta da 14 sostegni in calcestruzzo armato e tamponamento in triplo guscio in vetromattoni Luxfer, posati secondo il procedimento Keppler[2]. "Il padiglione del vetro, che ospitava esposizioni dell'industria vetraria illustra presentava in modo didattico l'insieme dei materiali in vetro allora disponibili: i muri, il pavimento, la cupola ed anche la scala in vetro. Il vetro era impiegato a livello strutturale come materiale da costruzione, quindi portante. L'interesse di questa realizzazione stava nell'idea di porre il visitatore in un spazio interamente vetrato affinché percepisse le sottili modulazioni del rivestimento esterno sotto la luce naturale. La trasparenza diviene in questo caso tridimensionale."[3]
L'impiego creativo dei materiali per l'involucro architettonico, in particolar modo del vetro, non si limita alla dissoluzione della superficie







Maison de Verre di Pierre Chareau
1927-31

esterna o alla sua sottolineatura grazie a superfici riflettenti, ma si gioca portando in luce le caratteristiche tecniche del materiale. Esempio particolarmente significativo è la **Maison de Verre di Pierre Chareau** (1927-31), "progettata in collaborazione con B. Bijvoet, si segnala subito per la sua subordinazione alle condizioni urbane e per il suo iniziale rifiuto della purezza formale. La parete di vetro-mattone, materiale prima riservato agli edifici industriali, rivisita l'idea di prospetto, offrendo una risposta adeguata in materia di illuminazione e di intimità ma, in più, creando una parete traslucida che genera una nuova spazialità: uno "spessore" luminoso. La mobilità dei numerosi elementi (aperture di facciata e arredi interni) rende lo spazio dinamico e gli imprime un effetto cinematografico, che sottolinea ogni spostamento. Realizzata artigianalmente da L. Dabert[4], la Maison è in realtà la dimostrazione di una ricerca di architettura tecnologica che mette a fuoco la determinazione di bisogni abitativi e l'invenzione di nuove possibilità tecniche."[5]

L'uso strutturale del ferro ed in seguito dell'acciaio, caratterizzati da un elevato rapporto peso/resistenza, consentì di ridurre notevolmente il peso delle strutture. Ma è con il 1930, anno in cui venne prodotto il polimero termoplastico Polivinil-cloruro (PVC), che cominciò l'**era delle materie plastiche**. Un'importante spinta allo sviluppo delle materie plastiche si ebbe durante la seconda guerra mondiale, quando divenne necessario trovare alternative sintetiche ad alcune sostanze naturale come la gomma, in sostituzione dalla quale vennero utilizzati i poliuretani, scoperti nel secolo precedente e sviluppati nei laboratori della *AG Farben da Otto Bayer* dal 1938 in poi (utilizzo per schiume isolanti per sottomarini e aerei).

L'architettura di vetro esplode **dopo la seconda guerra mondiale**. Le facciate in vetro diventano uno status symbol delle grandi aziende e il profilo dei grattacieli il segno distintivo della prosperità. In quel momento storico, l'interazione fra fattori economici, tecnologici e stilistici contribuisce ad una rapida diffusione del vetro in edilizia, grazie anche a nuove scoperte di produzione, come il procedimento per il vetro float e nuovi materiali per giunti e strutture.

Anche il comparto produttivo dei materiali polimerici esplose in questo periodo, fino a raggiungere il 30% di tasso di crescita, rendendolo un settore competitivo rispetto a quello di produzione degli altri materiali. E' in questo periodo (1950 circa) che si verificano le più importanti scoperte nel settore dei polimeri che portano alla formulazione di gran parte delle macromolecole che ancora oggi sono alla base della produzione dei polimeri sintetici. Tant'è che nell'ambito del design gli



Cappella di Notre-Dame- du-Haut, Ronchamp Francia

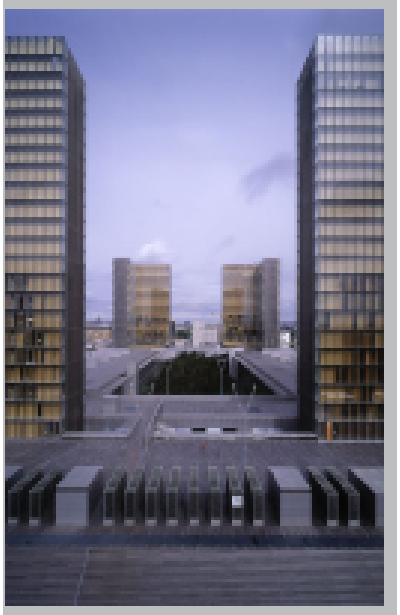
anni '50 e '60 sono stati definiti gli anni della plastica.
Dall'America, gli ex direttori della Bauhaus tedesca, **Walter Gropius** e **Mies van der Rohe** mandano nuovi impulsi, ad esempio dall' IIT (Illinois Institute of Technology di Chicago), in cui Mies progetta il nuovo campus. La Crow Hall per la facoltà di architettura viene completata nel 1956; l'involucro dell'edificio è composto da lastre di vetro piano trasparente e traslucido-sabbiato (dimensioni 3x3,50 m e spessore 6 mm) tra montanti in acciaio, alti 8,20 m, creando così un edificio altamente espressivo. (Mies van der Rohe, **Crow Hall, Instiute of Technology**, Chicago, 1956)
Durante questo periodo, nella metà del XX secolo, si sperimentano quindi involucri trasparenti, colorati, riflettenti, traslucidi; si gioca con gli effetti di luce e la capacità suggestiva che essi creano, come nel **santuario di Notre-Dame-du-Haut di Le Corbusier** o nella cosiddetta "chiesa della luce" di Tadao Ando. (Le Corbusier, santuario di Notre-Dame-du-Haut, Ronchamp, 1951, tagli di luce creati dalle finestre sono ancor più resi suggestivi all'interno della chiesa dai colori dei vetri.)

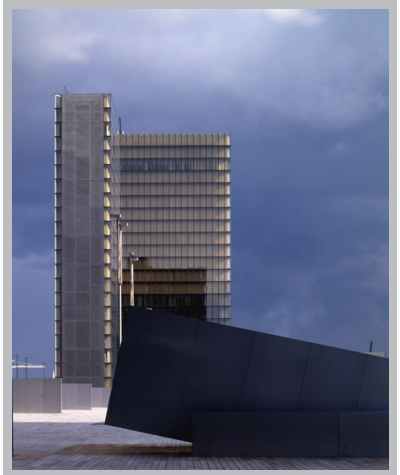


Piramide di ingresso al Louvre, Parigi, 1990

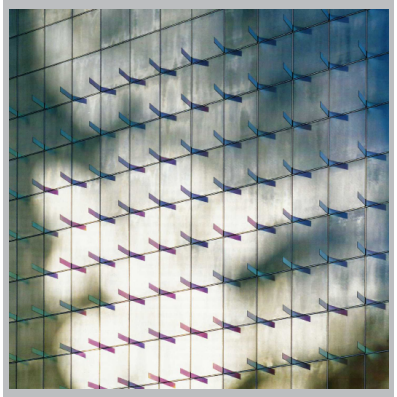
Sperimentazione contemporanea: i "progetti-pilota"

A metà degli **anni Settanta** le crisi petrolifere mettono in luce la necessità di un approfondito dibattito sulle grandi problematiche energetiche, soprattutto in architettura: ne consegue che gli involucri in vetro vengono fortemente criticati. Infatti se fino a quel momento il fatto di creare artificialmente il clima all'interno degli edifici era risolto grazie a grandi impianti divoratori di energia, ora, nella maggior parte dei paesi occidentali, norme severe obbligano ad utilizzare le risorse in maniera razionale.
Il problema energetico spinge il settore industriale ad un enorme investimento di ricerca soprattutto sulle possibili prestazioni del vetro; tale spinta innovativa porta a risultati ancora oggi in fase di sperimentazione, e rappresentati da esempi autorevoli di progetti che, nella presente ricerca, vengono considerati come **'progetti-pilota'** per l'enorme spinta innovativa nel campo dello studio dell'involucro architettonico a gradazione di trasparenza, fino alla traslucenza.
L'architettura quindi si esprime in progetti come la maestosa cupola del **Reichstag di Berlino di Norman Foster, la piramide di ingresso ai musei del Louvre a Parigi di I.M. Pei o ancora la grandiosa biblioteca nazionale francese, sempre a Parigi, di Dominique Perrault** (1997)[6], in cui quattro torri cristalline in vetro 'ad angolo', protette dal sole da maglie metalliche tese, simulano le pagine di un





Bilbioteca nazionale francese Parigi 1997



Scultura di vetro "Campo di luce diacroico", di James Carpenter, New York



Involucro esterno della Kunsthaus di Bregenz, 1997

libro aperto.

Apartire dagli **anni Ottanta** accanto alle superfici trasparenti anche quelle traslucide acquistano significato. Accanto alla smaterializzazione data dal vetro, anche la visibilità della densità materica e della consistenza di un materiale di per sé trasparente diventa un tema centrale. Questo nuovo sviluppo è stato reso possibile dalla presenza di molti prodotti e procedimenti produttivi e di installazione nuovi. Le possibilità offerte da trattamenti come la satinatura, la sabbiatura, la serigrafia, l'uso di film plastici o pellicole diacroiche o di nuovi materiali, portano a sperimentare sempre di più soprattutto sugli involucri architettonici. Questo riconduce anche alla consapevolezza architettonica, che lavorare con questi materiali significa configurare la luce nel progetto, e che questi materiali trasparenti, traslucidi o riflettenti, consentono quindi le più sottili variazioni di luminosità.

Esempi significativi di questo percorso architettonico sono le opere di **James Carpenter**, in particolare nei rivestimenti diacroici composti da ossidi di metallo diversi della Sweeny Chapel (Scultura di vetro "Campo di luce diacroico", di James Carpenter, New York) ad Indianapolis nel 1985-87, in cui la luce viene scomposta, attraverso processi di interferenza, nei colori dello spettro luminoso, lasciando passare i raggi o riflettendoli a seconda dell'angolo di incidenza.

Anche la **pinacoteca di Bregenz di Peter Zumthor** (1997) esemplifica bene questo percorso architettonico: l'edificio realizzato interamente in calcestruzzo armato è 'velato' da un involucro diafano e continuamente diverso a seconda del punto di visuale, dell'ora del giorno e delle condizioni di illuminazione: talvolta rispecchia, luccica o riflette i raggi del sole, talvolta appare compatta e opaca, di notte si trasforma in 'lanterna' per la città. L'involucro composto da lastre di vetro satinato, uniformi su tutti i lati, donano agli spazi interni grande luminosità, filtrata, non di disturbo per la percezione delle opere esposte, anzi i profili delle forme architettoniche fluttuano, fino a sfumare in un confine indefinito fra architettura e cielo.

Così pure la **Mediateca a Sendai di Toyo Ito**, grazie all'utilizzo di pellicole stampate insieme al sapiente uso dell'acqua, cerca di raggiungere diversi gradi di semitrasparenza e traslucenza.

Inoltre la tendenza è di sperimentare queste superfici variabili e diafane come possibili fonti non solo di comunicazione emozionale, ma anche interattiva: nascono così le facciate a display. "Smalti, serigrafie, olegrammi e led animano così gli elementi dell'involucro: nascono facciate mediatiche con immagini in movimento, scritte in dissolvenza, informazioni stampate ed effetti luminosi e cromatici in

continua mutazione. Notevoli impulsi in questa direzione provengono da **Jean Nouvel** in 'progetti-pilota' come il **complesso del Mediapark** a Colonia nel 1991. Nella relazione di progetto si legge che: "lo schermo è un vetro di colore grigio antracite. Su di esso zone ritagliate di vetro chiaro o serigrafato permettono di lasciare entrare la luce naturale ed emettono verso l'esterno i messaggi in colori densi, sul registro di quelli di schermi informatici o di video." Lo studio delle superfici è attentamente calibrato sull'intensità e la densità del messaggio luminoso esterno: dominanti talvolta trasparenti diventano traslucide, dominanti opache tendono poi a quelle serigrafate, tutti i segni che fanno parte dell'edificio, fanno parte di un programma architettonico, di una ragione economica e tecnica".[7]

Nouvel interpreta le proprie facciate come riflessi del del nostro mondo sommerso dai mass media, facendo tuttavia in modo che esse stesse contribuiscano a questa immensa massa di immagini: *nasce così un nuovo concetto di decorazione*.

Lo sviluppo infatti di questa tendenza supera i soli effetti decorativi ricercando fino ai nostri giorni prestazioni di protezione dal sole, dall'introspezione ed energetiche attive o passive.

I primi esempi sono il **magazzino Cartier** a Friburgo di Nouvel, il cui involucro è realizzato con vetri riflettenti; ma ancora sia nella **palestra Kinbasha** ad Ibaraki di Kazuyo Sejima (1993) sia nella sede delle **assicurazioni SUVA** a Basilea ad opera di Herzog & de Mauron (1993), opere in cui l'involucro in vetro stampato, con grandi caratteri o scritte piccolissime ripetute infinite volte, oltre a fornire pubblicità alla ditta, serve a rendere la superficie semitrasparente.



Particolare dell'involucro
Magazzino cartier, Jean Nouvel
Friburgo, Svizzera

Note

[1] BORSI F., PORTOGHESI P., *Victor Horta*, Laterza, Bari, 1982, pg.64
[2] Vetromattone: prodotto in serie per la prima volta dal francese Gustave Falconnier dal 1886, dal 1899 viene utilizzato il 'vetro prismatico' della ditta Luxfer, mattonelle 10x10 cm;solo dal 1907 esisite il 'vetrocemento' armato di Friedrich Keppler; ulteriore passaggio si ha con la "pietra Nevada" 20x20x4 cm delle vetrerie Saint-Gobain, utilizzoto da Le Corbusier e Pierre Chareau.
[3] RICE P., DUTTON H., *Il vetro strutturale*, Tecniche Nuove, 1991, Milano
[4] L. Dalbert è il fabbro, artigiano di bravura eccezionale, che lavora a fianco di Chareau e lo mantiene lontano dalla produzione industriale e dalla standardizzazione. Chareau si propone nel campo dell'arredamento come progettista di mobili da architetto, tenendo conto degli appoggi a terra, dei trattamenti delle superfici e dei volumi. Egli si propone come "inventore di combinazioni plastiche", cercando di risolvere la relazione tra il mobile e l'arredamento.
[5] OLMO C. (a cura di), *Dizionario dell'architettura del XX secolo,* Umberto Allemandi, Torino 2000, pg. 59
[6] Siamo nell'ambito dei "Grands Projects de l'Etat" durante l'epoca del presidente francese François Mitterand.
[7] COLAFRANCESCHI D., *Architettura in superficie*, Gangemi editore, Roma, 1995

3.1 Definizione di involucro architettonico

3.2 I caratteri dell'involucro architettonico: "La facciata degli edifici, il volto delle città"

3.3 Comunicatività dell'involucro architettonico

3.4 L'estetica architettonica - dalla trasparenza alla traslucenza

3.5 Dalla smaterializzazione delle superfici alla materializzazione della luce

3.6 Nuove vocazioni per l'involucro architettonico e trasferimento tecnologico

3

Il progetto dell'involucro architettonico traslucido

"Il vuoto è la pienezza suprema
ma l'uomo non ha il diritto di saperlo"
S. Weil, Cahiers, II, Paris, 1972

"Sembra quasi che le nuove architetture (...),
in un mondo pieno, cerchino di scomparire,
o quantomeno di entrare in punta di piedi"
P. Zennaro, La qualità rarefatta, 2000

"V'è forse, in noi Orientali, un'inclinazione
ad accettare i limiti, e ele circostanze, della vita.
ci rassegnamo all'ombra, cos'ì comìè, e senza
repulsione. La luce è fievole? Lasciamo che le
tenebre ci inghiottano, e scopriamo la loro
beltà. Al contrario, l'Occidente crede
nel progresso, e vuol mutare di stato.
E' passato dalla candela al petrolio,
dal petrolio al gas, dal gas all'elettricità,
inseguendo una chiarità che
snidasse sin l'ultima parcella d'ombra.
Tanizaki Junichiro, Libro d'ombra, Tokyo 1935

3.1 Definizione dell'involucro architettonico

La tesi tratta le tematiche relative all'involucro architettonico così come viene oggi definito nel linguaggio tecnico il sistema delle chiusure esterne che caratterizza formalmente un'opera architettonica e si propone di tracciare le trame evolutive che hanno condotto alle attuali tecnologie che consentono la concezione e la realizzazione di alcune delle più singolari ed originali espressioni dell'involucro stesso. Parlando di questo "oggetto involucro", quasi fosse un elemento a sé stante, si crea nel nostro immaginario l'idea di un elemento complesso di chiusura integrale, quasi calato dall'alto per proteggere gli spazi interni dell'edificio, come 'membrana' di varia forma, fatta di colori, materiali, luminosità, trasparenze.
Il termine involucro viene definito "quanto costituisce un conveniente o funzionale elemento di copertura e protezione attorno ad una superficie" (*Vocabolario della lingua italiana* - Devoto, Oli), oppure "lo strato, per lo più di materia leggera, che avvolge una cosa e la contiene per proteggerla" o anche "membrana o complesso di membrane che avvolgono un organo" (Enciclopedia Mondadori); se quindi il termine "involucro architettonico" in relazione alle definizioni date pare adattarsi maggiormente ad indicare i sistemi di chiusura esterna leggeri di un organismo edilizio, ormai tale termine è entrato nel linguaggio comune a definire ogni soluzione di chiusura esterna.
"Più precisamente l'analisi etimologica dei termini *"facciata" ed "involucro"*, così comunemente utilizzati in ambito architettonico evidenzia alcune differenze concettuali di notevole importanza. Il termine 'facciata', derivante dal vocabolo latino *facies*, che significa 'forma esteriore, apparenza', e conseguentemente del francese *façade,* indica quindi il volto dell'edificio, ne costituisce, assieme allo sviluppo volumetrico, l'immagine esterna attraverso la quale viene proiettata la propria identità; l'elemento facciata è fortemente dipendente dalle altre parti e sistemi dell'edificio, sia a livello formale che a livello

tecnologico". Con questo termine si intende dunque un manufatto che "guarda verso" il suo contesto, o che da questo viene percepito come un messaggio semantico primario e di forte impatto. Il termine 'involucro', derivante dal verbo latino *involvère* ('volgere intorno,avvolgere'), non si limita a definire solo un aspetto superficiale e quindi bidimensionale, ma indica tutto ciò che avvolge esternamente qualcosa, arrivando a definire un sistema più complesso, dotato di spessore proprio, molte volte ben percepibile. Si può definire allora l'involucro come un sistema tridimensionale di chiusura integrale dell'edificio: 'sistema' in quanto costruito da diversi elementi tecnici strettamente interdipendenti (strati), e 'chiusura integrale' grazie alla continuità degli elementi che lo compongono. La distinzione funzionale tra 'strato' e 'involucro' è data dal loro grado di autonomia strutturale. Gli 'strati' non sono di per se portanti e non fanno parte di una unità strutturale principale: essi piuttosto costituiscono le lastre di rivestimento, i pannelli isolanti, le lastre di vetro-camera, o le singole membrane a cuscino pneumatico, ad esempio. Possono avere funzioni diverse a seconda del loro contributo al funzionamento complessivo del subsistema a cui appartengono (impermeabilizzazione, isolamento, tenuta all'aria, ecc.). L'involucro è invece prevalentemente portante ed in parte o del tutto autonomo dal punto di vista spaziale e/o strutturale. Inoltre un involucro può essere formato da più 'strati', come nel caso di una 'pelle' interna ed esterna di una facciata.

Filippo Tommaso Marinetti, sensibile a tutto ciò che riguardava la visione del futuro, parlava dell'involucro come del "*rivestimento esterno impenetrabile d'una camera del gas di un dirigibile o di tutte la camere*". Nel linguaggio architettonico tale vocabolo ha mantenuto questo suo senso di ambiguità, essendo utilizzato sia per indicare l'operazione di occultamento della complessità architettonica e la sua riduzione a blocco omogeneo, sia per realizzare sfumature infinite di trasparenza e disvelamento riguardo a manufatti che si voglio lasciare intravedere. Il concetto di involucro era rimasto per lungo tempo marginale ed occasionale per il mondo dell'architettura, esso ha fatto irruzione in tempi recenti, acquistando un'importanza crescente a partire dall'inizio del secolo nuovo, il '900, tanto da esserne l'elemento caratterizzante. Paolo Portoghesi spiega il fenomeno dicendo che: "*per parlare di involucro occorrono almeno due aspetti emergenti dell'immagine architettonica: la relativa omogeneità e la capacità di avvolgimento rispetto a un contenuto, e questa particolarità della riduzione della complessità e della individuazione di un'unità morfologica, sia pure superficiale, fa capire che questa 'implosione' dell'oggetto architettonico*

è nata dalla obsolescenza della sua 'esplosione', postulata dalla logica della decostruzione che tendeva a spezzare, dividere, frammentare, combinandosi invece con la rinnovata attenzione rivolta al corpo e alla pelle dell'oggetto architettonico."[1]

Volendo proseguire questa analisi si può dire che l'involucro architettonico trova la sua definizione nella sintesi dell'analisi mirata di diversi aspetti significativi che sono intrinseci ad essa: l'aspetto primario di protezione da tutti quei fattori esterni, naturali, climatici o antropici, che interagiscono con la percezione di comfort interno dell'ambiente vissuto; la scelta dei materiali e della struttura di cui esso è composto; il suo disegno formale, che assume un significato di comunicazione verso l'esterno, considerato soprattutto in relazione al contesto socio-culturale entro cui esso viene inserito; il suo rapporto più o meno integrativo con gli aspetti funzionali ed impiantistici del progetto, ed infine la progettazione e la valutazione preventiva del suo ciclo di vita. Comprendere e definire l'elemento "involucro" in architettura significa analizzare e mettere a sistema fra loro questi elementi che lo compongono.
"Progettare dall'esterno verso l'interno, come dall'interno verso l'esterno produce 'tensioni' necessarie, che aiutano a fare architettura. Se l'esterno si differenzia dall'interno, il muro, punto di transizione, diviene fatto architettonico; l'architettura si ha quando si incontrano forze, interne ed esterne, d'uso e spazio. Tali forze, interne ed ambientali, sono generali e particolari, principali e secondarie. L'architettura, parete fra interno ed esterno, fra edificio e città, diviene la registrazione spaziale di questa risoluzione e del suo dramma."[2]

"Il rivestimento degli edifici, con la sua funzione di protezione dalle intemperie e dalle aggressioni antropiche, fin dai tempi più antichi, rappresenta la prima e più importante ragione del costruire. Inoltre quanto più le condizioni climatiche esterne e le necessità interne divergono, tanto maggiore diventa lo sforzo tecnico indispensabile per poter raggiungere le condizioni di vita migliori negli ambienti interni. Attraverso l'uso dell'involucro architettonico l'edificio può definire uno spazio interno ed uno esterno di uguale importanza, stabilendo così parametri di valutazione e progettazione. Il concetto di "parete esterna" definisce nelle sue parti essenziali tanto la posizione, cioè l'"esterno", quanto il carattere di questo "sottosistema" edilizio, quello della parete. Per questo, talvolta, a questo concetto di 'parete esterna' viene associato quello di stabilità, di robustezza, spesso di pesantezza,

o addirittura quello di chiusura, di separazione privata e pubblica e, in questo senso, di definizione primaria dell'identità dell'edificio nei confronti del mondo esterno".[3] Concetto questo che, come si vedrà successivamente, subirà nei secoli modificazioni sostanziali parallelamente alla consapevolezza di nuove esigenze e di nuove conoscenze tecniche: dalla materia pesante-opaca, all'uso dei nuovi materiali trasparenti o traslucidi leggeri, capaci di ribaltare questo senso di esclusione interno-esterno e di potenziare notevolmente l'espressività e la comunicatività dei fronti esterni degli edifici.

In un edificio può esservi una corrispondenza più o meno diretta fra la facciata e le altre componenti architettoniche che caratterizzano il suo interno, ma la maggiore o minore autonomia che questa assume nella composizione generale non ne diminuisce il ruolo primario di mediazione, di definizione e di limite, tra una precisa condizione privata e la sua rappresentazione scenica in pubblico. La superficie interna nasce anche come contraltare alle superfici interne, utilizzate già da molto tempo come *medium* di comunicazione. Essa funge da questo punto in poi, da supporto iconografico per le organizzazioni sociali sacre e profane e per comunicare gerarchie e rapporti di potere (esempi come: dalle pitture rupestri, alle cattedrali romaniche e gotiche, alle moderne facciate pubblicitarie).

Da una parte quindi c'è l'architettura, dall'altra i luoghi dove essa risiede, e al centro l'involucro architettonico, un 'diaframma' più o meno spesso, più o meno articolato, capace di filtrare, come dice Robert Venturi, nelle due direzioni 'tensioni' reciproche.

Dice Roland Barthes, "*una città è un tessuto, non composto di elementi uguali di cui si possono contabilizzare le funzioni, ma di elementi forti e di elementi neutri o, come dicono i linguisti, di elementi segnati e non segnati. E' evidentissimo che una città possiede questo tipo di ritmo*".[4]

Nella fenomenologia urbana è possibile rintracciare edifici neutri ed edifici forti, in entrambi i casi sono principalmente le facciate che che ne determinano il ritmo e le gerarchie in un'alternanza di *unicum* e di elementi che si ripetono per confermare, delimitare e descrivere lo spazio della città.

Si edificano quindi organismi edilizi che dall'esterno lasciano percepire una varietà di dettagli e che si distinguono dalle nude superfici delle pareti per caratteristiche più complesse, come le proporzioni spaziali, i volumi e la loro relazione con il contesto preesistente. Mentre le pareti si differenziano, parallelamente al progressivo raffinamento della costruzione, qualcosa di analogo avviene per le aperture. Requisiti fisico-tecnici come quello di avere un flusso ottimale di luce in rapporto



Pittura rupestre della Val Camonica



Formelle dei Mesi, eseguite dal Maestro dei Mesi nel XII secolo, mese di settembre dal duomo di Ferrara



Vista di Picadilly Circus di sera a Londra

Esempi di frontiere architettoniche comunicanti con il contesto urbano

a una minima apertura, di schermare la luce, di proteggere dalla vista e di regolare l'afflusso di aria per mezzo di apparati esterni o a incasso, diventano elementi decisivi dell'effetto d'insieme architettonico. Sulla facciata si creano così nuovi effetti che nascono dalla sovrapposizione, dalla compenetrazione e dall'alternanza degli oggetti esposti. Si ottengono intensità luminose differenti o mutevoli ed effetti di luce e ombra sul volume complessivo e sulle sue parti.

Lo spazio ottenuto accostando le pareti esterne, quindi, deve corrispondere ai requisiti e alle funzioni dettati dall'utilizzo e dal comfort. Il risultato tecnico nasce dalla combinazione tra materiali, tecniche di costruzione, assemblaggio e processo di produzione, ma anche dai requisiti connessi alle proprietà dei materiali e a fattori fisici interni ed esterni. Quindi i requisiti funzionali che portano alla scelta di un materiale piuttosto che di un altro, non sono gli unici ad influire sulla composizione di una facciata, poiché per quest'ultima devono anche essere tenute in considerazione questioni legate all'assemblaggio e alla costruzione (e dunque alla realizzazione tecnica all'interno del sistema costruttivo generale), alla rispondenza dei materiali e all'ordine geometrico.

Un altro influsso determinante sulla forma dell'involucro degli edifici è esercitato dai fattori locali, dal tipo di società che risiede in una determinata area geografica, dalla sua storia ed etnografia, dal suo orientamento ideologico, dal clima del luogo o dalla disponibilità o meno di risorse locali. L'aspetto esterno degli edifici li qualifica come documento del tempo che trascorre, secondo determinati parametri socio-culturali: tutto questo a dimostrazione che la compagine formata dagli involucri esterni definisce lo spazio pubblico. L'aspetto caratteristico di ogni facciata, riguardo le particolarità di materiali, colori, proporzioni e volumetria, indica la funzione dei manufatti e il significato da attribuire ad essi.

Il significato del fronte esterno di un edificio ed il suo impatto sullo spazio pubblico devono essere considerati come un aspetto essenziale, che punta sulla comunicazione all'interno di una comunità. Il costruttore di un edificio manifesta all'esterno i propri propositi, e in questo modo definisce la propria identità. Inoltre in questo modo egli stabilisce la misura con cui si relaziona o si inserisce in un contesto spaziale e architettonico preesistente.

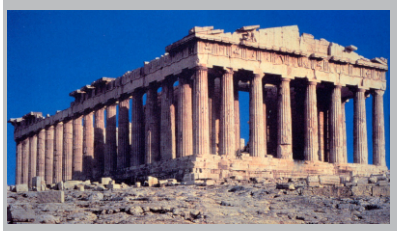
Nel saggio *Zukunft bauen* (Costruire il futuro), Manfred Sack scrive:"[...] *ogni facciata, anzi, ogni manufatto è una questione aperta - e al diavolo gli architetti che la affrontano con leggerezza. La facciata appartiene a tutti; solo quello che si nasconde dietro è faccenda di coloro che*

devono cavarsela in qualche modo. Perciò è ugualmente evidente che quella della facciata non può essere una faccenda di cosmesi. Perché una città che viene percepita come bella è, cosa a cui parecchi non credono, un compito sociale, collettivo, politico".[5]

3.2 I caratteri dell'involucro architettonico: "la facciata degli edifici, il volto della città"[6]

E' possibile evidenziare e osservare, prescindendo dal rigore scientifico di un'analisi storica, che non è oggetto della presente ricerca, i caratteri tipici dell'involucro architettonico, che evidenziano un iter di modificazione del rapporto 'edificio-città', riconoscibile nelle diverse soluzioni ed accorgimenti attuati per le facciate degli edifici nelle diverse epoche storiche. Iter che porta a comprendere le motivazioni e le esigenze che hanno portato la cultura architettonica, per sommi capi, dalla materializzazione della frontiera architettonica come elemento opaco, alla grandiosità della scoperta della trasparenza totale dell'involucro, fino all'attuale valutazione di soluzioni traslucide capaci di mediare esigenze fisico-prestazionali ed estetico-compositive.

Nell'***antichità classica***, riconosciamo due identità con finalità ed esigenze comunicative fra loro molto diverse: quella del tempio, elemento isolato ed emergente nel paesaggio, il cui aspetto esteriore è quasi completamente rappresentato dall'alternanza di pieni e vuoti (la cella interna e il porticato esterno), per filtrare la luce tra lo spazio sacro della divinità e lo spazio umano per i riti (*elemento discontinuo*), e a cui è affidato il compito di comunicare all'esterno la grandiosità della civiltà; e quella della città, basata su una griglia neutra, dove è netta la divisione dei ruoli fra edifici pubblici (particolarmente evidenti in quanto tali) ed edifici privati (assolutamente anonimi).



Vista del Partenone sull'acropoli di Atene

In ***epoca medioevale*** si sviluppa notevolmente il processo di definizione di *forma urbis* della città, in cui le facciate degli edifici hanno grande valore sia quando sono involucri di emergenze pubbliche, sia quando compongono le articolate cortine urbane lungo le strette strade cittadine. Spicca, la cattedrale gotica, come emergenza urbana, dove lo spazio interno si confonde con quello esterno, grazie alla lenta ma efficace dissolvenza dello spesso diaframma murario, tanto caro al mondo romano e bizantino: è il primo esempio di superfici traslucide. La luce penetra all'interno, filtrata attraverso le vetrate colorate e decoratissime. "*[...]a Chartres l'unico legame fra interno ed esterno è affidato nella facciata alla trama delle sottili nervature portanti e alle*



Vista dei caratteristici portici a Bologna

vetrate nel loro insieme coloristico. ...ciò che altrove era affidato ad un solido involucro murario, qui viene assolto dai profili delle aperture e dal colore".[7]

Nell'architettura civile la facciata assume il ruolo di mediazione rispetto al citato rapporto 'edifico-città', che si dota di *portici*, capaci di fondere in una visione unitaria gli elementi discontinui dei fronti. Le frontiere edilizie in quest'epoca quindi si caratterizzano come elementi bidimensionali in contrapposizione con la tridimensionalità degli spazi urbani (piazze, strade).

Tale processo troverà il suo momento di massima enfasi nell'***epoca barocca***, in cui le tensioni fra interno ed esterno si intensificano e si manifestano in edifici di valore civile e simbolico, come chiese ed edifici minori. La facciata si duplica in una 'pelle spessa', il cui 'derma', la parte carnosa che sta in mezzo, la sostanza, diviene autonoma ed autosufficiente.

"*All'organicità dell'ambiente interno fa riscontro l'indipendenza fra interno ed esterno. S.Ivo, come molti altri organismi borrominiani, deriva dalla sovrapposizione di due involucri diversi, uno rivolto verso lo spazio interno, uno rivolto verso lo spazio esterno. L'esigenza di comporre, in ambedue i casi, uno spettacolo completo ed esauriente, esige un alto grado di impegno fra uno e l'altro".*[8]

Nasce così, dalla consapevolezza della complessa articolazione in più elementi diversi fra loro, componenti nel loro insieme il 'sistema' facciata, una delle problematiche dell'architettura moderna e contemporanea, la ***fenomenologia dell'involucro architettonico***. Tale tema apre un dibattito che si prolunga fino ai giorni nostri, individuando come fulcro dell'analisi "quel carattere di ambiguità e complessità dell'architettura che" - nelle più recenti teorizzazioni di Robert Venturi - "trova nella pelle, nel suo strato più appariscente, il momento di massima contraddizione". Dalla forma barocca esasperata, che supera l'idea di dar forma solo ad un concetto, esibendo quasi un allestimento scenografico per la città, si arriva ***dalla fine del Settecento e poi con l'Ottocento***, a fronte anche dei sopraggiunti cambiamenti della nuova società borghese, all'evoluzione delle macchine, del lavoro e con essi all'utilizzo di materiali nuovi: il ferro, il vetro ed il cemento. Sull'onda dell'innovazione tutti i processi, da quello progettuale a quello produttivo, vengono rivisti a fronte della nuova consapevolezza tecnologica. La società borghese in ascesa si identifica nei grandi interventi urbani e nell'utilizzo dei nuovi materiali che sperimentano superfici vibranti ed innovative, arricchendo di nuove sfumature il linguaggio architettonico, identificandosi con movimenti, che localmente prendono il nome di ***Art Nouveau, Liberty***

o Modernismo catalano. E' con lo stile Liberty che l'architettura mira alla leggerezza di forme e materiali, arricchendosi di figure provenienti dal mondo vegetale e floreale, che ispirano le strutture sottili e sinuose e la ricerca di nuovi effetti cromatici e luminosi nelle finiture delle superfici. Il vetro, trasparente o trattato, le ricche superfici in lapideo, la ricerca di forme libere in pilastri e travi in ferro o ghisa decorati dominano la scena architettonica di questo periodo.

Con il Novecento il ***Movimento Moderno*** individua quello che era il punto di crisi del sistema architettonico maturato fino a quel momento: il vacillante equilibrio appunto dell'involucro architettonico, che racchiude in sé il sistema di rapporti fra edificio e città, fra interno ed esterno a fronte della messa in discussione di molte delle istanze tradizionali dell'architettura. Il nuovo codice linguistico architettonico si basa su: "*[...] la tendenza a ridurre il 'continuo' al 'discreto'; la netta separazione tra le parti portanti e le parti portate, la moralistica corrispondenza fra interno ed esterno, la iterazione teoricamente illimitata del modulo spaziale, la dissimmetria aspirante fra l'altro all'ideale della costruzione aperta, ecc*".[9] E' chiaro, in proposito, uno dei cinque punti di Le Corbusier riguardo alle superfici esterne: "*La facade libre. Les poteaux en retrait des facades, à l'intérieur de la maison. Le plancher se poursuit en porte-à-faux. Les facades ne sont plus que des membranes légères de murs isolants ou de fenetres. La facade est libre; les fenetres, sans étre interrompues, peuvent courir d'un bord à l'autre de la facade".* Riguardo l'involucro esterno l'architettura del Movimento Moderno, pur ricercando ampiamente la matericità in esso, tenta di fondere gli elementi interni con quelli esterni all'edificio, creando un'unione fra elementi propri dell'architettura ed elementi del contesto, del luogo in cui esso sorge. Si arriva quindi alla smaterializzazione della superficie esterna come elemento fisico, mantenendone però la forma.

Nel processo di ricerca e sperimentazione tecnologica-architettonica contemporanea il concetto di involucro si è lentamente evoluto da elemento-barriera prevalentemente protettivo in complesso sistema filtro selettivo e polivalente, in grado - sia - di ottimizzare le interazioni tra microambiente interno e macroambiente esterno (e viceversa), al mutare delle diverse condizioni climatico-ambientali nel corso della giornata, nel corso dell'anno, finanche nel corso della 'vita' dell'organismo edilizio e/o dell'uomo che lo abita; sia di rispondere sempre più spesso in senso 'intelligente' agli stessi mutamenti psicologici, sociologici e culturali del modo di vivere i rapporti con i fattori micro e macroambientali da parte dei fruitori dell'architettura racchiusa nell'involucro.



Maison du peuple a Parigi di Victor Horta



Villa Savoye di Le corbusier a Poissy in Francia 1929-31

La primitiva esigenza di costruire artificialmente il proprio habitat, modificando con la tecnica e l'ingegno le risorse offerte dall'ambiente naturale, ha condotto l'uomo alla realizzazione di 'rifugi' sempre più sofisticati e sicuri. La primitiva esigenza di protezione si è arricchita e trasformata in un sistema di bisogni più complesso, che trova nel rapporto 'interno-esterno' il luogo, anche fisico, di interazione tra sfera dell'artificiale e sfera del naturale.[10]

Attraverso la storia dunque l'involucro architettonico ha sempre espresso il complesso sistema di relazioni esistenti fra funzioni generali ed elementi culturali variabili nel tempo e nello spazio. Storicamente infatti è possibile sintetizzare le sue differenti funzioni sostanzialmente in:

- protezione (dalla pioggia, dal calore, dal freddo, dal vento, dal sole, dalle intrusioni indesiderate, ecc.)
- comfort (illuminazione, ventilazione, riscaldamento, raffrescamento, controllo del soleggiamento, ecc.)
- celebrazione (decorazioni, dimensioni, materiali preziosi, ecc.).

Se si guarda al passato, l'evoluzione dell'involucro architettonico può essere interpretata come una ricerca ed uno sviluppo costante per poter controllare almeno qualcuno, se non tutti, tra i fattori menzionati.[11]

3.3 Comunicatività dell'involucro architettonico

"L'interfaccia non è un oggetto, ma uno spazio in cui si articola l'interazione tra corpo umano, utensile (artefatto inteso sia come artefatto oggettuale, sia come artefatto comunicativo) e scopo dell'azione. (...) Grazie alla progettazione dell'interfaccia viene articolato il campo di azione nella fase di utilizzo dei prodotti. L'interfaccia rende accessibile il carattere strumentale degli oggetti e il contenuto comunicativo delle informazioni. L'interfaccia trasforma gli oggetti in prodotti. L'interfaccia trasforma la semplice esistenza fisica (*Vorhandenheit*), nel senso di Heidegger, in disponibilità (*Zuhandenheit*)".[12]

Gli edifici del nostro tempo tendono ad una mutata fisicità, più rarefatta e leggera, e al contempo densa e interattiva; sono sempre più assimilabili ad oggetti trasmittenti, ai *walkman*, alle calcolatrici tascabili, ai *personal computers*, perché ad essi sono accomunati per l'immediatezza delle prestazioni possibili, e per essere volumi che tendono alla bidimensionalità, ad assottigliarsi fino a divenire pure superfici, supporto di informazioni, i meccanismi sono interni, troppo complessi perchè se ne possa dare una rappresentazione. Essi sono velati da nuove pelli comunicative ed interattive, scatole 'parlanti'.[13]



Biblioteca della scula tecnica di eberswalde, progetto di Herzog & de Meuron, 1997-1999 (vetro serigrafato)

"(...) In tali scenari, si sostiene spesso che l'impatto delle tecnologie emergenti (informatica, telecomunicazioni, bioingegneria, robotica e tecnologia dei materiali avanzati) porterebbe ad un progressivo assottigliarsi della materialità del mondo, a una dematerializzazione della nostra realtà nel suo complesso. In altre parole si sarebbe ormai avviata una contrazione dell'universo degli oggetti materiali, oggetti che verrebbero sostituiti da processi e da servizi sempre più immateriali."[14]
E' interessante in proposito l'opinione di Ezio Manzini: "Il sistema degli oggetti tende ad un *continuum* di superfici comunicative, la cui identità è quella del messaggio che su di esse viene proiettato o della prestazione che esse producono. Ci si può chiedere se questo appiattirsi degli oggetti sulla loro superficie non costituisca la condanna a una inevitabile superficialità. (...).
Oggi" - diversamente dal Movimento Moderno che cercava oltre l'opacità dei materiali, l'immagine sincera di correlazione fra forma e funzione - "che i materiali non hanno più immagini profonde da esibire, che le funzioni più diverse possono essere svolte da componenti elettronici fisicamente uguali (alla scala macroscopica), dietro la superficie non c'è più niente da scoprire.
Il nuovo protagonismo delle superfici risponde così alla constatazione oggettiva che su di esse si consuma larga parte dello scambio comunicativo con l'oggetto. (...) Vi è una un'altra profondità che può essere paragonata alla profondità di un testo letterario: un libro, in fondo, è un oggetto bidimensionale, e le pagine stampate sono una particolare forma di trattamento superficiale capace di comunicare al lettore sensazioni di grande intensità.
Il problema è quello di trovare la grammatica e la sintassi di un linguaggio delle superfici che interagisca con il complesso della nostra sensorialità, mettendo in campo la capacità di toccare strati profondi della nostra reattività intellettuale, emotiva e sensoriale."[15]
L'architettura sta quindi affrontando una nuova concezione dello spazio costruito, ma soprattutto una profonda attenzione all'espressività dei materiali. Quest'ultima, infatti, assieme alle nuove conoscenze in campo tecnologico, si arricchisce sempre più di contributi al limite della disciplina architettonica, se non esterni ad essa. Tutto ciò ha effetti significativi in architettura, in particolare sugli involucri degli edifici, sull'uso della luce, del colore, del trattamento delle superfici, quasi intese ormai come 'testo parlante', e sulla reintepretazione dei materiali tradizionali (mattone, pietra, legno, metalli) o in rapporto con la nuove trame e consistenze materiche dei materiali artificiali plastici o compositi.

"Il 'nuovo' è tale perché introduce delle componenti che prima non c'erano, ma anche e soprattutto perché modifica e riorganizza l'esistente."[16]

La superficie esterna dell'involucro, quale componente che si relaziona maggiormente con lo spazio pubblico, ha acquisito sempre più rilevanza in relazione all'intenzione comunicativa del progetto. Ciò ha determinato la nascita di nuove forme di interazione fra l'utente e le superfici mediatiche degli edifici; si generano nuovi modi di fruizione delle architetture non solo come elementi spaziali, ma anche e soprattutto come portatori di informazioni. Il rapporto fra utente ed edificio non passa più solamente attraverso l'utilizzo e l'uso diretto dello spazio, ma si arricchisce di nuove interazioni, aprendo possibilità ad altre modalità di progettare e di fruire dello spazio urbano definito dagli involucri esterni degli edifici.

Evidentemente, dall'altro lato, la progettazione di queste superfici, informativamente evolute e sensorialmente dirompenti, prevede una necessaria interdisciplinarietà di competenze, che chiama in causa discipline come l'illuminotecnica (unitamente allo studio delle interazioni dell'involucro con l'illuminazione naturale degli spazi interni), l'elettronica, ma anche studi sulla comunicazione, la pubblicità, ecc.

"Rimane il dubbio che lo 'spettacolo della pelle' possa diventare una alternativa al primato dello spazio, con la conseguente riduzione della architettura alla pura visibilità, una sfida da accettare che indica che anche una nuova frontiera verso il futuro".[17]

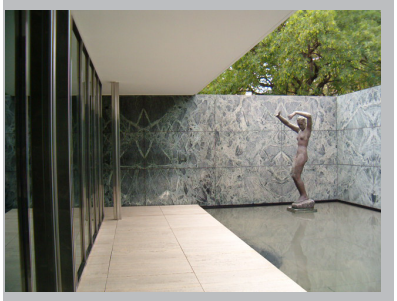
3.4 L'estetica architettonica - dalla trasparenza alla traslucenza

I concetti di leggerezza e trasparenza hanno sempre caratterizzato le aspirazioni e le manifestazioni architettoniche dell'uomo sin dai primordi della sua storia, allorché le sue condizioni di vita, caratterizzate costantemente dalla presenza fisica della gravità e della massa, lo hanno spinto alla ricerca di nuove forme espressive ed abitative che lo rendessero più libero.

Le leggerezza e la trasparenza assumono quindi una duplice funzione nella storia dell'architettura: quella di costituire una meta espressiva nel senso di libertà connaturata all'animo dell'uomo ed, allo stesso tempo, di essere il mezzo tramite il quale è possibile raggiungere questo obiettivo.[18]

La trasparenza è ancora oggi un omaggio al mito modernista della *Glasarchitektur*: quella della leggerezza e della luminosità del Crystal

Palace, attraverso poi Wright, Taut e Mies era un'idea di trasparenza assoluta, che puntava all'annullamento dello schermo opaco della parete e del confine fra interno ed esterno.
Accanto a questa interpretazione si è fatta avanti in questi ultimi decenni un'idea più complessa e mutevole di trasparenza, che punta alla smaterializzazione dell'architettura, come strumento di potenziamento della propria immagine, non tanto attraverso l'eliminazione della sua massa opaca, quanto piuttosto attraverso la valorizzazione dei significati assunti dalle superfici trasparenti o traslucide. La superficie vetrata, grazie anche alla continua evoluzione dei materiali e dei loro sistemi di produzione, non assume più l'unico significato di assoluta permeabilità visiva, ma prevede invece una gradualità infinita di variabili fra la completa opacità e la totale trasparenza.
Nasce così l'interesse per lo studio di tutti quei materiali (vetro, plastiche, metalli, lapideo e legno) e dei loro trattamenti (sabbiatura, acidatura, serigrafia, incisione, foratura, maglie o listelli sottili, ecc) che permettono oggi di valorizzare la superficie dell'involucro architettonico, non come un luogo neutro, bensì come un filtro variabile da frapporre tra interno ed esterno, quasi fosse una scenografia urbana, grazie al suo grande potere comunicativo.
Da un punto di vista concettuale, si può intendere tale tendenza, oltre che come riduzione dell'incidenza materica negli elementi progettati, anche come una contemporanea volontà di concettualizzare l'atto creativo, cioè il passaggio dall'oggetto concreto all'idea che lo determina, e quindi alla sua 'simulazione'. La smaterializzazione delle superfici diventa strumento di potenziamento dell'immagine architettonica attraverso l'acquisizione di nuove inedite simbologie.
Risulta allora di fondamentale importanza il concetto espresso da Jean Nouvel: "*Non è solo lo spazio che qualifica l'architettura; dimensione e forma non sono le uniche cose che ci permettono di percepire lo spazio".*[19] L'uso di materiali traslucidi o lavorati produce notevoli cambiamenti nel rapporto, ad esempio, luce e ombra, coinvolgendo e influenzando in maniera sensibile, attraverso l'involucro, la spazialità interna. Questo porta alla naturale osservazione che la luce diventa un materiale architettonico al pari di tutti gli altri, esprimendo al meglio anzi le sue enormi potenzialità espressive e prestazionali. Lo sfruttamento ed il controllo della luce nel progetto di architettura contemporanea sono al centro del progetto.





Mies van der Rohe, Padiglione di Barcelona (ricostruzione dell'originale per l'Esposizione internazionale a Barcellona nel 1929). Il progettista dimostra di essere pienamente padrone della coscienza del vuoto, configurando magistralmente il rapporto fra interno ed esterno attraverso la leggerezza delle strutture, delle partizioni e dell'organizzazione spaziale.

3.5 Dalla smaterializzazione delle superfici alla materializzazione della luce

A monte quindi dello studio approfondito delle ragioni e delle manifestazioni di superfici traslucide per gli involucri architettonici contemporanei, si vuole in questa seziona analizzare le radici culturali di tale corrente architettonica. Chiarite tali esigenze culturali, sarà interessante associare ad esse le soluzioni tecniche e quindi le ricadute estetico-prestazionali, che l'innovazione tecnologica in tale campo ha portato avanti in questo periodo.

"Nelle recenti costruzioni, soprattutto in quelle che fanno riferimento all'*high tech* o all'architettura cosiddetta "immateriale" (ma non solo), vi è la tendenza alla riduzione quantitativa di materia prima, di materiali, di semilavorati e loro configurazioni, di forza lavoro e di strumenti, di tutto ciò, insomma, che ha attinenza con la tangibilità e la configurazione della materia, contrapposti ad un notevole incremento degli aspetti immateriali ed intangibili.

Questa tendenza ha profonde radici nella storia; basti pensare alle opere di alcuni grandi maestri come, ad esempio, quelle di Sir Joseph Paxton, di Richard Buckminster Fuller, di Konrad Wachsmann, di Jean Prouvè, di Mies van der Rohe ed a quella schiera di progettisti ancora operanti (Renzo Piano, Jean Nouvel, Dominique Perrault, Peter Rice, I. Ming Pei, ecc.). Nel loro agire è leggibile una sorta di percorso comune, un'idea guida tendente all'essenziale, alla riduzione di parti tangibili a favore di una notevole ricchezza di pensiero ed organizzazione. Il motto miessiano "*less is more*" sintetizza emblematicamente il loro operare."[20]

Questa tendenza ha segnato fortemente la produzione architettonica contemporanea e, come si vedrà nella sezione della presente ricerca dedicata ai casi studio analizzati, i progettisti che hanno seguito e approfondito tale corrente di pensiero sono molteplici, diversi fra loro per formazione culturale, età e soprattutto tipologia e localizzazione di intervento, elementi questi che avvalorano la tesi secondo cui la comune volontà di una più profonda e ricca di significati ricerca della "leggerezza" sta portando alla sempre più frequente sperimentazione sulla tecnologia dell'architettura.

Per Tadao Ando, ad esempio, la ricerca di oltrepassare la dimensione spaziale nei suoi edifici diventa un'operazione naturale. "Quando i muri corrispondono alla mia immagine estetica, diventano astratti, sono negati e s'avvicinano al limite ultimo dello spazio. Perdono la

loro realtà e solo lo spazio che circondano dà la sensazione di una esistenza reale. In queste condizioni, solo la vibrazione della luce proiettata e del vuoto si stacca per suggerire la composizione spaziale. E' ciò che dà significato ad una composizione geometrica, le forme trascendono la loro natura e divengono invisibili (...). Lo spazio s'eleva fino ad una sensazione di trasparenza".[21] La vibrazione luminosa ed il vuoto, cioè, sono gli elementi che suggeriscono e permettono di leggere l'architettura.

Questa tensione verso l'espressività del vuoto è particolarmente forte nella cultura orientale giapponese, non a caso, anche nel suo impianto urbanistico la città di Tokyo è portatrice di tale pensiero. "Essa - dice Roland Barthes - possiede sì un centro, ma esso è vuoto. Tutta la città ruota intorno ad un luogo che è insieme interdetto e indifferente, dimora mascherata dalla vegetazione, difesa da fossati d'acqua, abitata da un imperatore che non si vede mai, (...) quotidianamente (...) i taxi evitano questo cerchio la cui cima bassa, forma visibile dell'invisibile, nasconde il 'nulla' sacro."[22]

Trasferendo tale concetto al settore edilizio, si può osservare che tale orientamento culturale è già rilevabile nella modificazione di buona parte di materiali, elementi e semilavorati impiegati, dei sistemi e dei processi adottati, dalle strategie poste in atto per la realizzazione della costruzioni. Si assiste ad una sostituzione delle parti materiche a favore di quelle più 'immateriali' e 'invisibili', attraverso lo studio delle infinite sfumature esistenti fra la trasparenza totale e l'opacità, dando luogo alla ricca gamma sensoriale data dai diversi livelli di traslucenza. Questo sarà uno dei parametri fondamentali utilizzato in questa ricerca all'interno della sezione che tratterà i casi studio: essi evidenzieranno, fra le altre cose, la particolarità dell'utilizzo di nuovi materiali sperimentali, ma soprattutto la reinterpretazione formale di materiali legati alla tradizione (elementi continui o discontinui, lavorazioni particolari, utilizzo del materiale come filtro luminoso, grafico o colorato, ecc.).

"I nuovi materiali diventano più leggeri, nel senso che è incrementata la quantità di pensiero funzionale alla loro realizzazione, ottimizzano la quantità di materia e di energia destinate alla loro costituzione. Gli elementi tecnici acquisiscono una maggiore complessità formale e/o funzionale al fine di rispondere ai nuovi requisiti predisponendo la materia all'interno di determinati schemi, cioè dove è solo strettamente necessaria.

(...) Questo spostamento d'attenzione dalla quantità e densità alla qualità e specializzazione delle singole parti di un insieme è un percorso

che conduce ad un notevole incremento della "tecnologia invisibile" da introdurre nella materializzazione di un progetto di architettura, cioè di tutte quelle attività collegate al sapere, all'organizzazione, all'intelligenza che concorre alla realizzazione degli edifici.
Parte dell'attuale architettura tende a concretizzarsi attraverso superfici che lasciano al movimento che avviene intorno ad essa, o al suo interno, la responsabilità di presenziare. Sembra quasi che le nuove architetture perseguano una acorporalità, una negazione della materialità, a favore della leggerezza, inconsistenza, non presenza (...), in un mondo pieno cercano di scomparire, o quantomeno di entrare in punta di piedi.
Essendo la 'pelle' dell'edificio quella a diretto contatto con l'esterno e con l'interno dei luoghi, l'architettura diventa emblema comunicativo nei confronti di chi la guarda dal di fuori e di chi la abita da dentro. Così si fa ampio uso di superfici riflettenti, trasparenti, deformate, contorte, erette con tecnologie che tendono a non rifarsi a quelle della tradizione, ma nemmeno a quelle impiegate un attimo prima.
I materiali adottati vengono trattati in modo da evidenziare, al di là delle forme che possono assumere, tale immagine di non presenza, o meglio di rispecchiamento, di sdoppiamento. Si è passati dalla rappresentazione ruvida a quella lucida o traslucida."[23]

Negli ultimi anni molti architetti non solo hanno dedicato la loro attenzione alla creazione di ambiente sensorialmente stimolanti, ma si sono sempre più concentrati sulla progettazione delle superfici, sulle proprietà tattili, il colore, la texture. L'aspetto sensoriale viene sottolineato in quello che abbiamo definito essere l'elemento per eccellenza della comunicatività architettonica, non solo contemporanea, ma di tutti i tempi: l'involucro, che diventa raffigurazione artistica capace, grazie all'alto grado di astrazione, di dialogare in maniera inusuale con l'ambiente.
Per consentire lo sfruttamento della luce naturale anche dietro involucri omogenei, la tendenza contemporanea consiste nell'utilizzo di materiali traslucidi, che producono all'esterno un'immagine uniforme al di là di ogni irregolarità della struttura, ma allo stesso tempo lasciano penetrare la luce all'interno e - dove lo si desideri o dove sia necessario a soddisfare esigenze a norma di legge - consentono di guardare verso l'esterno, attraverso la modulazione degli infiniti gradi di traslucenza.
Il tema che attualmente domina gli involucri architettonici non è più solo il rapporto ben proporzionato fra aperture e chiusure, bensì la capacità di riflettere e trasmettere la luce naturale o artificiale da parte della struttura di facciata.

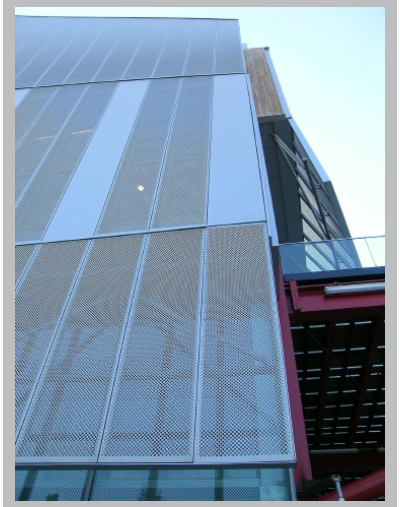
Sembra quindi che si possa affermare che nella cultura percettiva dell'architettura contemporanea, sempre più virtuale e gestita per ogni tipo di requisito da figure tecniche specialistiche e software informatici, ci si stia spostando ***dalla sensorialità dei materiali alla sensorialità della luce***. Forse tale concetto rispecchia appieno la definizione lecorbuseriana dell'architettura, che la citava come "*il gioco libero dei volumi sotto la luce*": essa diviene quindi il gioco della luce materializzata come elemento del volume architettonico smaterializzato.

3.6 Nuove vocazioni per l'involucro architettonico e trasferimento tecnologico

L'architettura sta vivendo, in questi ultimi anni, un'importante evoluzione: l'idea che una corretta ed innovativa impostazione progettuale e costruttiva possa contribuire ad ottimizzare i consumi energetici ed il comfort all'interno degli spazi di vita e di lavoro sta acquisendo sempre maggiore importanza.[24]
Un modo corretto di fare architettura è ricercare congruità tra soluzioni tecnologiche, funzionali, formali ed economiche; il raggiungimento del comfort psico-fisico per un ambiente vissuto è frutto dell'analisi delle condizioni dell'ambiente esterno, della tipologia edilizia, dell'uso stesso dell'organismo architettonico e delle tecnologie costruttive. Nell'architettura contemporanea l'organica necessità di comparare ed integrare i due sistemi - ambiente esterno e spazio costruito - viene racchiuso nella progettazione dell'involucro architettonico. In esso si riconosce sempre più, accanto al 'gesto creativo' l'attenta analisi funzionale e prestazionale per ottenere condizioni di utilizzo confortevoli nel rispetto dell'ambiente naturale circostante.
"La progettazione dell'involucro architettonico (inteso come superficie unitaria avvolgente, senza più distinzione fra chiusure verticali e copertura) ha come obiettivo la realizzazione di un elemento che sia capace di abbinare ad un grande valore comunicativo, caratteristiche tecniche tali da garantire comfort interno e ridotti consumi energetici.
Negli edifici contemporanei l'involucro costituisce dunque un punto di convergenza e di applicazione di tutti i molteplici aspetti progettuali: forma e decorazione, materiali, energia ed impianti, strutture, manutenzione, costi, ecc. Si assiste ad una iper-specializzazione progettuale su singoli temi tecnici con lo scopo di ottimizzare ogni aspetto: nascono così nuove figure professionali come l'ingegnere delle facciate, il tecnico della luce naturale, l'ingegnere aerodinamico, il progettista energetico, ecc. Ciò si traduce in una maggiore complessità







Centro de Convenciones Internacional de Barcelona (CCIB) involucro in pannelli metallici

del processo progettuale e in un aumento del costo, ripagato dai risparmi gestionali e manutentivi che derivano da una progettazione consapevole". [25]

Il progettista (o meglio il gruppo di progettazione) è dunque chiamato ad essere non solo 'ideatore' dell'involucro, ma necessariamente anche coordinatore dei processi e programmatore delle funzioni e della gestione dell'intero organismo contenuto nell'involucro. Fin dalle fasi preliminari della progettazione questo processo innovativo vede sempre più coinvolti anche i produttori e gli esecutori, il cui apporto è fondamentale per le opportunità esplorative in merito a tecniche di produzione e di montaggio.

Oggi la tendenza è quella di definire nuovi elementi architettonici per l'involucro, capaci di sfuggire all'omologazione e alla serialità della prefabbricazione, pur ricorrendo poi ad essa ed alle più attuali tecniche industriali, con l'ovvio riscontro dell'economicità costruttiva. Thomas Herzog afferma che "*(...) il dettaglio costruttivo, nel senso tradizionale del termine, non esiste più: la collaborazione reciproca fra progettista e industria ne ha preso il posto (...) con l'intenzione di far capire i flussi che, passando per un certo, governano movimenti, correnti, percorsi: è come se un respiro vitale riempisse le strutture e raccontasse come si genera il clima artificiale o quale sia il percorso del sole*".

Nell'ultimo secolo infatti lo sviluppo di settori paralleli all'architettura, come la chimica avanzata, ha radicalmente rivoluzionato l'apparato di certezze e di separazioni ad esempio che erano le cosiddette 'famiglie di materiali'. La possibilità di manipolare le strutture atomiche, molecolari e macromolecolari ha permesso di creare una serie pressoché infinita di nuovi materiali. La scienza dei materiali oggi permette - oltre che scegliere tra prodotti naturali o artificiali già noti - anche di creare nuovi materiali, cosiddetti compositi: "caratterizzati dalla reciproca integrazione macroscopica di materiali diversi e dall'utilizzazione delle loro proprietà complementari per ottenere prestazioni aggiuntive, secondo due linee di sviluppo principali, da un lato sfruttando via via sempre più intensamente proprietà elementari già disponibili nella risorsa naturale, dall'altro spingendo la materia dal comportamento inerte alla capacità di offrire una risposta adattiva".[26]

Affinché questo processo quindi abbia ricadute reali sul 'fare architettura' contemporaneo, oltre alle innovazioni conoscitive e tecniche, si rende necessario anche un rinnovamento nell'approccio progettuale ai materiali. All'interno quindi delle categorie concettuali e del percorso culturale espressiva Ezio Manzini con le definizioni di "*materiali a complessità subita*", riferendosi a quelli più tradizionali, e di "*materiali*

a complessità controllata" prima, e "*gestita*" poi, in base al principio di progettabilità su misura delle prestazioni offerte dal materiale stesso[27], la possibilità di poter usufruire di materiali con prestazioni molto specifiche e complesse, sancisce quindi un profondo cambiamento nel modo di concepire e progettare gli edifici, ed in particolare dei loro involucri, senza ridursi esclusivamente ad una mera sostituzione del materiale tradizionale con quello innovativo.

Le potenzialità dettate dai processi di trasferimento tecnologico nel dell'architettura dalle avanzate ricerche sui materiali innovativi devono consentire, in sostanza, non solo di ottenere un'efficienza funzionale, in passato impensabile per un unico materiale, ma anche di ricavare nuovi stimoli formali ed estetici ed, eventualmente, anche nuovi strumenti simbolici da tradurre in architettura.





Ingresso parcheggio pubblico ainterrato a Colmar, Francia. Foto di Theo Zaffagnini

Note

[1] PORTOGHESI P., *L'involucro e il volto*, in MATERIA n.55, Motta Editore, Milano, settembre 2007, pg.36
[2] VENTURI R., *Complexity and contradiction in architecture*, The Museum of Modern Art, New York, 1966, tr.it. *Complessità e Contraddizioni nell'architettura*, Dedalo, Bari, 1980, pg. 103
[3] HERZOG T., KRIPPNER R., LANG W., *Atlante delle facciate*, UTET, Torino, 2005, pg.320
[4] BARTHES R., *Semiologia e Urbanistica*, op.cit. N.10 settembre 1967
[5] SACK M., *Verlockungen der Architektur*, Luzern, 2003
[6] COLAFRANCESCHI D., *Architettura in superficie. Materiali, figure e tecnologie delle nuove facciate urbane*, Gangemi, Roma, 1995, pg.16
[7] DE FUSCO R., *Segni, storia e progetto dell'architettura*, Bari, Laterza, 1989, pg. 85
[8] BENEVOLO L., *Storia dell'architettura del Rinascimento*, Laterza, Bari, 1968
[9] DE FUSCO R., op. cit. pg. 265
[10] ALTOMONTE S., *L'involucro architettonico come interfaccia dinamica, strumenti e criteri per una architettura sostenibile*, Alinea, Firenze, 2005
[11] COLOMBAN M., *The wall of the future*, in Permasteelisa, Curtain Wall Lectures, National University of Singapore, 1994
[12] BONSIEPE G., *Dall'oggetto all'interfaccia*, Feltrinelli, Milano, 1995, pg.20
[13] COLAFRANCESCHI D., op. cit., pg.35
[14] MALDONADO T., *Reale e virtuale*, Feltrinelli, Milano, 1992, pg.10
[15] MANZINI E., *Artefatti*, Domus academy, Milano, 1990, pg 95
[16] MANZINI E. op. cit.
[17] PORTOGHESI P., *Editoriale*, in MATERIA n.42/2003, *Nuovi materiali*, Motta editore, Milano, pg.27
[18] Cfr. CALVINO I., *Le città invisibili*, Mondadori, Milano, 1993
[19] CIRILLO F., (a cura di), *Saper credere in architettura - trentuno domande a Jean Nouvel*, CLEAN, Napoli, 1998
[20] ZENNARO P., *La qualità rarefatta*, Francoangeli, Milano, 2000, pg.13
[21] SALAT S., LABBE' F., *Ando par Ando*, Arc en Rêve, 1988, (traduzione di P.Zennaro), pg.6
[22] BARTHES R., *L'empire des signes*, Skira, Genova, 1970, trad.it. *L'impero dei segni*, Einaudi, Torino, 1984, pg.39
[23] ZENNARO P., op.cit., pg.48-49
[24] LEONARDI N., *Editoriale*, in THE PLAN n.2/2003
[25] MANCINI R., op.cit., pg.142
[26] ANTONINI E., *Materiali complessi*, in MATERIA n.58/2008, Motta editore, Milano, pg.144
[27] MANZINI E., op. cit.

4

Le ragioni della tecnologia a secco nel progetto di involucri architettonici traslucidi

"La qualità urbana è equilibrio
tra tradizione e innovazione tecnologica"
Mario Zaffagnini
da 'Modelli abitativi e utenza', 1980

Mario Zaffagnini in "*Modelli abitativi e utenza*" dice che "*la qualità urbana non si identifica solo con la buona architettura degli edifici, perché questa perde immediatamente valore se non è riferita ad un preciso rapporto con il suo uso, se non scaturisce da un processo conoscitivo che passa attraverso il dialogo e da un processo creativo aperto alla sperimentazione graduale, alla verifica come prassi, al riconoscimento dei propri errori.*
La qualità urbana ... è l'insieme di tante e di altre (condizioni) di cui è difficile, forse impossibile, un'identificazione sistematica, perché legate a fatti non sempre oggettivabili o costanti nel tempo. E' il colore dei muri, la tessitura delle pavimentazioni stradali, i dislivelli tra i percorsi; un prato senza cartacce e siringhe, un ciuffo d'alberi non avvelenato dall'ossido di carbonio, la vite americana che copre una parete in fondo alla via; un marciapiedi sgombro dalle auto, una panchina all'ombra d'estate, il portico nelle giornate piovose, la cabina telefonica quando ti serve; il profumo dei tigli o quello delle caldarroste; l'allegro vociare dei bambini che escono da scuola e il mesto calpestio di che accompagna lentamente in corteo l'amico nel suo ultimo viaggio.
... E' equilibrio tra tradizione e innovazione tecnologica."

"Il panorama architettonico contemporaneo è caratterizzato da importanti cambiamenti nelle forme e nelle tecniche del progetto di architettura. Involucri sempre più arditi, sagome complesse allontanano il progetto da forme geometriche convenzionali aprendo la strada a tecnologie innovative. Oggi, l'attitudine comunicativa dell'architettura viene potenziata attraverso l'utilizzo di tecnologie che si presentano sempre più integrate all'edificio e la possibilità di utilizzar materiali sempre più leggeri e altamente performanti apre nuovi orizzonti alla creatività del progettista. Sempre più spesso ci si affida nelle scelte progettuali a materiali di forte impatto percettivo, in grado di sorprendere il visitatore, di guidarlo all'interno di spazi attraenti al tatto, alla vista, all'olfatto, sollecitandolo verso un piacere fisico e psicologico.[1]

A differenza di epoche connotate da continuità e tradizione costruttiva, l'evoluzione della professione risulta costantemente sfidata dalla rapida comparsa sul mercato di prodotti innovativi dai sofisticati caratteri fisico-materici. Gli strumenti delle tecniche del progetto d'architettura si intersecano sistematicamente con settori indirettamente connessi a quello architettonico, promuovendo sperimentazioni e procedimenti d'uso avanzati, a dimostrazione di una riconosciuta *eteronomia delle tecnologie".*[2]

Assistiamo ad una sperimentazione che tende all'innovazione come obiettivo di programma, con scelte radicali che trovano nel segno artistico maggiori facilità di adesione rispetto a quanto non avvenga per il progetto architettonico, in cui opzioni formali e costruttive dell'architetto si legano a quelle del committente, insieme a considerazioni di ordine economico e normativo.

Non sempre i materiali ed i prodotti innovativi hanno sostenitori così convinti, anzi. L'innovazione attrae e spaventa al tempo stesso, è portatrice di novità, ma anche di ignoti risultati. Spesso non si può parlare di prodotti del tutto nuovi, dato che molti di quelli che vengono immessi nel mercato edilizio lo sono solo in parte. Nella maggior parte degli edifici si impiegano assemblaggi di materiali non convenzionali, o trattamenti inediti di materiali tradizionali. A tal proposito Shigeru Ban, ad esempio, dichiara: "...*cerco sempre di lanciare nuove idee, ma non ho 'inventato' nulla; utilizzo materiali standard, solo in modo nuovo*...".[3]

Il trasferimento tecnologico arricchisce il settore delle costruzioni di alternative produttive, modificando i tradizionali procedimenti e metodi del "fare architettura". Tale fenomeno evidenzia quindi da un lato l'elevata dinamicità della ricerca nella messa a sistema di esperienze scientifiche e tecniche, dall'altro la necessità di un rapporto sinergico tra conoscenza e competenza degli operatori del settore progettuale, produttivo, realizzativo e gestionale.

"A fronte di una richiesta generalizzata di elevata qualità dell'opera di architettura, il tema dell'informazione tecnica riconferma il primato ricoperto all'interno del processo progettuale e gestionale dell'intervento. Assume valore strategico tanto più si affrontano procedimenti costruttivi non convenzionali, lontani dall'usuale cognizione tecnico-progettuale e semiologica della *permanenza* e della *stabilità* in relazione al tempo, nel passaggio tecnologico dal *massivo* al *leggero*, in rapporto al rafforzamento cognitivo circa la questione ambientale".[4]

E' necessario sottolineare come il sapere tecnico, in grado di offrire soluzioni progettuali alle intenzioni compositive e di indurre alcuni risultati sul piano figurativo, non può sostituire il complesso processo

ideativo e creativo che è alla base del progetto stesso. Come scrive Kenneth Frampton, riferendosi alla necessità di una tettonica che si opponga alla tendenza attuale di sminuire il trattamento dei dettagli a favore dell'immagine complessiva: "...*ogni cosa dipende tanto dal come esattamente essa è stata realizzata quanto da un aperta manifestazione della sua forma. Questo non vuole negare l'ingegnosità spaziale, ma piuttosto elevarne il carattere grazie alla sua precisa esecuzione*...".[5]
L'evoluzione dei possibili e strategici modi di operare nel progetto richiede agli operatori del processo edilizio una capacità incrementale di conoscenza e gestione delle informazioni tecniche ad essi destinati, che si traduce in un requisito indispensabile per mantenere l'eccellenza nella cultura del 'sapere' e del 'sapere agire', per rispettare il primario principio della centralità del progetto. Il rapporto fra progetto e informazione tecnica si consolida quindi come punto cardine di una prassi progettuale eticamente *consapevole e creativa*. Il termine *creatività* è qui inteso come la capacità di riconoscere, tra elementi immateriali e materiali, nuove connessioni che portano a innovazioni e cambiamenti.[6] Sul rapporto fra informazione e creatività si ricorda l'affermazione di Mario Zaffagnini, il quale asserisce che "*compiere esperienze progettuali (...) significa legare l'informazione al processo creativo*", ribadendo il valore del progetto in quanto conoscenza e ricerca.[7]

Uno dei fattori di maggiore complessità nella scelta delle strategie di intervento è determinato dal fatto che, in base agli attuali principi economici e culturali, i requisiti stabiliti al momento dell'intervento possono essere soggetti a modifiche in un tempo relativamente breve. Da ciò deriva che la scelta delle tecnologie costruttive diventi uno degli strumenti di controllo di tale complessità. La scelta predominante dell'impiego del sistema costruttivo a secco nei progetti di involucri architettonici traslucidi è legato, in buona parte, alla maggiore possibilità di controllo dei vari aspetti dell'intervento, da quelle formali a quelle funzionali, passando per quelli impiantistici, costruttivi, logistici.
La scelta del sistema stratificato a secco per la realizzazione di involucri traslucidi consente di far fronte alla possibile **variazione nel tempo** dei requisiti trasformativi del progetto, in altri termini di garantire quella flessibilità che non è da intendersi solo come possibilità di variazione dell'assetto funzionale durante le fasi di esercizio, ma anche come disponibilità, senza richiedere un eccessivo dispendio di risorse, a un successivo adeguamento in una prospettiva a medio termine. Essa risponde quindi ad un **principio di flessibilità** introducendo la

possibilità di modificare nel tempo alcune scelte tecnologiche rendendo programmabile l'adeguamento durante una determinata fase del ciclo di vita dell'edificio.

I principi che regolano il sistema costruttivo a secco, in particolare l'**assemblaggio e la specializzazione** delle parti, si prestano a concepire il progetto dell'involucro traslucido, come un processo di analisi e di sviluppo delle caratteristiche che esso assume nei confronti dell'intero edifico, in termini di prestazioni energetiche, di sostenibilità e soprattutto di originalità espressiva di una particolare scelta materica e tecnologica per la 'pelle' esterna.

Si deve inoltre considerare che il sistema a secco, nella specificità di interventi di valorizzazione/integrazione/sostituzione dell'involucro di un manufatto esistente permette di rispondere in maniera consona all'esigenza di **reversibilità e riconoscibilità** dell'intervento, nella corretta lettura del progetto architettonico.

Una delle caratteristiche fondamentali del **sistema costruttivo a secco** è l'impiego di componenti assemblabili dotati di un grado più o meno elevato di specializzazione che, opportunamente stratificati, determinano il pacchetto prestazionale dell'intero involucro progettato. L'efficienza dipende dalla qualità dei componenti (intesa sia come qualità intrinseca dei materiali sia come qualità della concezione, della realizzazione e della compatibilità con altri componenti), ma anche dalla qualità del progetto e dall'esecuzione dell'assemblaggio. Ciò rende questo sistema, pur imponendo uno sforzo maggiore in termini di progettazione degli elementi e gestione delle risorse, nonché di specializzazione della manodopera, particolarmente efficace per la realizzazione di involucri con impiego di superfici traslucide.

Nella valutazione della tecnologia a secco in rapporto alla progettazione di involucri traslucidi, partendo dalla consapevolezza del valore espressivo e percettivo che essi assumono nell'attuale 'grammatica urbana', occorre sottolineare come la permanenza di un tale segno architettonico sia legata, da un alto alla scelta di una soluzione tecnologica basata sull'attuale spinta di innovazione e tendenza alla smaterializzazione della materia ma, dall'altro lato, sia associata anche alla capacità di un progetto di preservare nel tempo la propria configurazione e la propria immagine aggiornando, eventualmente, il proprio apporto prestazionale.

La differenza tra il concetto di **permanenza e di durabilità** è sottile, ma determinante. La durabilità fa riferimento al tempo di vita atteso per un determinato prodotto, piuttosto che a un sistema, mentre la permanenza allude alla capacità di un intervento di conservare la propria presenza

in un determinato contesto in un arco di tempo non necessariamente definito. Questi due concetti portano quindi a una separazione fra la consistenza materica dell'oggetto 'involucro' e la percezione della sua immagine. La durabilità è legata alle proprietà e alle caratteristiche dei materiali utilizzati, alla congruenza delle soluzioni costruttive adottate e alla qualità della messa in opera, la permanenza a un'immagine che ricorre in un arco di tempo.

In rapporto alla considerazione di una realizzazione con sistemi ad umido di involucri traslucidi [8], la scelta dell'applicazione del sistema stratificato a secco porta già con sé l'assunto della programmazione della durabilità dei materiali; fatto per altro di grande rilevanza parlando di materiali innovativi, ancora non del tutto conosciuti e di cui solo la sperimentazione consente di acquisirne conoscenze circa le possibilità di durata e prestazioni. Quando un componente non risulta più efficiente, rispetto alla prestazione per cui è stato progettato, viene sostituito per garantire il corretto funzionamento del sistema. La permanenza dell'immagine e della configurazione dell'involucro progettato non sono affidate ad una durabilità fisica, ma alla possibilità di mantenere nel tempo determinate caratteristiche e quindi garantire specifiche prestazioni.

Tutto questo ci porta ad evidenziare come la scelta dell'applicazione di tecnologie a secco per la progettazione di involucri architettonici traslucidi consenta facilmente la programmazione di piani di manutenzione costante, secondo i requisiti fondamentali di **sostituibilità, manutenibilità e montabilità** degli elementi traslucidi, garantendo così il loro corretto funzionamento prestazionale, ma soprattutto la continuità espressiva, che sempre più spesso viene potenziata con l'inserimento di elementi impiantistici (soprattutto illuminotecniche - vedi paragrafo 1.4).

Inoltre la valutazione preventiva delle prestazioni (energetiche attive e passive, di controllo solare e di illuminamento, ecc.) e degli effetti delle sperimentazioni estetico-percettive attuate per la realizzazione di involucri traslucidi ha portato allo studio preliminare di parametri specifici dei materiali utilizzati, fino all'utilizzo degli *smart materials,* i materiali intelligenti capaci di reagire in maniera autonoma, se sottoposti a determinate sollecitazioni di varia natura, imitando quasi le caratteristiche 'biologiche' (vedi paragrafo 6.3). Questo arricchimento delle conoscenze preliminari al progetto ha portato ad un conseguente riduzione del margine operativo in fase esecutiva, ma ad un aumento del numero di figure professionali coinvolte (architetti, ingegneri strutturisti, energetici, illuminotecnici, aziende specializzate, ecc.), delle

loro competenze specifiche e soprattutto del trasferimento tecnologico che avviene da campi diversi dall'architettura.
La responsabilità dell'esito qualitativo dell'intervento si concentra nella fase di progettazione. Ciò implica un onere che si manifesta non solo a livello economico, ma anche in termini di preparazione e interazione delle figure professionali coinvolte. Si può dire che una parte del costo dell'opera si sposti a monte del processo di realizzazione ad un tempo zero, in cui predomina la fase di progettazione, organizzazione e coordinamento.
Tale costo risulta di difficile ripartizione poiché, sebbene il solo parametro economico non possa essere considerato il fattore determinante nella scelta della tecnologia costruttiva, esso risulta, tuttavia, preminente nella fase decisionale ed è ritenuto decisivo dalla committenza. Pertanto, il **costo dell'investimento in termini di risorse intellettuali** finisce con l'essere principalmente a carico dei professionisti coinvolti nella progettazione e nell'impresa esecutrice.
A tale proposito si vuole sottolineare come nella progettazione di involucri traslucidi, proprio perché consapevoli di quanto appena spiegato, sempre più spesso a soluzioni di sperimentazioni particolarmente costose e lontane ancora da una possibile produzione standardizzata a livello industriale (vedi vetri elettrocromici, a cristalli liquidi, ecc.) si sostituiscono prodotti, frutto di trasferimenti tecnologici o soltanto di usi diversi da quelli per cui sono nati, ottenuti da materiali *low cost* come le plastiche (pannelli in metacrilato, in policarbonato, pellicole addizionali, lastre di materiali compositi, ecc.) o i metalli (lavorati in pannelli microforati e in tessuti), capaci di assolvere ad elevate prestazioni.
Infine la fase di **cantierizzazione** rappresenta l'altra grande differenza fra una realizzazione a secco e una di tipo tradizionale. Nel primo caso infatti il cantiere non è più il luogo della creazione del manufatto, ma quello dell'assemblaggio. La scelta di applicare tecnologia a secco infatti determina un sensibile riduzione dei tempi di esecuzione, che in termini economici significa ricapitalizzare rapidamente l'investimento iniziale.
Al ragionamento sul costo propriamente detto inoltre deve affiancarsi una riflessione sul costo generalizzato dell'intervento di realizzazione, in particolare per involucri traslucidi, con un'attenzione speciale ai costi ambientali, che, di recente, stanno assumendo un'importanza crescente. La differente gestione del cantiere dovuta all'applicazione della tecnologia a secco porta ad una riduzione dell'impatto di quest'ultimo sul contesto posto intorno: diminuzione dei tempi delle lavorazioni significa una riduzione di inquinamento. Inoltre la possibilità

di utilizzare prodotti ecocompatibili, di predisporre soluzioni aperte alla sostituzione dei componenti con altri di futura generazione dalle caratteristiche migliori, indirizzano l'approccio tecnologico **verso una progettazione sostenibile**, capace di tenere in conto di uno sviluppo a medio-lungo termine del particolare settore in fase di sviluppo della progettazione di involucri architettonici traslucidi.

Note

[1] CAMPIOLI A., ZANELLI A. (a cura di), *Architettura tessile. Progettare e costruire membrane e scocche*, Sole24Ore, Milano, maggio 2009

[2] Il concetto di eteronomia delle tecnologie si basa sul fatto che le motivazioni di partenza da cui scaturiscono specifiche soluzioni tecniche non sono indotte de esigenze interne al settore edilizio ma sono acquisite da settori "altri". Per approfondimenti sul rapporto tra tecnologia, innovazione tecnologica e società si veda il testo di R. ROY e N. CROSS, *Tecnology and Society*, The Open University, Bletchley, 1974 [Ed. Ital. La tecnologia e i suoi effetti sull'economia e i suoi rapporti sociali, trad. it. di M. e D. PAGGI, Mondadori, Milano, 1979]

[3] intervista a Shigeru Ban in DETAIL n.8/2001

[4] CAMPIOLI A., ZANELLI A. (a cura di), op. cit. pg. 156

[5] FRAMPTON K., *Tettonica e architettura. Poetica della forma architettonica nel XIX e XX secolo*, Skira, Milano, 1999, pg.45

[6] cfr. GALIMBERTI U., *Parole nomadi*, Feltrinelli, Milano, 2006, pg.42

[7] ZAFFAGNINI M., *Manualistica come informazione tecnica*, in V. GANGEMI, P. RANZO (a cura di), *Il governo del progetto*, Luigi Parma, Bologna, 1987, pg. 139-148

[8] Applicazioni con calcetsruzzo traslucido, vedi paragrafo 6.4.

5.1 Per un censimento e repertoriazione dei materiali ad uso traslucido: premessa di indagine

5.2 Materiali vetrosi

5.3 Materiali plastici

5.4 Materiali metallici

5.5 Materiali lapidei

5.6 Materiali legnosi/vegetali

5

Materiali e superfici traslucide

“La materia diviene materiale
quando può essere inserita
in un progetto e diventare
parte di un prodotto.”
E. Manzini, La materia dell’invenzione
Arcadia, Milano 1984

La ricerca prende spunto dal dibattito culturale sviluppatosi negli ultimi anni in ambito scientifico internazionale, attorno al tema del destabilizzante effetto prodotto dall'iper-scelta nel campo dei materiali, per giungere ad individuare così le potenzialità, sia sul piano teorico-concettuale che sul piano operativo, di una nuova modalità di approccio ai materiali.

I materiali possiedono una loro "vocazione", esprimono al meglio le loro caratteristiche in particolari impieghi e situazioni, ma le vicende dell'architettura contemporanea in particolare modo, ci hanno insegnato come materiali che non pensavamo potessero essere impiegati se non per quella funzione o secondo quella prassi consolidata sono divenuti altro da sé. Molti prodotti vengono inoltre associati, per prestazioni ed immagine, a specifiche architetture, come nel caso delle lamiere metalliche, per anni impiegate quasi esclusivamente negli edifici e nei capannoni industriali e solo di recente uscite da questo confinamento non certo dovuto a questioni tecniche[1]. Pelli metalliche rivestono oggi musei, alberghi, e residenze, dimostrando che non esistono per materiali specificità funzionali tali da costringerli in ambiti definiti.

"Il tema del 'pregiudizio materico', di un presunto legame inscindibile tra un materiale ed una forma, o di utilizzi esclusivi è ormai ampiamente superato. I materiali vengono mischiati ed abbinati tra loro, sottoposti di continuo a inedite lavorazioni per ottenere effetti e combinazioni diverse"[2]. *Creatività, sperimentazione* e *trasferimento tecnologico* rappresentano parole chiave caratterizzanti l'azione del progettare contemporaneo.

In questa sezione, a fronte dell'analisi dello stato dell'arte nel panorama dell'architettura contemporanea riguardo a scelte tecnologiche in fatto di materiali capaci della sensazione della traslucenza negli gli involucri esterni, si vuole introdurre e descrivere le cinque famiglie di materiali, in molte delle loro molteplici declinazioni, finalizzate a capire ed interpretarne l'uso diversificato di tali materiali nelle pelli esterne traslucide, evidenziando qui le caratteristiche proprie del materiale e soprattutto dei prodotti e delle lavorazioni utilizzati.

5.1 Per un censimento e repertoriazione dei materiali ad uso traslucido: premessa di indagine

Oggi si tende ad esprimere l'enigmaticità e l'indeterminatezza dell'essere contemporaneo, dandone una visione mutevole e vaga, attraverso una trasparenza volutamente fenomenica fatta di inviluppi stratificati. I materiali impiegati non hanno più il senso di celebrare la chiarezza della composizione, ma sono impiegati per velare più che rivelare, per confondere più che rendere manifesto.
L'opera architettonica diventa esperienza soggettiva e la trasparenza passa da un concetto di totale permeabilità bidimensionale al raggio luminoso ad un significato di spessore, realizzato attraverso l'esfoliazione funzionale e compositiva dell'involucro - operazione questa che rende indefiniti i margini dell'edificio, e la sua densità, ovvero attraverso filtri diafani ed evanescenti che talvolta permettono di scoprire una materia nuova e nascosta nella matrice in cui è sciolta.
Una delle linee di ricerca architettonica oggi più feconda riguarda il tentativo di rendere visivamente permeabili le superfici naturalmente opache e massive di materiali della tradizione, come i metalli, il legno, la ceramica e addirittura la pietra, attraverso una sottrazione di materia che si concretizza in una trasformazione della texture, originariamente compatta, in una sottile e rarefatta o attraverso la giustapposizione di fitte sequenze lineari di elementi identici leggermente disgiunti o ancora attraverso la microdiscontinuità di componenti eguali, realizzata con leggere rotazioni, torsioni e leggeri scorrimenti. Ne deriva una trasparenza incostante, che varia con la distanza, l'angolo di incidenza della traiettoria visiva e le condizioni di illuminazione; si tratta di una visione in controluce che rende la superficie un'impalpabile filigrana.
I metalli, il legno, la pietra rispondono alla logica della permeabilità visiva ottenuta per sottrazione di materia, per porosità, per scavo di spazio. Lamiere forate, stirate e grate in alluminio, acciaio inossidabile (in lega con il cromo), acciaio zincato (galvanizzato con una patina superficiale ed inossidabile di zinco), acciaio Corten (con una ossidazione superficiale protettiva), zinco-titanio, rame e sue leghe (ottone e bronzo): sono queste le declinazioni della trasparenza metallica che maggiormente si trovano nel panorama architettonico contemporaneo. Il grado e il tipo di trasparenza sono regolati definendo la forma (circolare, quadrata, triangolare o rettangolare), la dimensione, la disposizione e la densità dei fori delle lamiere, cosa che oggigiorno avviene anche secondo volontà del singolo progetto grazie all'impiego di macchine a controllo numerico che personalizzano la produzione



Involucro in lamiera preossidata e microforata in rame per gli uffici in Sarphatisstraat, Amsterdam di Steven Holl



Involucro in gabbioni di sassi nella cantina vinicola Dominus di Herzog e de Meuron

Involucro in canne di bambù realizzato da Kengo Kuma: la traslucenza data dal ritmo di elementi verticali naturali

degli elementi.

Steven Holl, nel Padiglione per uffici realizzato in **Sarphatistraat ad Amsterdam** nel 2000, rende immateriale un volume a prima vista pesante e monolitico tramite un guscio esterno di elementi in lamiera microforata di rame preossidato (dimensioni 100x210 cm – spessore 4 mm), staccato dalle pareti di circa 70 cm per creare una profondità visivamente permeabile che rende sfumati i reali contorni dell'edificio.

I prodotti in legno sviluppano la trasparenza attraverso l'assemblaggio di elementi più o meno sottili, prevalentemente a sviluppo lineare (lamelle, doghe, listelli e barre), ove la principale componente è data dalla loro snellezza, forma, sezione, dalla loro disposizione seriale, dal loro interasse e dalla loro eventuale inclinazione. Nella **Bamboo House** a Badeling, Kengo Kuma realizza i propri filtri con canne di bambù di diametro 60 mm in orditure più o meno fitte, a seconda che la funzione sia quella di schermare le vetrate esterne o definire i muri interni ed i controsoffitti, mentre Herzog & De Meuron nell'**azienda vinicola Dominus** a Yountville in California creano delle pareti filtranti con gabbioni modulari in rete metallica a maglie quadrate accatastati a secco, contenenti pietre basaltiche irregolari.



Può risultare utile, a questo punto dell'attuale ricerca, soffermarsi sul significato delle parole **"materiale"** e **"materia"**. Possiamo stabilire che, "con una definizione operativa, (...) un materiale è qualcosa che, in determinate condizioni (un sistema di carichi, delle condizioni ambientali, un periodo di osservazione) si comporta in un determinato modo (cioè produce certe prestazioni)".[3]
Una definizione più pragmatica stabilisce che un materiale "è una qualità di materia solida adatta all'impiego per una determinata costruzione - pertanto - è molto più specifico nei riguardi delle proprietà".[4]
Materia, invece, "è un termine generico che si riferisce a tutto ciò che ha la proprietà intrinseca di avere massa"[5], per cui è riferita a "tutto ciò che ha una massa e che occupa uno spazio".[6]
Perciò il materiale può essere inteso come materia, in quanto possiede una massa ed occupa uno spazio, capace di fornire certe prestazioni nel momento in cui subisce interferenze al suo stato di quiete da parte di fattori esterni divenendo così adatto a talune applicazioni costruttive.
In questo scenario culturale occorre quindi anche definire come "la **tecnologia** è la disciplina che tratta la conoscenza dei processi di trasformazione di cui si sostanzia, nel tempo, la produzione culturale e materiale di una società"[7], mentre "con il termine **processo**, in generale e non soltanto nel mondo delle costruzioni, s'intende una successione di fatti o di fenomeni caratterizzati dall'avere tra loro un nesso più o meno profondo".[8] La successione di azioni ed eventi che caratterizzano un processo è determinata dal fatto che in ogni attività è individuabile una finalità mirata al raggiungimento di un determinato obiettivo.
Nel mondo delle costruzioni s'intende per processo una "sequenza organizzata di fasi che partono dal rilevamento delle esigenze della committenza - utenza di un bene edilizio al loro soddisfacimento attraverso la progettazione, la produzione, la costruzione e la gestione del bene stesso".[9] Il termine di processo edilizio assume perciò una valenza generale all'interno della quale sono condensate una quantità d'attività specifiche. Il processo edilizio costituisce quindi quell'insieme di attività di riempimento dello spazio ideale e materiale praticate con l'obiettivo di dare soddisfazione al desiderio, di uno o più soggetti, di realizzazione di una costruzione.

5.2 Materiali vetrosi

Negli ultimi decenni il vetro ha assunto, nel campo dell'architettura, un ruolo sempre più vasto ed endemico, fino a diventare in certi casi materiale unico dell'immagine architettonica; simbolo di leggerezza, questa materia "immateriale" tende oggi ad opporsi tra massa e materia costruttiva fino a rovesciarla nel suo esatto contrario: l'identificazione fra materia e riflesso, tra materia e luce.[10]

"La lingua tedesca per identificare la parola *vetro* utilizza il termine "*Glas*", che affonda le proprie radici nel vocabolo germanico "*glaza*", che significa sia ambra, sia brillare, luccicare. L'associazione etimologica tra il materiale e gli effetti che l'incontro tra la luce e lo stesso producono, suggerisce strette connessioni tra l'evoluzione tecnologica legata alla produzione ed applicazione in architettura del vetro e lo sviluppo di una cultura costruttiva. Complesse suggestioni intervengono attraverso parametri quali la luce, e la luminosità, il margine ed il recinto, la trasparenza, la traslucenza e la permeabilità".[11]

"Come componente di facciata, il vetro ha proprietà che lo differenziano dagli altri materiali tradizionali, e sono quelle di essere trasparente alla radiazione solare, permettendo l'illuminazione ed il riscaldamento degli ambienti interni ad opera del sole, e pertanto è a tutti gli effetti un dispositivo di sfruttamento solare".[12] Già però a partire dagli anni '80, ma in maniera più evidente negli ultimi anni, fra le varie sperimentazioni di innovazione tecnologica del materiale, ha preso forza la tendenza, accanto alla smaterializzazione della materia data dall'impiego di silicati, anche la visibilità della densità materica del vetro e della consistenza del materiale di per sé, attraverso trattamenti che rendono traslucido, diafano il materiale trasparente per eccellenza, con ricadute anche sul campo energetico e con la possibilità di nuovi impieghi per il vetro nel sistema 'involucro': da elemento 'schermato' a elemento 'schermante'.

"Il dibattito attuale di architettura si interroga sui vantaggi e svantaggi di una pelle trasparente: al massimo apporto di luce si contrappone un probabile surriscaldamento durante l'estate e dispersione termica d'inverno".[13] Di conseguenza il suo impiego ha reso indispensabile il controllo dei flussi termici e luminosi che vengono scambiati attraverso l'involucro architettonico. Ciò ha richiesto a questo materiale di rispondere a nuove funzioni al fine di limitare le dispersioni termiche e di ridurre il fabbisogno energetico del manufatto costruito come attualmente richiesto dall'attuale normativa vigente in materia. Pertanto l'innovazione funzionale che ha coinvolto questo materiale

è stata ed è indirizzata dal settore produttivo verso un miglioramento delle prestazioni di base e verso l'acquisizione di nuove proprietà energetiche che il vetro di per sé non possiede, in termini di isolamento termico, di schermatura della radiazione solare diretta quando richiesta, e di produzione di energia. Lo spettro solare luminoso infatti comprende lunghezze d'onda da circa 250 a 2500 nanometri (nm): esso è composto per il 4% di raggi ultravioletti (lunghezza d'onda 280-380 nm), per il 45% di onde di campo visibile (lunghezza d'onda 380-780 nm) e per il 51% di raggi infrarossi (lunghezza d'onda 780-2500 nm), che sono responsabili dell'effetto termico dell'energia solare. Per impedire che la superficie di vetro trasmetta energia termica all'interno di un ambiente, attualmente lo si combina con materiali che queste proprietà le hanno già nel loro dna: il risultato è un sistema vetrato composto, le cui caratteristiche prestazionali sono date dalla somma di quelle dei singoli componenti materiali.

Caratteristiche del materiale

"Il vetro impiegato in architettura è un materiale che non esiste già disponibile in natura, ma proviene dalla 'tecnosfera' dell'uomo ed è il prodotto della fusione in forno delle materie prime di cui è composto: la silice come vetrificante sotto forma di sabbia, la soda come fondente sotto forma di carbonato o di solfato, la calce come stabilizzante sotto forma di calcare.
Il vetro quindi è un prodotto inorganico della fusione, che può essere definito come un fluido solidificato, in quanto il materiale, attraverso una tecnica di raffreddamento controllata, passa dallo stato fluido a quello solido senza una vera e propria cristallizzazione. L'assenza di una struttura cristallina consente alla luce di penetrare nel vetro senza essere diffusa (caratteristica per altro tipica dei materiali traslucidi, che determina la sostanziale differenza fra *trasparenza* e *traslucenza*, cioè la capacità o meno della luce di attraversare un corpo e di 'uscirne' più o meno diffusa) e fa apparire il vetro trasparente. Dato che il vetro è composto da miscele diverse non esiste una formula chimica per definirlo. Rispetto a molti altri cristalli, le cui proprietà dipendono dalla direzione, il vetro è isotropo, ovvero le sue caratteristiche sono indipendenti dalla direzione in cui viene sollecitato".[14]
"Il vetro può anche essere considerato un prodotto naturale, in quanto si forma casualmente all'interno della terra per le temperature elevatissime e durante le eruzioni vulcaniche viene scaraventato all'esterno. Questo prodotto naturale, così come l'ossidiana, è stato utilizzato dalle civiltà

Proprietà fisiche generali del vetro

Caratteristiche	Simbolo	Valore e unità
Densità a 18 °C	r	2500 kg/m^3
Durezza superficiale		6 secondo la scala di Mohs
Modulo elastico di Young	E	7×10^{10} Pa
Coefficiente di Poisson	m	0,2
Calore specifico	c	0,72 × 10^3 J/(kg × K)
Coefficiente di dilatazione lineare	a	9×10^{-6} K^{-1}
Conducibilità termica	λ	1 W/(m × K)
Indice di rifrazione nel campo visibile tra 380 e 780 nm	n	1,5

Composizione del vetro

Silice	(SiO_2)	69-74%
Calce	(CaO)	5-12%
Ossido di sodio	(Na_2O)	12-16%
Magnesia	(MgO)	0-6%
Allumina	(Al_2O_3)	0-3%

Questa composizione è fissata in Europa nella EN 572 parte 1

antiche come ornamento, come punta delle frecce e per contenitori".[15] Nel I secolo a.C. infine i Fenici inventarono la soffiatura del vetro. Più o meno nella stessa epoca i Romani riuscivano a produrre lastre di vetro grandi fino a 70 x 100 cm grazie al processo per colatura. Con il tramonto dell'Impero romano queste tecniche si persero. Nel XIV secolo si svilupparono i processi di produzione del vetro per soffiaggio e il procedimento del vetro a corona. La produzione di vetro piano per soffiaggio e laminazione di cilindri era già stata inventata nel X secolo, ma solo nel XVIII secolo era stata sviluppata a tal punto da portare alla produzione di lastre di vetro piane da 180 x 120 cm fino a 210 x 130 cm. Grazie alla meccanizzazione del procedimento per soffiaggio di cilindri, a partire dall'inizio del XX secolo si possono produrre lastre di vetro grandi fino a 190 x 1000 cm. Il primo processo di produzione continuo fu il procedimento di laminazione, brevettato quasi contemporaneamente da Emile Fourcault nel 1904 e da Irwin W. Colburn nel 1905. Esso consentiva la produzione di un nastro continuo di vetro largo 125 cm. Alistair Pilkington sviluppò nel 1959 il procedimento "float". La miscela fusa galleggia su un bagno liquido di stagno e forma un nastro di vetro largo 321 cm con superficie pressoché planare. Gli impianti float producono ogni ora fino a 3000 m^2 di vetro piano con caratteristiche ottiche molto elevate.

"Alle materie prime che compongono il vetro possono essere aggiunti altri ingredienti come alcuni ossidi come l'allumina e il magnesio o particolari ossidi metallici al fine di migliorare le proprietà fisiche del vetro o di ottenerne determinate qualità di colore. Il vetro può essere composto da diverse sostanze chimiche, come gli ossidi di silicio (Si), boro (B), germanio (Ge), fosforo (P) e arsenico (As). Dato che il principale componente di quasi tutti i prodotti del vetro è il biossido di silicio, si parla in generale di vetri silicei. Il vetro comune per costruzioni, il cosiddetto *vetro sodo-calcico*, contiene sabbia quarzosa (SiO_2, 69-74%), sodio (Na_2O, 12-16%), calcio (CaO, 5-12%) e altri materiali, in percentuali diverse, che ne influenzano le proprietà o la colorazione. Con l'aggiunta del boro (B_2O_3, 7-15%) al posto del calcio, si producono i vetri di *borosilicato*. Questi ultimi vengono impiegati per la produzione antincendio, poiché la loro bassissima dilatazione termica li rende molto più resistenti ai cambiamenti di temperatura. Nella produzione del vetro le materie prime vengono riscaldate fino a diventare fluido-viscose, poi vengono lavorate e fatte raffreddare lentamente. Durante il processo di raffreddamento l'elevata viscosità della fusione impedisce che le molecole si ordinino in una struttura cristallina. Questo stato molecolare di solidificazione disordinata viene definito 'congelato'".[16]

Tipologie di vetro

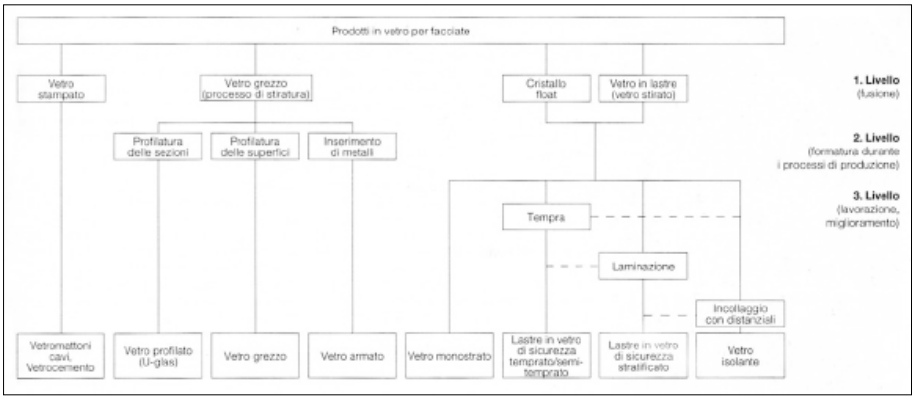
Le proprietà di una lastra di vetro possono essere modificate cambiando la composizione della massa vetrosa e/o le proprietà superficiali.

Vetro float
La sabbia quarzifera, la materia prima più importante per la produzione di vetro, contiene spesso piccole impurità, che colorano il vetro. Il leggero punto di verde di un comune vetro float è dovuto all'ossido di ferro (Fe_2O_3). I parametri tipici di una lastra float spessa 4 mm sono un valore τ di 0,90 e un valore g di 0,87, che comunque variano in funzione dello spessore del vetro.

Vetro bianco
Le lastre di vetro più pure e povere di ferro, il cosiddetto "vetro bianco", si ottengono con una pulizia chimica della materia prima o con l'impiego di materia prima particolarmente pura. Un "vetro bianco" spesso 4 mm ha un valore τ di 0,92 e un valore g di 0,90.

Vetro colorato
L'aggiunta di ossidi di metallo produce una colorazione più forte, che determina un maggiore assorbimento della luce e pertanto una riduzione della trasmissione delle radiazioni. La gamma cromatica è oggi limitata a verde, blu, bronzo e grigio. I vetri verdi vengono creati con l'aggiunta di ossido di ferro e sono molto diffusi. Un vetro verde spesso 4 mm ha un valore τ pari a 0,78 e un valore g pari a 0,67. Con l'ossido di nickel si realizzano vetri grigi, con il selenio vetri colar bronzo; entrambi vengono utilizzati per ridurre la luminosità. Un vetro grigio ha un valore τ pari a 0,54 e un valore g pari a 0,67, un vetro color bronzo ha un valore τ pari a 0,55 e un valore g pari a 0,65.
Vetro fotosensibile
Uno sviluppo particolare della colorazione della massa vetrosa è rappresentato dai vetri fotosensibili. Con l'esposizione ai raggi UV e la successiva ricottura è possibile realizzare varie strutture o disegni nella massa vetrosa.
Nel 1983 la Corning Glass ha sviluppato il prodotto Louverre®, la cui struttura lamellare viene utilizzata per il controllo solare.

Vetro fotocromico
I vetri fotocromici, di colore marrone o grigio, vengono utilizzati per la produzione di lenti per occhiali. Si tratta di un sistema autoregolato,



la cui trasparenza si modifica automaticamente in funzione della radiazione UV. Il campo di trasmissione è ampio, ad esempio i vetri possono scurirsi da 0,91 a 0,25.

Principali prodotti per involucri esterni

Di seguito vengono elencati le principali tipologie di prodotti in vetro utilizzati poi per elementi costituenti involucri edilizi esterni traslucidi.

Vetro float
Il vetro float è il tipo di vetro piano più diffuso. Le misure massime del nastro sono di 321 x 600 cm, con uno spessore da 2 a 19 mm. Sono possibili lunghezze eccezionali, ma a un costo notevolmente superiore. Il vetro sottile (da soli 0,6 a 1,8 mm), il vetro per finestre (da 1,8 a 3,8 mm) ed il vetro spesso (spessori del vetro superiori a 19 mm) vengono spesso prodotti con il procedimento di tiratura. Tutte le lastre di vetro menzionate sono caratterizzate da trasparenza e assenza di distorsioni.

Vetro colato e vetro ornamentale
Anche il vetro ornamentale e il vetro colato vengono prodotti come un nastro continuo. La massa vetrosa liquida viene calibrata da rulli laminatori e può essere caratterizzata da una struttura superficiale specifica su un lato o sui due lati. Durante la produzione è possibile inserire nel nastro di vetro ancora morbido una rete metallica a maglie elettrosaldate. I vetri colati e i vetri ornamentali sono traslucidi, in quanto la luce viene diffusa dalla struttura superficiale più o meno marcata. Esistono specifiche strutture superficiali che sono state sviluppate appositamente per diffondere la luce naturale negli ambienti. Dimensioni e spessori massimi sono diversi a seconda del progetto e del produttore.

Vetro profilato

I nastri di vetro colato possono essere modellati in profili a U con superfici strutturate. Le anime servono a irrigidire il profilo di vetro. Le superfici possono essere dotate di strutture diverse o di rivestimenti di protezione solare o termica. Gli elementi di vetro profilato vengono prodotti nelle larghezze standard di 22, 25, 32, 50 cm e nella lunghezza di 6 m. Per una maggiore sicurezza in caso di rottura vengono prodotti anche con inserti di reti metalliche.



Involucro in vetro profilato, Museo Nlson Atkins, Kansas City di Steven Holl

Vetrocemento

Il vetrocemento è composto da due elementi di vetro stampato che vengono nuovamente riscaldati fino a quando fondono sulle superfici di contatto e formano un corpo cavo di vetro. Possono essere colorati e avere superfici lisce o strutturate. Le pareti di vetromattoni soddisfano i requisiti della classe di resistenza al fuoco G60 e G120. Le dimensioni standard vanno da 15 x 15 cm a 30 x 30 cm, con una profondità di 8-10 cm.[17]

Per il progetto di Renzo Piano della **sede generale di Hermès** a Tokyo, sono stati progettati elementi di dimensioni anomale, 42,8x42,8x12 cm nella linea “Vetroarredo”, dimensioni simile a quelle dei foulard prodotti da Hermès.





Involucro in vetromattoni nella Maison Hermes a tokyo di Renzo Piano. Vista dell’esterno con luce artificiale e vista interna con luce diurna naturale.

Lavorazioni e trattamenti superficiali per vetri traslucidi

I procedimenti additivi e sottrattivi - la cosiddetta finitura - offrono ulteriori possibilità di modificare le proprietà di una lastra di vetro. I procedimenti sottrattivi, come la molatura, la lucidatura e l’opacizzazione interessano la superficie della lastra di vetro. Nei procedimenti additivi, alla superficie del vetro viene aggiunto del materiale, ad esempio un rivestimento più o meno sottile o una pellicola laminata.

Procedimenti sottrattivi

Molatura e lucidatura

Fino agli anni Sessanta si producevano lastre di vetro particolarmente trasparenti e senza inclusioni con un procedimento di colatura e laminatura, seguito dalla molatura e dalla lucidatura su entrambi i lati. Questa lavorazione veniva utilizzata principalmente per la realizzazione di vetrine e specchi.

Opacizzazione

Una lastra resa ruvida in superficie disperde la luce naturale incidente

riducendo così la trasparenza. L'opacizzazione viene effettuata in modo chimico o meccanico e può riguardare l'intera superficie o solo alcune zone. La **satinatura** è un trattamento chimico con acidi. La durata dell'applicazione degli acidi determina il livello di ruvidità o di opacizzazione. Le lastre di vetro satinate vengono prodotte in modo industriale da poco tempo. Con la **sabbiatura** la lastra di vetro viene opacizzata in modo meccanico. La profondità del disegno viene determinata dalla durata del trattamento.

Procedimenti additivi

Rivestimenti sottili

Strati sottili di metalli preziosi e/o ossidi di metallo vengono applicati alle lastre di vetro trasparenti o colorate per influenzare la trasmissione delle radiazioni. I rivestimenti sottili vengono applicati *online*, ossia direttamente dopo la produzione del vetro nell'impianto float, oppure *offline*, ossia con una lavorazione successiva. I rivestimenti di tipo hard-coating vengono realizzati *online* con una reazione chimica, il cosiddetto procedimento CD (Chemical Deposition). Il materiale del rivestimento viene applicato sul nastro di vetro float caldo o in forma liquida o di vapore, oppure in forma solida, come una polvere. La reazione chimica genera uno strato duro che è resistente all'usura e agli attacchi chimici. Le lastre rivestite con hard-coating possono essere utilizzate come vetri semplici.

Le lastre di vetro vengono rivestite *offline* con un procedimento a immersione o sottovuoto. Nel procedimento a immersione le lastre di vetro vengono immerse in soluzioni Sol-Gel e infine ricotte. Con questo procedimento si rivestono entrambe le superfici. Nel procedimento sottovuoto, il cosiddetto procedimento TVD, il materiale di rivestimento viene vaporizzato in un impianto multicamera sotto vuoto spinto e condensato sulla superficie del vetro con un procedimento di polverizzazione catodica (*sputtering*). I rivestimenti sono in genere sistemi composti da singoli strati, che possono essere applicati in spessori a piacere e con un'uniformità molto elevata.

Il procedimento sottovuoto produce in genere strati più morbidi, i cosiddetti *soft-coating*. Con la scelta della struttura degli strati del rivestimento e del loro spessore è possibile modulare in modo flessibile la trasmissione della luce e della radiazione. Questi rivestimenti sono tuttavia più morbidi e sensibili all'aggressività dell'inquinamento atmosferico e alle sollecitazioni meccaniche. Per questo motivo devono essere disposti nella parte interna delle vetrocamere.

Per l'**isolamento termico** si utilizzano strati termoisolanti, i cosiddetti

rivestimenti bassoemissivi (*low-E-coating*). Essi riducono l'emissività della superficie del vetro e di conseguenza la sua dispersione di calore radiante. Per questo vengono utilizzati strati di metalli conduttori a base di oro, argento o rame. Negli ultimi anni si sono affermati i rivestimenti di argento, che offrono neutralità cromatica ottimale e la massima trasmissione della luce.
Per il **controllo solare** vengono utilizzati rivestimenti riflettenti di argento oppure oro, o strati di ossido di metallo, in prevalenza nickel-cromo, acciaio inox o altre leghe metalliche.
Tali rivestimenti metallici aumentano la riflessione, riducendo così la trasmissione e pertanto la radiazione totale . Possono essere applicati sia sul vetro trasparente che su quello colorato. Per i vetri a controllo solare sono tipici valori τ da 0,20 a 0,75 e valori g da 0,10 a 0,55. Gli strati possono essere configurati anche in modo da presentare proprietà selettive, garantendo una elevata trasmissione nel campo del visibile e allo stesso tempo una trasmissione minima nel campo dell'infrarosso.

Rivestimenti speciali
I rivestimenti ottici sono adatti per applicazioni speciali nel campo della medicina, dell'illuminazione e della tecnica industriale. I rivestimenti che riflettono la luce fredda funzionano come rivestimenti bassoemissivi "al contrario", in quando riflettono le lunghezze d'onda del visibile mentre sono permeabili ai raggi infrarossi. Vengono utilizzati nei riflettori delle lampade o dei proiettori dicroici. I rivestimenti antiriflesso riducono la riflessione delle lastre di vetro da circa 1'8% a circa 1'1 %, aumentando così la trasmissione della luce. Vengono utilizzati per le vetrine o i cartelloni pubblicitari (Amiran®, Mirogas®, Luxar®). Nei **rivestimenti dicroici** il passaggio da trasmissione a riflessione avviene nel campo della radiazione visibile. In questo modo la luce viene scomposta nei colori complementari. Questi vetri vengono utilizzati per filtri speciali nella tecnica di misurazione e di laboratorio. L'architetto e specialista del vetro James Carpenter ha utilizzato vetri dicroici per molti dei suoi progetti di edilizia artistica.
I rivestimenti a conduzione elettrica sono strati e sistemi di strati a base di ossido di indio (ITO) e argento. Formano rivestimenti che conducono l'elettricità, e che vengono utilizzati ad esempio per gli strati EC (**elettrocromici**).
I rivestimenti **antinquinamento** riducono la formazione sul vetro di sporco dovuto agli agenti atmosferici e ne facilitano la pulizia. Questo effetto è dovuto alla modifica delle proprietà di bagnatura della superficie

del vetro. Nei rivestimenti idrofobi, l'acqua forma gocce che scorrono via facilmente. Nei rivestimenti idrofili l'acqua si allarga e forma una pellicola trasparente.

Vetrazioni composte

Una struttura a più strati consente la combinazione di lastre di vetro con o senza rivestimenti e la creazione tra le lastre di intercapedini di misura diversa, che consentono l'adozione di diverse soluzioni di protezione termica e solare.

Vetri stratificati

I vetri stratificati sono composti da due o più lastre con uno strato intermedio. I vetri stratificati senza caratteristiche di sicurezza possono essere utilizzati per l'isolamento acustico o per scopi decorativi. Come strato intermedio si possono impiegare resine da colata e diversi tipi di pellicole plastiche, pellicole trasparenti, colorate e disegnate, ad assorbimento dei raggi UV a riflessione dei raggi IR, pellicole con inserti retinati a scopo di sicurezza, allarme o riscaldamento. La resina da colata viene versata tra le lastre e fatta solidificare con i raggi UV o con un trattamento chimico. Le pellicole di plastica vengono laminate tra le lastre di vetro. Sul mercato sono disponibili anche vetri stratificati con strati intermedi di rete metallica (OkaTech®), legno impiallacciato (Crisunid®) e velo di vetro (Thermolux®). Nell'intercapedine si possono anche inserire diodi luminosi che vengono attivati elettricamente attraverso un rivestimento conduttore trasparente (PowerGlass®).

Vetri stratificati con strati funzionali

Assai promettente risulta anche lo sviluppo di strati funzionali, che vengono utilizzati per dirigere la luce o in caso di necessità di controllo solare e termico.

Strati selettivi in funzione dell'angolo di incidenza

Alcune pellicole trasparenti di plastica possono diffondere i raggi luminosi solo con un determinato angolo di incidenza, apparendo così non trasparenti. In linea di principio sono composte da una microscopica struttura lamellare, che viene creata nella pellicola con la fotopolimerizzazione.

Strati con elementi olografici

Grazie all'effetto fisico della diffrazione, gli elementi olografici (HOE) consentono di deviare la luce in diversi modi, paragonabili a quelli di specchi, lenti, prismi e altri elementi ottici. Essi sono registrazioni di modelli di inferenza prodotti con un laser su una pellicola fotografica ad

alta risoluzione. La luce viene deviata solo oltre un angolo di incidenza stabilito, quindi gli ologrammi seguono l'incidenza della luce. In architettura gli elementi olografici vengono utilizzati per dirigere la luce, a scopo di controllo solare, e nei display. In questi ultimi, la diffrazione della luce produce iridescenze di straordinaria luminosità.

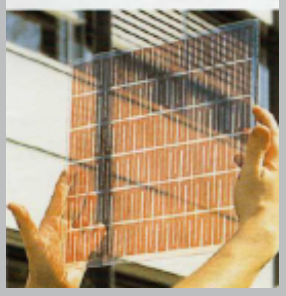
Strati con moduli fotovoltaici

I vetri stratificati con moduli fotovoltaici (FV) sono in grado di trasformare la radiazione solare in energia e fungere allo stesso tempo da protezione solare. I moduli fotovoltaici sono in genere composti da celle solari al silicio, tali celle possono essere monocristalline, policristalline e amorfe.

Le celle solari **monocristalline** sono opache, di colore blu, grigio scuro o anche nero e hanno un grado di efficienza del 14-16%. Vengono prodotte dai cristalli di silicio con un procedimento difficile e pertanto costoso. Le celle solari **policristalline** sono in genere blu e opache. Sono più economiche, in quanto vengono realizzate con blocchi di silicio colati, ma hanno un grado di efficienza leggermente più basso, dell'11-13%. Le celle solari cristalline vengono prodotte con lastre spesse 0,4 mm che misurano 10 x 10 cm o 15 x 15 cm. Infine vengono unite in moduli e allettate nell'intercapedine del vetro stratificato con resina da colata. Da qualche tempo si trovano sul mercato anche altri colori come oro, marrone, verde, magenta, viola ecc. Non essendo scure, queste celle assorbono meno radiazione solare e hanno un grado di efficienza minore. Le celle solari **amorfe** non sono cristalline. Vengono prodotte con una pellicola sottile e hanno un grado di efficienza dell'8-10%. Sono disponibili come moduli opachi o semitrasparenti. Nei moduli semitrasparenti, una parte degli strati viene asportata con una tecnica di separazione al laser, in modo da far comparire strisce trasparenti tra le superfici attive (Asi-Glas®).







Sistemi a comportamento variabile

Sono in fase di studio diversi sistemi in grado di modificare automaticamente o in maniera controllata la propria trasparenza alle radiazioni. Finora sono stati sviluppati solo prototipi e non è ancora partita una produzione industriale. Questi strati modificano la trasmissione delle radiazioni in caso di cambiamento di temperatura. Gli strati elettro-ottici con cristalli liquidi o i materiali elettrocromici la modificano con l'applicazione di una carica elettrica.

Strati termotropici e termocromici

Gli strati termotropici reagiscono all'intera gamma della radiazione solare e in caso di aumento di temperatura passano da uno stato di

trasparenza e permeabilità alla luce a uno opaco e di diffusione. Il materiale di base è composto da una miscela di due componenti con indice di rifrazione diverso, ad esempio acqua e una plastica (idrogel) o due plastiche diverse (miscela polimerica). A basse temperature la miscela è omogenea e trasparente. In caso di riscaldamento i polimeri modificano la loro configurazione e determinano la diffusione della luce. Il cambiamento è reversibile. In caso di riscaldamento, gli strati termocromici modificano la trasmissione della radiazione, principalmente nel campo dell'infrarosso vicino, e possono quindi essere utilizzati come strati low-E per ridurre le perdite termiche. I risultati di questi sviluppi non sono ancora prevedibili.

Cristalli liquidi

I sistemi a cristalli liquidi funzionano facendo orientare elettricamente i cristalli liquidi aghiformi. Così il sistema diventa trasparente e resta tale fino a quando si mantiene il campo di tensione. La trasparenza varia da 0,70, allo stato opaco, a 0,73, allo stato trasparente. Le pellicole sono spesse circa 0,3 mm e grandi al massimo 1 x 2,80 m. Al momento le pellicole a cristalli liquidi possono essere utilizzate senza problemi a temperature da -40 °C a +40 °C. I sistemi con cristalli liquidi vengono solitamente impiegati nelle zone interne per proteggere temporaneamente dagli sguardi estranei. Una particolarità sono i display a cristalli liquidi. La superficie vetrata è divisa in pixel, che possono essere attivati in diverse combinazioni: come scritte, numeri o immagini. I display a cristalli liquidi vengono utilizzati per gli schermi informativi e possono essere strutturati anche come videotape.

Strati elettrocromici

Questi sistemi sfruttano le proprietà di assorbire o rilasciare ioni tipiche di alcuni materiali in grado di modificare la loro trasmissione nell'intero campo delle radiazioni. In linea di principio funzionano come un accumulatore: un accumulatore di ioni, un conduttore di ioni e del materiale elettrocromico vengono posati tra i due substrati - vetro o plastica - con elettrodi trasparenti. All'intervenire di una carica elettrica, avviene la reazione chimica e gli ioni si spostano. Gli strati conservano la carica per un certo periodo di tempo, quindi l'apporto di elettricità è necessario solo durante lo scambio di ioni. Il materiale più utilizzato è l'ossido di wolframio (WO_3), in quanto nel campo del visibile è quello che consente la più grande variazione di intensità tra trasparente e blu scuro. Si possono tuttavia creare anche altri colori o mutazioni cromatiche. I sistemi elettrocromici possono essere regolati senza soluzione di continuità tra lo strato trasparente e quello assorbente. Risultano così adatti come protezione dal sole e dall'abbagliamento

sia per le vetrate di edifici che per quelle di aerei, veicoli su gomma e su ferro. Nelle vetrocamere isolanti con lastre EC (E-Control®) la trasmissione luminosa può essere modificata da 0,50 allo stato di trasparenza a 0,15 allo stato di oscuramento. In questo modo è possibile regolare il valore g tra 0,40 e 0,14.

Sistemi gas-cromatografici

Da quando sono nati i sistemi elettrocromici sono stati sviluppati i sistemi gas-cromatografici, nei quali la variazione del colore avviene per una reazione catalitica del rivestimento con la miscela di vetro. Il sistema è strutturato come una vetrocamera la cui intercapedine viene riempita da una miscela gassosa. Le lastre sono dotate di un rivestimento di ossido di wolframio (WO_3) e rivestite di platino. Lo spessore dello strato e la concentrazione gassosa consentono di regolare i gradi di trasmissione pressoché a piacere. I primi prototipi sono stati realizzati già nel 1998.

Vetrocamere

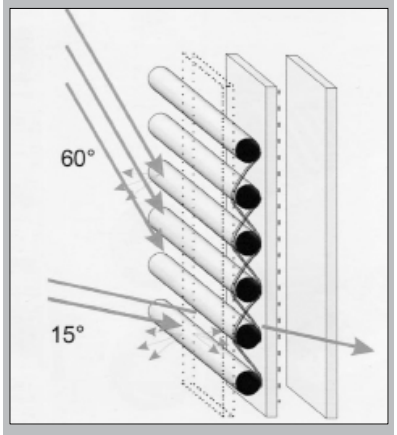
Le vetrocamere sono composte da due o più lastre di vetro unite da uno o più distanziatori al perimetro, a tenuta di gas, in modo resistente al taglio. Si crea così un'intercapedine che può fungere da cuscinetto termico con un riempimento di aria asciutta, o ancor meglio con l'inserimento di gas nobili, come l'argon e/o il krypton, capaci di abbassare notevolmente i valori di convezione e conduzione dell'intercapedine. Per le vetrocamere possono essere utilizzati tutti i tipi di vetro descritti in precedenza. In particolare alla presente ricerca interessa indagare le tipologie di vetrocamera capaci di creare effetti di traslucenza e luminosità diffusa, insieme a fattori prestazionali di isolamento termico, controllo solare e deviazione della luce.

Riempimenti con proprietà termoisolanti

Gli isolamenti termici trasparenti consentono di ridurre le perdite termiche e allo stesso tempo guadagnare calore dalla radiazione solare incidente. Per questo scopo si utilizzano materiali trasparenti e traslucidi come vetro, vetro acrilico (PMMA), policarbonato (PC) e schiuma di quarzo di diversi spessori e strutture. L'inserimento tra due lastre li protegge dai danni provocati dagli agenti atmosferici e dai danni meccanici. Vengono suddivisi secondo quattro disposizioni geometriche della struttura come nel seguito descritto.

1. Le strutture parallele al piano vetrato esterno come le vetrocamere doppie o triple o i sistemi di pellicole riducono le dispersioni termiche, ma generano maggiori dispersioni da riflessione.

2. Le strutture perpendicolari al piano vetrato esterno sono elementi alveolari o capillari che suddividono lo spazio intermedio in tante piccole celle d'aria. Questa disposizione porta a minori dispersioni da riflessione, poiché la radiazione incidente viene condotta verso l'interno con la riflessione multipla su pareti parallele.
3. Le strutture alveolari hanno l'aspetto di lastre con numerosi divisori in policarbonato trasparente. Le strutture capillari sono composte da numerosi tubicini di plastica o vetro. Una lastra capillare di tubicini di policarbonato spessa 100 mm raggiunge una trasmittanza termica di 0,89 W/m^{2}K e un valore τ_{diff} pari a 0,69 (Oka-LuX®). Le strutture capillari composte da tubicini di vetro lunghi 100 mm e diametro compreso tra 1 e 8 mm raggiungono valori U intorno a 1 W/m^{2}K.
4. Le strutture cellulari risultano dalla combinazione di strutture parallele e verticali, come ad esempio l'espanso acrilico. Le strutture quasi omogenee, come gli aerogel, sono strutture cellulari microscopiche. La produzione delle lastre di aerogel è molto complessa e pertanto costosa. Assai più economiche risultano le sfere di aerogel, che vengono inserite senza vincoli nell'intercapedine delle lastre. Con un riempimento di granulato spesso 16 mm (Basogel®) si raggiunge una trasmittanza termica inferiore a 0,8 W/m^{2}K, un valore τ_{diff} di 0,41 e un valore g_{diff} di 0,52.



funzionamento composizione dei vetri Okatech®

Riempimenti con proprietà di controllo solare

Nell'intercapedine è possibile inserire anche elementi di protezione solare, come pellicole, tessuti e lamelle, che in quella posizione restano protetti dall'inquinamento e dagli influssi atmosferici, riducendo così i costi di pulizia e manutenzione. Sul mercato si trovano sistemi con griglie di legno (OkaWood®) e alveoli metallici (OkaTech®). Nello spazio intermedio tra le lastre si possono inserire anche sistemi regolabili o mobili, come tapparelle o lamelle, insieme ai motori elettrici. Le tapparelle sono provviste di pellicola riflettente (Agero®) o di tessuti di poli estere colorato (Trisolux®). Le lamelle vengono spostate magneticamente o elettricamente (Luxaclair®, Velthec®).

Riempimenti con proprietà di deviazione della luce

I sistemi per deviare la luce sfruttano le leggi e i fenomeni ottici, come la riflessione, la trasmissione o la rifrazione, per schermare la luce naturale diretta e lasciar penetrare negli spazi interni solo la luce naturale diffusa.

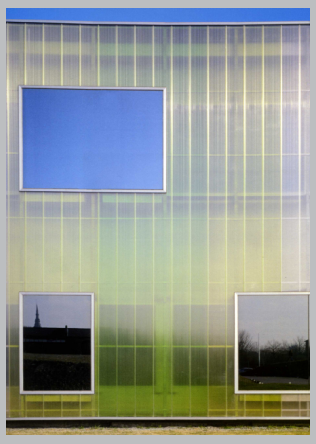
Una griglia di protezione solare è composta da lamelle plastiche rivestite a elevata riflessione, che formano una struttura di piccoli

pozzetti luminosi allineati uno di fianco all'altro. La forma delle lamelle e l'orientamento delle aperture consentono alla luce naturale diffusa di penetrare senza ostacoli nello spazio interno, mentre la radiazione solare diretta viene riflessa. A seconda della struttura del vetro, si possono raggiungere valori g intorno a 0,20.
I sistemi di controllo della luce naturale composti da lastre a prismi di vetro acrilico (PMMA) si basano sulla riflessione totale dei raggi di luce diretti sulle superfici perimetrali dei lati dei prismi. Poiché quest'area è estremamente ridotta, la lastra a prismi deve costantemente seguire il movimento del sole. La sua efficacia può essere incrementata rivestendo un lato del prisma con alluminio puro. La luce viene condotta in profondità nell'ambiente con ulteriori prismi di deviazione.
Nel sistema di deviazione della luce Lumitop® si utilizza un profilo acrilico leggermente curvo, inserito nello spazio intermedio. La forma arrotondata consente la riflessione di un'elevata percentuale dei raggi di luce incidenti, sia orizzontali che verticali.
I profili a specchio Oka-Solar® sono incassati e garantiscono controllo solare o la deviazione della luce in funzione dell'altezza del sole. Il sistema è composto da lamelle a specchio di forma speciale, il cui profilo è disposto secondo i diversi angoli di incidenza della radiazione solare. In estate, la radiazione luminosa verticale incidente viene riflessa verso l'esterno, mentre la più bassa radiazione invernale viene fatta passare e condotta fino all'interno degli ambienti. Le lamelle vengono inserite in una disposizione angolare ottimale per il loro utilizzo. La trasmittanza solare g varia a seconda dell'altezza del sole da 0,22 a 0,51, il valore τ da 0,03 a 0,51 (Oka-Solar® tipo 55/15).[18]

5.3 Materiali plastici

I prodotti plastici trasparenti occupano un posto fisso in architettura. Essi presentano infatti dei vantaggi rispetto al vetro minerale se si ricerca un peso minimo, un'elevata sollecitabilità e costi limitati. Se fino a qualche anno fa regnava ancora il pregiudizio parzialmente giustificato che molte plastiche ingiallissero e fossero da classificare come un prodotto di poco valore e dalla breve durata, i nuovi materiali stabilizzati ai raggi UV costituiscono l'espressione dell'architettura contemporanea e non vengono presi in considerazione solo per gli edifici temporanei realizzati in occasione delle esposizioni, ma anche per soluzioni permanenti. Le facciate dei magazzini diventano opere d'arte stampate su grandi superfici, le lastre ondulate decorano musei e consentono la realizzazione di effetti luminosi diurni e notturni.

Nel 1992 Rem Koolhaas ha rivestito la copertura della **Kunsthaal di Rotterdam** con lastre ondulate di fibra di vetro. L'esempio più recente di interpretazione architettonica della plastica, con colore e luce su grande scala, è l'involucro del **Laban Dance Center di Londra**, degli Architetti Herzog & de Meuron.



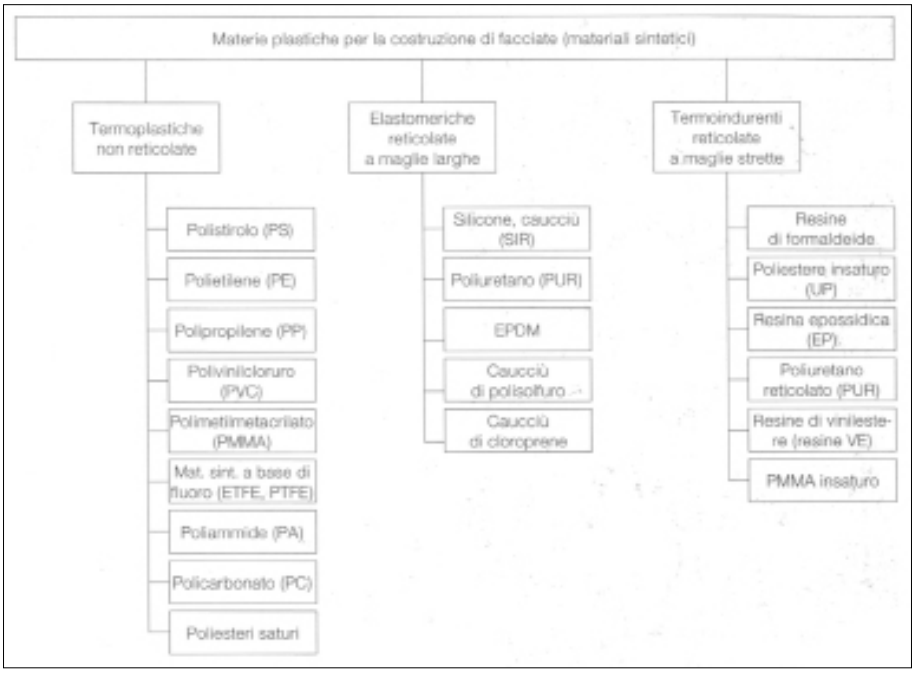
Involucro in policarbonato nel Laban Centre di Herzog & de Meuron, Londra



"In misura considerevole, il cambiamento d'immagine delle plastiche è dovuto al miglioramento costante della qualità dei materiali e all'ampliarsi della gamma, che consente un numero di applicazioni sempre maggiore. Grazie ai molteplici trattamenti possibili, durante la lavorazione di elementi come le lastre massicce o alveolari è possibile minimizzare le proprietà intrinseche non volute di questo materiale - ovviamente solo entro determinati limiti - oppure potenziare le proprietà positive. Così le caratteristiche dei diversi prodotti disponibili sul mercato iniziano a sovrapporsi. I materiali fragili diventano resistenti agli urti, quelli mediamente combustibili possono diventare difficilmente combustibili".[19] Pannelli traslucidi o membrane tese su ampie luci, cuscini pneumatici in pellicola plastica o in forme curve organiche: oggi in architettura le plastiche stanno vivendo una rapida diffusione, resa possibile dai recenti sviluppi della tecnica e promossa da una nuova consapevolezza del materiale, tesa soprattutto a migliorarne le prestazioni. "Per lungo tempo le plastiche sono state impiegate al posto dei materiali tradizionali come il vetro, rappresentandone l'alternativa più economica. Oggi la loro diffusione in architettura è motivata anche dalle proprietà intrinseche, dalla particolarità di texture dei pannelli nervati o dalle lastre fibrorinforzate ed ondulate, dalla traslucenza e dalla resistenza, oltre che dalle atmosfere luminose o gli effetti cromatici mutevoli di cui sono capaci".[20]

Caratteristiche del materiale

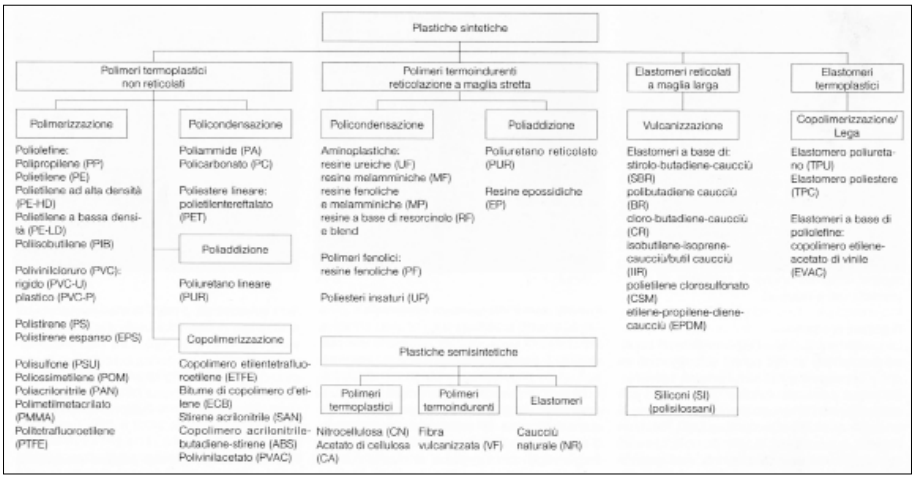
Il termine “plastica” comprende quei materiali organici dotati di strutture macromolecolari a catena che derivano dalla trasformazione di prodotti naturali (plastiche semisintetiche) o dalla sintesi di materiali primari come petrolio, gas naturale o carbone. Le plastiche sono composte da elementi chimici organici: carbonio (C) e idrogeno (H); possono essere presenti anche ossigeno (O), azoto (N) e zolfo (S). Il termine “organico” implica altresì la presenza di proprietà simili a materiali dalla crescita organica come legno, corno e resina.
Già nel 1838 Victor Regnault riesce a produrre il polivinilcloruro (PVC) in laboratorio, esponendo il vinilcloruro al sole. Il termine tedesco “*Kunststoff*”, letteralmente “materiale artificiale”, “plastica”, risale alla pubblicazione della rivista con lo stesso nome nel 1911.
I legami intermolecolari sono fondamentali per determinare le proprietà fisiche delle plastiche. Nella maggior parte dei polimeri, pur potendo evidenziare proprietà estremamente specifiche, sono presenti le seguenti caratteristiche: bassa densità, bassa conducibilità, elevato coefficiente di dilatazione termica, elevata resistenza a trazione, basso modulo E, un range limitato di temperature che consentono l’uso continuativo, una buona capacità di isolamento elettrico, resistenza all’acqua e a molti agenti chimici, infiammabilità, in assenza di additivi invecchiamento causato dai raggi UV, fragilità alle basse temperature.
Fondamentale per il processo di produzione delle plastiche è il legame che si instaura in presenza delle condizioni adatte tra i singoli elementi



molecolari (monomeri) attraverso una reazione chimica (sintesi) con la formazione di macromolecole (polimeri). Quando le macromolecole sono aggrovigliate come feltro, il loro stato viene definito amorfo. Le plastiche amorfe sono simili al vetro, trasparenti, e in genere fragili. Quando le molecole della catena sono parallele per un certo raggio, queste strutture sono chiamate cristalliti. La porzione residua dei filamenti molecolari è composta di anelli pieghevoli. Queste strutture rendono le plastiche opache. Le plastiche parzialmente cristalline come il poliammide, il PET e il PTFE sono più resistenti al calore di quelle amorfe. Sono originariamente traslucide. Se pigmentate con nerofumo o sostanze colorate a scopo di protezione dai raggi UV diventano opache.

Classificazione per procedimenti di sintesi:
polimerizzazione *(nota dal 1930)*
I doppi legami dei monomeri si spezzano per effetto di pressione, temperatura, luce, iniziatori e catalizzatori; i singoli elementi si uniscono così in catene di molecole lineari composte da un solo monomero (omopolimeri - polietilene, polistirolo, polivinilcloruro) o da monomeri diversi (copolimeri - stirolo-acrilonitrile, stirolo-butadiene-stirolo);
policondensazione *(nota dal 1910)*
Avviene per reazione di monomeri con gruppi funzioanli per formazione di macromolecole (poliammide, policarbonato, poliestere);
poliaddizione *(realizzata per la prima volta solo nel 1937)*
Pur avendo lo stesso processo dei policondensati si differenzia per il fatto di non eliminare sottoprodotti a basso peso molecolare (poliuretani e resine epossidiche).
Le plastiche sono caratterizzate e definite dal punto di vista tecnico secondo la norma DIN 7724.
Classificazione per struttura molecolare:
polimeri termoplastici
I polimeri termoplastici sono plastiche con catene macromolecolari non intrecciate, lineari o ramificate. Si possono fondere, saldare e sagomare in tre dimensioni con il calore. Il gruppo dei polimeri termoplastici comprende le plastiche dalle strutture più semplici come le poliolefine PE e PP ma anche PVC, PS e PMMA;
elastomeri
Gli elastomeri invece sono reticolati a maglia larga, elastici come gomma e non possono essere sagomati.
polimeri termoindurenti
La struttura tridimensionale dei polimeri termoindurenti è rigida.

Con il calore modificano la propria struttura in modo impercettibile e conservano uno stato rigido fino alla disgregazione termica. I polimeri termoindurenti, come gli elastomeri, non si possono fondere, e quindi neppure saldare. Essendo sistemi di poliesteri insaturi, vengono rinforzati prevalentemente con fibre di vetro, carbonio o fibre naturali (vetroresina).



Principali prodotti per involucri esterni

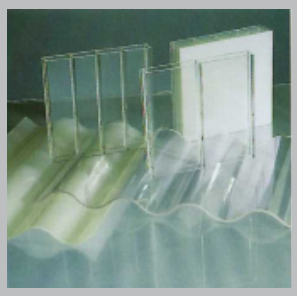
La maggior parte delle plastiche sintetiche deriva dal petrolio e assorbe una quota pari a circa 1’8%. Dal petrolio si ricavano l’etilene e il benzolo, da cui si ottengono con reazioni successive lo stirolo, e dal cloro e dall’etilene il cloruro di vinile. Questi monomeri sono le sostanze di base per la produzione di altre plastiche, come ad esempio il PVC.

PMMA – Polimetilmetacrilato

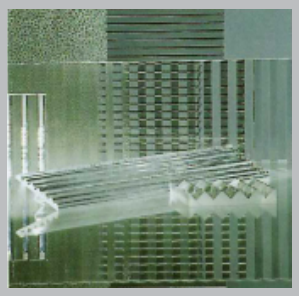
Il PMMA o vetro acrilico ha le migliori proprietà ottiche di tutti i polimeri, e pesa la metà del vetro. La trasmissione della luce attraverso una lastra spessa 3 mm è del 92% (secondo la norma DIN 5036, parte 3). Per la trasparenza costante per l’intero spettro luminoso, è ideale per le serre e per applicazioni illuminotecniche. In funzione del colore, la trasmissione luminosa può variare dallo 0% del nero al 24% del giallo fino al 92%. Il PMMA resiste durevolmente agli agenti atmosferici e ai raggi UV. Gli elementi colorati mantengono il colore anche all’esterno. Le **lastre colate** possono essere sagomate più facilmente rispetto al materiale estruso. Di regola il PMMA è normalmente infiammabile (DIN 4102 - classe B2). Per alcune applicazioni, come la **copertura della piscina olimpica di Monaco** sono state utilizzate lastre colate con una migliore reazione al fuoco (DIN 4102 - classe B1). Per realizzare questo prodotto, le lastre di vetro acrilico spesse 11,5 cm



Tensostruttura di copertura dello Stadio olimpico di Frei Otto a Monaco di Baviera, 1972





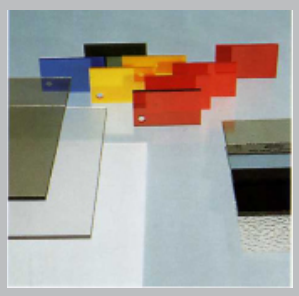


vengono scaldate in maniera omogenea a 150°C, allargate del 70% in lunghezza e larghezza con un procedimento di stiratura e ridotte a uno spessore di 4 mm. Con questa metodologia di produzione le lastre ritornano alle dimensioni originali in caso di riscaldamento, ritraendosi così dal focolaio dell'incendio (*memory effect*), e riducendo il carico di combustibile. Le **lastre alveolari e ondulate** di PMMA sono altamente trasparenti, possono essere coestruse con strati protettivi verso i raggi UV e IR oppure possono essere rivestite per impedire la formazione di gocce di condensa. Sono normalmente infiammabili. Le **lastre piene** di PMMA sono flessibili a freddo nel rispetto di determinati raggi minimi, ad esempio per le volte a botte. La temperatura di deformazione è superiore a quella di copolimeri come il PET. La massima temperatura di utilizzo è di +70 °C per il materiale estruso è +80 °C per il materiale colato; è inferiore a quella del PC, ma rimane ampiamente sufficiente per la maggior parte degli impieghi architettonici. IL PMMA è duro, facile da lavorare (simile al durame) allo stato asciutto (l'aumento di peso dopo l'accumulo di acqua è al massimo del 2%), ma in caso di trattamento non corretto risulta a rischio di cricche da sollecitazione. Trapani e teste di fresatrici dovrebbero essere soggette a molatura speciale, le lame delle seghe circolari dovrebbero essere rivestite di metallo duro; proprio al contrario del PET-G, che può essere semplicemente inchiodato. La sua superficie antigraffio e altamente brillante può essere rinnovata lucidandola con paste speciali. La variazione di lunghezza dovuta al calore è di circa 8,5 volte superiore al vetro, motivo per cui si dovrebbe preferire il montaggio con grappe rispetto alla foratura e all'avvitatura.
Nel controllo dell'illuminazione naturale il PMMA compare sotto forma di prismi luminosi verticali o lamelle orizzontali. In questo caso è fondamentale adattare il controllo alla posizione relativa del sole (sempre 90 °C rispetto alla direzione della luce incidente) per impedire la formazione di arcobaleni dovuta alla rifrazione della luce. I prismi vengono prodotti con la tecnica di stampaggio per iniezione, dato che in questo modo si ottiene una superficie più precisa che con l'estrusione. Secondo un altro principio, la luce naturale viene condotta e diffusa all'interno della lastra di PMMA mediante fessure aeree orizzontali e lineari. Sotto forma di tubicini capillari trasparenti o bianchi, il PMMA viene utilizzato anche per l'isolamento termico traslucido. Il materiale è ottimamente riciclabile.

PC - Policarbonato

Grazie all'elevata stabilità termica e all'indistruttibilità per cause meccaniche, il PC viene utilizzato tra l'altro per i rivestimenti protettivi







e le volte a botte piegate a freddo. Nel breve periodo, le temperature massime d'uso sono di 150 °C senza carichi, per lunghi periodi da 80 a 120 °C. Il PC ha una resistenza agli urti 250 volte superiore al vetro float dello stesso spessore. A partire dallo spessore di 1 mm, il PC è resistente alla grandine. Esistono tipologie speciali con rivestimento antigraffio, dove le caratteristiche meccaniche intrinseche al materiale sono ancora superiori, e con rinforzo di fibra di vetro, per una maggiore rigidità come materiale per costruzioni. Il materiale di base è fondamentalmente stabilizzato rispetto ai raggi UV e pertanto non è ammesso per il contatto con i prodotti alimentari, a eccezione di determinate tipologie.

Il PC resiste nel tempo agli agenti atmosferici, ma ingiallisce senza ulteriori interventi. Negli impieghi all'esterno viene coestruso con uno strato di protezione dai raggi UV su uno o entrambi i lati. Il PC, a seconda del materiale di formatura, è disponibile senza protezione antifiamma nelle classi di reazione al fuoco 61 e 62 (DIN 4102) ed è autoestinguente dopo l'allontanamento della fonte di innesco. La trasmissione luminosa delle lastre spesse 3 mm e trasparenti è al massimo pari a circa l'88%, nelle lastre di colore bianco và dal 35 al 50%. Il PC è trasparente, dotato di elevata brillantezza superficiale e può evidenziare numerose tonalità cromatiche, trasparenti, traslucide e piene. Tra i semi lavorati sono disponibili lastre alveolari, lastre ondulate, lastre alveolari ondulate, pannelli e tegole trasparenti. In caso di lucernari a più gusci, il PC può fungere da guscio superiore resistente agli urti in combinazione con un guscio interno di PMMA. Può essere utilizzato per gli scudi antisfondamento e antiproiettile della polizia, le coperture degli stadi o le vetrine. Come isolamento termico traslucido, i tubicini capillari e le lastre alveolari speciali in PC vengono preferite dove le temperature ambientali sono troppo elevate per il PMMA, ad esempio al di sotto di un rivestimento traslucido non ventilato. Le lastre alveolari di PC si trovano in lunghezze fino a oltre 18 metri e vengono tenute in posizione con i comuni listini ferma-vetro, nella classica struttura a montanti e traverse, o per le facciate esterne a filo senza fissaggi visibili, sono disponibili sul mercato sistemi a maschio e femmina. Il coefficiente di dilatazione termica, pari a 0,065 mm/m K, è otto volte superiore a quello del vetro. Con un gradiente termico annuo di 50 K tra inverno ed estate, per una lastra da 1 m x 2 m significa una dilatazione in lunghezza di 3 mm sul lato corto e di 5 mm sul lato lungo. I fissaggi devono essere in grado di assorbire questi movimenti. Per la lavorazione possono essere utilizzati tutti gli utensili comuni per la lavorazione del legno o del metallo. I coltelli sono lo

strumento migliore per tagliare le lastre sottili.

GFRP - Fibra di vetro

La fibra di vetro viene impiegata come materiale di facciata dove esiste un maggiore rischio di rottura e dove non è necessaria una trasparenza assoluta. I semilavorati non vengono estrusi, bensì laminati: vari strati di stuoie di fibra di vetro vengono immersi nella resina, pressati e induriti con l'azione del calore. L'entità della percentuale di vetro determina la resistenza a trazione. L'ingiallimento naturale dovuto all'azione dei raggi UV viene contrastato con pigmenti colorati o componenti acrilici incolori. Per prevenire l'esposizione delle fibre per azione degli agenti atmosferici, la superficie deve esser finita con un ulteriore velo, una resina di rinforzo o una vernice. Le lastre cellulari piane, ondulate e a più strati (in parte riempite di isolante) resistono agli urti delle pallonate secondo la DIN 18032 parte 3 e possono essere lavorate con gli utensili standard per il metallo. Esistono esecuzioni trasparenti naturali o traslucide bianche con o senza inserto di filato di vetro. Il GRP corrisponde alla classe di reazione al fuoco B2 (DIN 4102) o in forme speciali alla classe superiore svizzera V.2.
Il GRP si presenta in forma di griglie anticorrosione altamente sollecitabili o come lastre decorate con erbe. Le resine poliestere sono polimeri termoindurenti, il che esclude il riutilizzo delle materie prime e la sagomatura sotto l'effetto del calore. La combustione, con il conseguente recupero di calore, costituisce spesso la forma più ecologica di smaltimento.

PVC - Polivinilcloruro

Le lastre di PVC vengono impiegate come materiale poco costoso sotto forma di lastre ondulate o grecate dove non è necessario un isolamento termico, ad esempio, per i *carport* o le tettoie delle tribune negli stadi. La geometria delle onde è determinata dalle comuni coperture in commercio di altri materiali, come le lastre in fibrocemento, e consente la realizzazione di unioni per sovrapposizione.
Il coefficiente di dilatazione termica del PVC è 11 volte superiore a quello del vetro, pertanto si deve lasciare un gioco sufficiente per i fissaggi. Il campo delle temperature d'uso è limitato, da 0 °C a 60 °C, ed è necessario escludere il surriscaldamento con una ventilazione sufficiente. Oggi è possibile stabilizzare il materiale rispetto ai raggi UV senza aggiunte di piombo, bario o cadmio. La protezione dai raggi UV può essere trasparente, azzurra o color bronzo. In caso di spessori di materiale pari a circa 1 mm si ha una permeabilità alla luce pari all'85%.

Prodotti speciali possono essere dotati di una maggiore resistenza agli urti e di una maggiore adesività dei colori a stampa. Con verniciature e pellicole di rivestimento possono essere realizzati cartelloni pubblicitari luminosi. Le lastre di PVC sono adatte per gli esterni solo con alcune limitazioni, relative alla conservazione del colore, dal momento che nel corso del tempo possono intervenire variazioni cromatiche. Il PVC è riciclabile e difficilmente infiammabile (DIN 4102-B1). In caso di spegnimento di un incendio si può generare acido cloridrico, anche se la corrosione compare con estrema rarità.

HPL - High Pressure Laminate

Queste lastre di HPL (High Pressure Laminate) spesse 1,6 mm e traslucide sono composte da carte decorate colorate e impregnate di resina melamminica. Sono utilizzate come superfici retroilluminate e possono essere inserite all'interno di cornici verticali o orizzontali, piane o leggermente curvate, per realizzare armadi. Grazie all'elevata percentuale di melammina le lastre sono fragili e richiedono maggiore attenzione nella lavorazione.

La versione opaca, spessa 1,2 mm, è stata concepita come lastra composita. Viene pressata con carta kraft impregnata di resina fenolica, lucidata sul dorso e può essere applicata su un materiale di supporto senza tensioni come ad esempio una lastra di compensato. Le lastre non sono traslucide, ma hanno un effetto di profondità tridimensionale. Prima della loro lavorazione le lastre di laminato plastico e i materiali di supporto devono essere precondizionati simultaneamente a temperatura e umidità controllata. Le lastre sono adatte solo per impieghi in interni, le superfici sono meno resistenti ai graffi. Il materiale spesso 1,6 mm si espande in lunghezza fino a 3 mm/m e in direzione laterale fino a 6 mm/m. Per evitare le cricche da tensione, si dovrebbero utilizzare rondelle di feltro o gomma e prevedere fori di diametro sufficientemente grande. I detergenti abrasivi possono danneggiare la superficie. Il materiale non dovrebbe essere utilizzato nelle immediate vicinanze di fonti di calore. Durante la lavorazione e la posa delle lastre deve essere tenuta in considerazione la direzione delle fibre.

Si considerano di seguito anche i principali materiali utilizzati per la realizzazione di edifici con involucro a **membrana** con struttura pneumatica.

Tessuti di fluoropolimeri non rivestiti

I tessuti realizzati con fluoropolimeri non rivestiti, vengono solitamente

prodotti come tessuti monofilamento. Al momento, il rappresentante principale è il tessuto di PTFE. La sua quota di mercato nell'ambito dell'edilizia tessile è limitata in considerazione dell'elevato prezzo del materiale e nonostante le eccellenti proprietà di resistenza meccanica e di controllo delle deformazioni viscose (resistenza circa 4500 N/5 cm con una massa superficiale di 710 g/m^2). In quanto materiale non combustibile, il tessuto di PTFE può ottenere la certificazione DIN 4102-A2. La permeabilità alla luce può arrivare fino al 37%, in funzione del tipo di materiale e dello spessore. La resistenza all'imbrattamento, alla deformazione e all'attrito sono eccellenti, cosicché i tessuti di PTFE vengono spesso utilizzati per i dispositivi di protezione solare. Le pellicole prodotte con fluoropolimeri vengono impiegate da oltre 25 anni senza significative alterazioni delle proprietà meccaniche e ottiche, si può pertanto presumere una durata corrispondente anche per i tessuti di fluoropolimeri. Si deve tuttavia notare che, a causa degli spazi liberi nell'armatura, i tessuti non rivestiti possono essere soggetti a sporco, umidità e attacchi da parte di diversi agenti biologici e chimici. È consigliabile in questi casi l'applicazione di un rivestimento sull'intera superficie del fluoropolimero, ad esempio THV (terpolimero composto da unità di TFE, HFP e VDF).



Tessuti di fluoropolimeri rivestiti

Al momento, i fluoropolimeri prevalentemente utilizzati nelle strutture realizzate con membrane sono:

- PTFE (politetrafluoroetilene);
- ETFE (etilentetrafluoroetilene);
- TF NPFA (tetrafluoroetinele-perfluoro-alchil-vinil-etere o altri co-componenti perfluorurati);
- terpolimero TFE, HFP e VDF, in breve THV;
- FEP (tetrafluoroetilene-esafluoropropilene);
- PVDF (polivinildenfluoruro).

I singoli composti di fluoropolimeri sono generalmente noti con i nomi commerciali dei prodotti, come ad esempio *Teflon, Hostaflon, Polyflon, Toyoflon o Tedlar* (marchi registrati). Grazie ai forti legami, i fuoropolimeri sono estremamente resistenti agli attacchi chimici e biologici e resistono anche nel lungo periodo agli agenti atmosferici e ai raggi UV. Non hanno quindi bisogno di rivestimento per la conservazione del tessuto, rivestimento che può essere eventualmente necessario per l'impermeabilizzazione. Il materiale consente esclusivamente il passaggio della luce diffusa (e quindi non abbagliante) nello spettro della luce naturale, e produce una sensazione gradevole all'interno.

La permeabilità alla luce dei tessuti di fluoropolimeri può raggiungere il 90%.

Tessuti di poliestere rivestiti di PVC

I tessuti di poliestere rivestiti di PVC, comunemente conosciuti come tessuti di PVC/PES, sono tra i materiali più comunemente utilizzati nelle strutture a membrana grazie alle proprietà del materiale e al prezzo favorevole. La loro potenziale elevata resistenza meccanica (tipo V fino a 9800 N/5 cm) e la resistenza alla lacerazione (fino a 1800 N), oltre all'elevata deformabilità (allungamento a rottura fino a circa il 30%) li rendono adatti a strutture portanti piane ad ampie luci. La traslucidità va dallo 0,8% al 4%, in caso di tessuti reticolari permeabili risulta perfino superiore, anche se a spese della resistenza. I tessuti di poliestere rivestiti di PVC sono materiali difficilmente infiammabili che di regola rientrano nella classe di reazione al fuoco DIN 4102-B1 e - come tutte le membrane - hanno un carico d'incendio estremamente limitato grazie al ridotto peso superficiale (fino a circa 1450 g/m^2) e al ridotto spessore di materiale (fino a circa 1,2 mm). In caso di incendio il tessuto fonde e crea in questo modo la possibilità di evacuare fumo e calore. I rivestimenti superficiali proteggono per molto tempo il rivestimento di PVC dallo sporco e da un invecchiamento precoce, tanto che la durata risulta solitamente superiore ai 20 anni. Questi tessuti possono essere utilizzati in tutti i campi dell'edilizia tessile. Grazie all'ottima resistenza alla deformazione, vengono spesso utilizzati per strutture adattabili o mobili.



Tessuti di fibra di vetro rivestiti di PTFE

I tessuti di fibra di vetro rivestiti di PTFE sono materiali di qualità elevata, con una durata di almeno 25-30 anni e sono ora considerati un prodotto standard nell'edilizia tessile. Il tessuto è composto da filamenti di vetro di diverso diametro (circa 4 µm, 6 µm, 9 µm ecc.). Grazie all'impregnazione del tessuto di vetro, nelle intercapedini del tessuto non può penetrare umidità, né possono depositarsi particelle di sporco, e la penetrazione di microbi o spore fungine è pressoché esclusa. Possono penetrare il rivestimento microporoso in PTFE solo liquidi con bassa tensione superficiale, gas e vapori. La resistenza del tipo standard pesante, da 7500 N/5 cm, è minore di quella della tipologia standard più resistente del tessuto di poliestere rivestito di PVC. La dilatazione del materiale (allungamento a rottura dal 3% al 10%) e la resistenza alla lacerazione (fino a circa 500 N) sono basse a causa del tessuto di vetro relativamente fragile. I tessuti di fibra di vetro



rivestiti interamente di PTFE possono raggiungere una traslucidità di circa il 13%, e come tessuto reticolato permeabile o impermeabile raggiungono circa il 65%, ma a spese della resistenza. Sono classificati come materiali non combustibili secondo la norma DIN 4102-A2. A causa della relativamente bassa resistenza alla deformazione non sono adatti per strutture adattabili (pieghevoli) o mobili.

Tessuti di fibra di vetro rivestiti di silicone

In passato i tessuti di fibra di vetro rivestiti di silicone erano poco utilizzati in edilizia poiché il silicone ha una carica statica e attrae lo sporco, con risultati non soddisfacenti. Dal momento che il materiale di base per la trasmissione dei carichi è il tessuto di fibra di vetro, questi tipi di tessuti con rivestimento di silicone hanno un comportamento meccanico simile a quelli con rivestimento in PTFE, tanto che l'unica differenza essenziale è quella delle proprietà del rivestimento. Ad esempio il rivestimento di silicone, che non consente la diffusione del vapore, protegge il tessuto di fibra di vetro meglio rispetto al PTFE, che è microporoso. Inoltre la combinazione tra rivestimento di silicone e tessuto di fibra di vetro ha una traslucidità nettamente superiore (oltre il 20%). I tessuti di fibra di vetro rivestiti di silicone possono soddisfare la classe di reazione al fuoco DIN 4102-A2.

I singoli elementi della membrana possono essere giuntati in modo duraturo e altamente resistente solo per mezzo di adesivo, essendo impossibile la saldatura termica del silicone. Il comportamento rispetto all'accumulo di sporco e le tecniche di unione sono state però migliorate negli ultimi anni, tanto che le membrane di fibra di vetro rivestite di sii icone - meno costose rispetto a quelle rivestite di PTFE - possono diventare un prodotto standard in edilizia.

Pellicole di ETFE

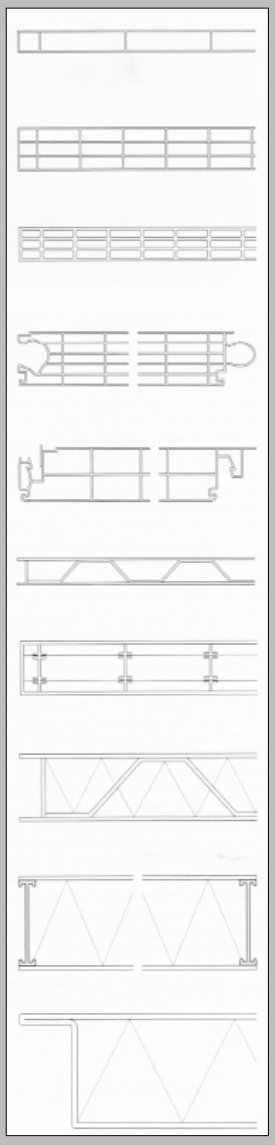
In generale le proprietà indicate per i tessuti realizzati con fluoropolimeri valgono anche per le pellicole di fluoropolimeri. In particolare, le pellicole di ETFE grazie alle loro spiccate proprietà meccaniche, alla buona resistenza e al buon comportamento di reazione al fuoco (DIN 4102-B1) sono il materiale più comunemente utilizzato per le strutture a membrana con sostegno pneumatico. Gli spessori standard variano tra 0,05 mm e 0,25 mm. Possono essere prodotte pellicole colorate con l'aggiunta di pigmenti oppure è possibile realizzare una finitura a stampa. Poiché la resistenza alla lacerazione del materiale standard più resistente (0,25 mm = 250 µm), è nettamente inferiore rispetto alla resistenza di un tessuto di poliestere rivestito di PVC del tipo 1, la

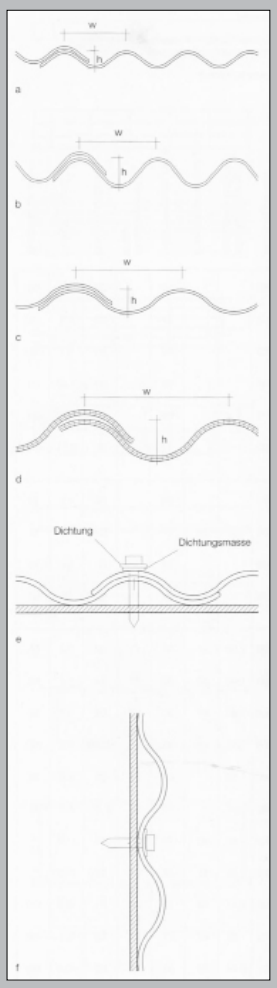
luce massima di una struttura a membrana in pellicola di ETFE risulta inferiore rispetto a quella che si può realizzare con un tessuto rivestito. La durata stimata, in funzione dell'uso, delle pellicole di ETFE è pari a circa 25-30 anni. La larghezza dei nastri ottenibile con il processo di estrusione comunemente utilizzato è pari a un massimo di 1,55 m. Un vantaggio della pellicola di ETFE rispetto al vetro consiste nell'elevato livello di trasmissione luminosa, che rende tale pellicola sempre più diffusa per le coperture di giardini d'inverno, serre e piscine.

Processi produttivi e lavorazioni

Per stoccare, trasportare, dosare e fondere facilmente la massa sagomata, i polimeri vengono dapprima trasformati in granulato. La massa plastica passa attraverso un "setaccio a fori di varia misura" che forma un numero corrispondente di fili, i quali vengono temprati in un bagno di acqua e lavorati in pellet lunghi pochi millimetri nel granulatore.
Di seguito si indicano i principali procedimenti di lavorazione per ottenere prodotti utilizzati anche per la realizzazione di involucri traslucidi.

Estrusione
Il procedimento di base per trasformare questi pellet in semilavorati è l'estrusione. Già nel 1935 iniziano i primi esperimenti per lavorare con grandi estrusori di gomma un impasto di plastificante liquido e polvere di PVC. L'estrusore è come un tritacarne nel quale le resine sotto forma di granulato, più raramente come polveri, passano lungo una coclea rotante attraverso zone a diversa temperatura, dove vengono compattate, fuse (plastificate) e omogeneizzate. Prima che i pellet giungano nell'estrusore, vengono asciugati nell'essiccatore per diverse ore a circa 115 °C, per evitare la formazione di bolle durante il successivo riscaldamento.
Per la colorazione possono essere utilizzati due procedimenti: o il granulato è già stato colorato dalla ditta produttrice, oppure il cosiddetto "materiale del batch", ossia i concentrati colorati anch'essi in forma granulare, viene miscelato alla massa incolore da sagomare e al colorante al momento di riempire l'estrusore.
Alla fine dell'estrusore si trova una pompa a ruote dentate con un adattatore. Qui è possibile attaccare un secondo estrusore, più piccolo, attraverso il quale il materiale di base viene fuso in modo definitivo con strati estremamente sottili di altri materiali nel cosiddetto "processo





di coestrusione". Questo procedimento viene utilizzato ad esempio negli strati di protezione dai raggi UV o quando sono necessari strati per la riflessione degli infrarossi sulle lastre di PMMA o di PC. L'adattatore è collegato a uno stampo con ugello, che conferisce la forma ai semilavorati. In questo modo vengono realizzate, secondo la configurazione dell'ugello, lastre alveolari con bordo semplice, doppio o multiplo. Le lastre finite vengono avvolte con pellicole protettive e tagliate. Teoricamente sarebbe possibile ottenere lastre di lunghezza infinita, ma le condizioni costruttive, il trasporto e il montaggio definiscono dimensioni standard.

Calandratura

La calandratura è uno dei procedimenti più comuni per la produzione di pellicole continue, ad esempio di PVC. Per gli elementi solidi, la fusione che esce dall'ugello dell'estrusore viene laminata (calandrata) tra rulli lucidati a specchio, dove la distanza tra i rulli determina lo spessore della lastra. Sulle diverse superfici possono essere incisi motivi e possono essere prodotte lastre opache o strutturate. La temperatura dei rulli determina anche la successiva deformabilità. Il PET amorfo viene temprato con rulli freddi, la lastre di PC vengono laminate calde.

Colatura

Per la produzione di PMMA, oltre all'estrusione esiste il procedimento originale di colatura in camera di vetro. Dal punto di vista storico tale procedimento è più antico dell'estrusione, ma con le macchine attuali risulta tecnologicamente più moderno e, pur richiedendo una produzione più complessa, consente di ottenere prodotti più efficienti soprattutto dal punto di vista della loro stampabilità. Il materiale di partenza non è un polimero come nel granulato, bensì il monomero MMA (metilmetacrilato) in forma liquida, fluida. Prima la viscosità viene ridotta a quella di uno sciroppo denso (il 18% del materiale è già polimerizzato). Al contrario dell'estrusione, dove avvengono solo processi fisici, nella camera di vetro si verifica una reazione chimica da monomero a polimero.

Con le macchine più moderne possono essere prodotte in modo standard lastre di grande formato, con uno spessore fino a 25 mm, che ad esempio trovano impiego come pareti fonoassorbenti. Come produzione speciale, ad esempio per le pareti trasparenti degli acquari marini, possono essere colati monoblocchi da 80 a 100 mm, fino a un massimo di 250 mm. I vantaggi del procedimento di colatura sono una lavorazione più facile e una buona stampabilità dei prodotti finiti,

ad esempio in campo sanitario per le vasche da bagno. Le strutture superficiali si ottengono sfruttando la consistenza del vetro utilizzato nella camera, che determina i segni sulla plastica. Ad esempio, con lastre di vetro acidato viene prodotta una lastra opaca di PMMA.

I semilavorati che vengono prodotti con un procedimento primario possono essere ulteriormente modificati. Il materiale delle lastre può essere imbutito o soffiato per formare lucernari. Sono possibili anche altri trattamenti superficiali come stampa, verniciatura o vaporizzazione metallica. Diversi sono i progetti realizzati che dimostrano però la possibilità di creare architetture prestigiose senza interventi aggiuntivi, come ad esempio il **magazzino di Florian Nagler a Bobingen**.



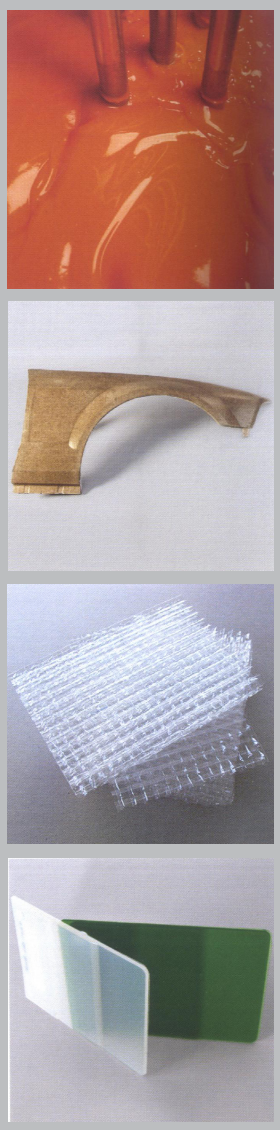
Magazzino a Bobingen con involucro in policarbonato alveolare.

Riciclaggio

E' possibile sintetizzare quattro possibili scenari di riciclaggio in edilizia dei materiali plastici utilizzati: *riutilizzo*, attualmente principalmente in uso solo con i profili in pvc degli infissi, sarebbe auspicabile anche l'estensione agli elementi modulari degli involucri; *riciclaggio* del materiale (struttura chimica immutata) o della sola materia prima (separazione delle catene polimeriche utilizzando calore e solventi); *recupero energetico* (utilizzo per generazione di energia dato l'alta percentuale di carbone presente nelle plastiche).

Bioplastiche

Da quando dalla metà degli anni '80 il bio e l'eco sono diventati tematiche sociali, si moltiplicano i designer e gli architetti che prendono in considerazione i prodotti ecologici. La cosa più interessante è che non solo le medie aziende e gli istituti di ricerca ad interessarsi alle bioplastiche, ma anche grandi produttori come Bayer, BASF, Dupont o DOW Chemicals producono plastiche basate su materie prime rinnovabili; in altri termini l'interesse di grandi aziende è sintomatico del fatto che il mercato sembrerebbe vasto. Per lo sviluppo di eco plastiche ed eco materiali è particolarmente importante la lavorazione con tecnologie a vasta scala: estrudere, calandrare, ecc..., sono processi produttivi con cui in pochi secondi è possibile produrre un oggetto.
Attualmente vengono prodotti materiali lavorati ecologici o derivati da materie rinnovabili adatti ai processi produttivi tradizionali plastici.
Di seguito si elencheranno sommariamente alcune delle eco plastiche che si sta cercando di produrre; gli unici svantaggi che presentano



Esempi di bioplastiche rinforzate con annofibre di carota, a base di biocomposito, con fibre naturali di latex espanso, e a base di cellulosa.

sono per ora il prezzo elevato e la scarsa disponibilità di fronte ad un'ampia richiesta.
- *plastiche rinforzate con nano-fibre di carota*, le fibre di plastica così associate diventano più stabili e possono essere lavorate in spessori minimi;
- *plastiche ad elevata prestazione a base di farina di mais*, prodotto Bio-PDO brevettato dalla Dupont, da cui si produce l'ingrediente base per le plastiche Sorona® e Hytrel®;
- *plastiche a base di legno estruso*, prodotti di scarto delle lavorazioni del legno legati con mais o resine naturali, prodotto Fasalex;
- *biocomposito*, a base di lino e olio di lino, presenta una grande stabilità alla flessione e agli urti;
- *espanso a base di olio di girasole*;
- *espanso derivato dal legno*;
- *fibre naturali di latex "espanso"*, secondo il processo Dual Faser Tec® della Johnson Control, per rivestimenti imbottiti di auto;
- *espanso di carta riciclata*;
- *espanso a base di alghe*;
- *termoplastica a base di farina di patate*, prodotto Bioplast TPS®;
- *lastre isolanti a base di cellulosa*, Moniflex®.[21]

5.4 Materiali metallici

In molte parti del mondo il progresso della civiltà umana è proceduto di pari passo con lo sviluppo delle tecnologie di lavorazione dei metalli. "I metalli sono entrati nell'architettura con passo felpato e in condizioni di inferiorità che non facevano certo pensare ad un avvenire sia pur lontano di egemonia e di possibile sostituzione di ogni altra materia costruttiva. Nell'antichità, dopo aver trionfato nella scultura monumentale il metallo entra nella decorazione architettonica e porta nella severità delle linee architettoniche una vibrazione minuta che può gareggiare con qualsiasi intaglio lapideo sfidandone l'esattezza e la durata. Ci interessa qui mettere in luce dei metalli, più che le virtualità strutturali, quelle spaziali, luminose e decorative perché l'architettura 'contemporanea', che pure ha ulteriormente sviluppato la logica strutturale dell'acciaio, sembra prediligere lo studio e l'invenzione di nuove *textures*, nell'intento di operare un radicale rinnovamento del tema della facciata e del diaframma filtrante, riprendendo un tema che aveva già avuto fortuna nell'architettura degli anni Cinquanta e Sessanta nell'opera di Minoru Jamasaky, di Victor Lundy".[22]
L'impiego del metallo nella struttura delle facciate è storicamente

contemporaneo all'invenzione delle rotaie ferroviarie (1830) e all'introduzione dell'acciaio come materiale da costruzione (1855). Applicazioni significative per il valore decorativo e simbolico della ghisa nel XIX secolo sono i parapetti e i davanzali fino a giungere agli interi sistemi componenti per balconi a sbalzo o porticati che ancora oggi caratterizzano la città di New Orleans.

L'impiego del metallo nelle costruzioni ha permesso inoltre un alto grado di prefabbricazione, unito ad un'elevata precisione esecutiva. Si pensi alla casa d'acciaio a Dessau del 1926 di George Muche, la "Dymaxion Deployment Unit" di Buckminster Fuller del 1929-45 o la serie di case del sistema Stahlhaus AG, a partire dal 1928, testimoniano questa tendenza evolutiva, che ha portato poi alla realizzazione delle 'facciate appese', le cosiddette "*curtain wall*".

Jean Prouvè (1901-84), formatosi come artigiano del ferro, fu uno dei massimi costruttori di facciate in metallo. Interessato alla lavorazione a macchina del metallo si orientò verso la pratica industriale, dedicandosi in particolare al campo della foggiatura delle lamiere metalliche; ne è un esempio significativo la Maison du Peuple di Clichy (1935-39), la prima facciata a 'curtain wall' completamente in metallo.

"Lo scenario attuale appare molto diverso rispetto al recente passato: la standardizzazione del prodotto ha raggiunto quel livello di maturità cui Fuller ambiva, ma tale successo non costituisce l'interesse principale del progetto contemporaneo che, teso al superamento delle ripetitività del prodotto di serie, è alla ricerca del prototipo e della personalizzazione del sistema, come hanno dimostrato la complessità del rivestimento in titanio del **Guggenheim Museum di Frank O. Gehry a Bilbao** o il recente **museo della Mercedes-Benz a Stoccarda di UNStudio.**





Ma la tendenza attuale alla smaterializzazione degli involucri ha interessato anche i metalli, con cui è possibile ottenere sfumature infinite dalla trasparenza, alla traslucenza all'opacità, attraverso lastre, pannelli e maglie più o meno filtranti l'immagine che celano. Il metallo sembra quindi racchiudere in sé una intrinseca contraddittorietà: un apparente senso di solidità e peso che in architettura riesce a tradursi in forme plastiche attraverso spessori minimi.

Inoltre è fondamentale osservare che tutti i metalli presentano una **vocazione sostenibile**, espressa in termini di riciclabilità e leggerezza, dal momento che gli spessori con cui possono essere impiegati in architettura sono molto ridotti, richiedendo si meno materia, ma necessitando purtroppo di un elevato quantitativo di energia necessaria alla realizzazione di tali superfici". [23] Presentano inoltre vantaggi, legati ai principi della costruzione a secco, di smontabilità dei singoli elementi,

riducendo i tempi di costruzione e di sostituzione per la manutenzione, e di grande durata nel tempo, invecchiamento che molto spesso induce variazioni cromatiche ricercate come arricchimento espressivo del progetto.

Progettare involucri metallici traslucidi

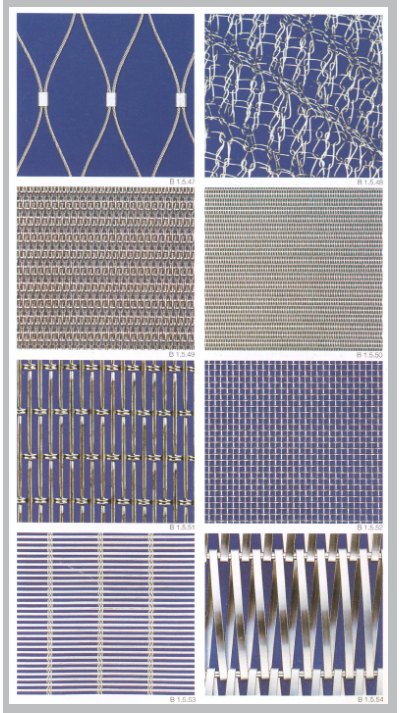
"Nell'ambito delle costruzioni il termine metallo viene impiegato genericamente per indicare leghe di vario tipo ottenute miscelando differenti minerali naturali allo stato puro o ricavati da rottami ferrosi. Ogni lega ha caratteristiche proprie e prestazioni peculiari che permettono di ottenere semilavorati destinati a funzioni diverse. E' un settore in continua evoluzione che oltre ad offrire sistemi di componenti finiti permette ampia libertà di scelta al progettista che a sua volta deve esser e consapevole delle numerose variabili e poter valutare adeguatamente.
Nel contesto architettonico attuale quando si parla di rivestimento si fa riferimento alla possibilità di risolvere l'involucro esterno di un edificio impiegando una sorta di pelle esterna che, caratterizzando formalmente l'edificio stesso, è generalmente parte di un sistema di chiusura la cui stratificazione è composta da elementi che assolvono alla portanza, alla coibentazione ed alla tenuta. E' interessante sottolineare inoltre come i prodotti impiegati come rivestimenti verticali siano pressoché identici, nelle loro caratteristiche chimico-fisiche, a quelli utilizzati nelle coperture, simili anche le tipologie offerte dal mercato, medesima la terminologia tecnica, con un fenomeno che conferma la tendenza al trasferimento tecnologico da un settore all'altro dell'edilizia come elemento generatore di innovazioni di tipo adattivo".[24] Metalli e semilavorati possono essere facilmente integrati come elemento in una sequenza esistente di strati, senza dover cambiare l'intero involucro.
Utilizzando superfici perforate e appese si possono raggiungere interessanti effetti di trasparenza, che dipendono dalla distanza dell'osservatore. Da lontano si vedono involucri metallici, quasi chiusi, che da angolature diverse rivelano un'elevata permeabilità alla luce. L'alternarsi di luce e ombra, sole e pioggia, giorno e notte ravviva la superficie e fa apparire l'edificio nei modi più vari. A seconda dell'incidenza della luce si può guardare in modo diverso l'interno dell'edificio, in funzione del luogo in cui ci si trova le superfici vengono vissute come superfici chiuse o traslucide.
Da un punto di vista prestazionale inoltre le **lamiere forate** offrono una preziosa protezione dal sole lasciando inalterata la trasparenza

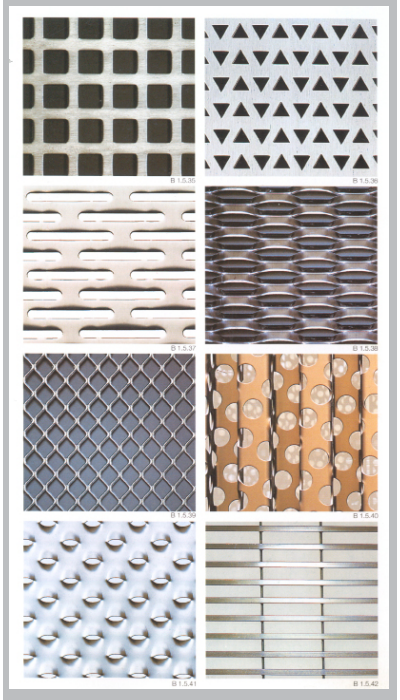
dall'interno. Le **griglie** invece consentono l'osservazione da posizioni ortogonali e impediscono la visione obliqua: la superficie appare chiusa. Ed ancora, con i **tessuti metallici** si possono creare affascinanti semitrasparenze. Proprio con l'uso di questi tessuti il progettista ha la possibilità unica di concepire in modo nuovo la materialità delle superfici di facciata.

"Il concetto di involucro suggerisce già la leggerezza, trasparenza mutabile e una certa capacità di variazione dell'aspetto. La variabilità di trasparenza è anche una proprietà originaria del tessuto metallico, un semilavorato che proviene dalla tecnica industriale dei filtri e dei setacci".[25] E' sorprendente riconoscere che la qualità degli involucri moderni non viene più definita solo attraverso grandezze misurabili come il coefficiente di trasmissione termica o la resistenza meccanica, bensì soprattutto mediante criteri soggettivi come la trasparenza o la materialità.

Sostanzialmente i vantaggi delle superfici metalliche di facciata sono la lavorabilità relativamente buona, le basse spese di manutenzione e la possibilità di configurazione progettuale. Inoltre tali superfici sono in genere robuste, durevoli e non comportano elevati costi di lavorazione. Gli elementi metallici di facciata, appesi come 'seconda pelle' esterna degli edifici, sono perfetti come elementi di protezione solare e come strumenti di conduzione della luce.

Occorre precisare anche che, nella progettazione di involucri metallici, è significativo, per una corretta realizzazione dell'opera, considerare le possibili variazioni degli elementi dovute a dilatazioni termiche e a deformazioni dovute all'azione del vento, problematiche regolamentate dalla norma DIN 1055 parte4 e risolvibili con la previsione di adeguati strati di separazione e giunti di dilatazione, con una particolare attenzione alla conservazione del materiale dalla fase di stoccaggio a quella di montaggio finale. Si deve inoltre considerare il fondamentale tema della protezione dalla corrosione, sempre che questa non sia ricercata come nell'utilizzatissimo acciaio Corten; considerando che la maggior parte dei materiali metallici reagisce agli influssi ambientali mutando il proprio aspetto esteriore.





Caratteristiche dei materiali

I metalli, in quanto elementi chimici, fanno parte degli elementi naturali fondamentali di cui è costituita la terra. Infatti tutti i metalli essenziali sono coinvolti nei cicli naturali, solo pochi metalli pesanti, come il cadmio e il mercurio, sono inquinanti e gravemente dannosi per la salute. Fino

Metallo		Alluminio	Titanio	Ferro				Rame			Zinco		Stagno	Oro	Piombo
Simbolo chimico (n atomico)		Al (13)	Ti (22)	Fe (26)				Cu (29)			Zn (30)		Sn (50)	Au (79)	Pb (82)
Lega					Acciaio	Acciaio speciale inoss.	Acciaio resist. alla corr.		Bronzo per edilizia	Tombacco		Zinco-titanio			
Peso specifico	[g/cm³]	2,7	4,51	7,87	7,8	7,98		8,92	8,73	8,5	7,2	7,2	7,29	19,32	11,34
Modulo elastico[1]	[kN/mm²]	65	110	210	210	200	200	132	100	85	90	80	50	75	15
Calore specifico	[J/kg K]	900	530	460	460			390	380	380	390	398	230	130	130
Coeff. dilat. termica[2]	[10⁻⁶m/mK]	23,8	10	12,1	11,7	17,3	11,7	16,8	18,5	19	36	20	20,5	14,2	28,3
Conducibilità termica	[W/mK]	160	22	80,4	65	15		395	67	50	116	109	35,3	317	34
Potenziale normale	[V]	−1,69		−0,44				+0,35			−0,76		−0,16	+1,38	−0,13
Conducibilità elettrica	[m/mm²Ohm]	35	1,25	10,3	10,2			60	9	16	16,9	17	8,7	45,7	4,82

[1] 1 kN/mm² = 1 GPa [2] a 20 °C

Metalli ferrosi	Abbreviazione		Densità [kg/m³]	Conducibilità termica [W/mK]	Coefficiente di dilatazione termica [mm/mK]	Conducibilità elettrica [m/Ωmm²]	Resistenza a trazione [N/mm²]	Modulo E [N/mm²]	Allungamento a rottura [%]	Limite di snervamento e di elasticità 0,2 [N/mm²]
Ghisa										
Ghisa con lamelle di grafite	GJL		7100–7300	40–50	0,012	5–7	100–450 (600–1080)[1]	78000–143000	0,8–0,3	98/285[2]
Ghisa con sfere di grafite	GJS		7100–7200	36,2–31,1	0,013	5–7	400–900 (700–1150)[1]	169000–176000	18–2	240–600
Acciaio										
Acciaio colato			7850	40–50	0,012	5–7	380–1100	210000	7–25	200–830
Acciaio per costruzioni										
Fe 360 BFN (RSt 37-2)	S235JR	1.0038	7850	56,9	0,012	5	340–470	212000	25	235
WT St 37-3	S235J2W	1.8965								
Fe 510 C (St 52-3 U)	S355JO	1.0553	7850	48	0,012	5	450–680	212000	17–20	275–355
WT St 52-3	S355J2W	1.8965								
Acciaio legato										
V2A (X 5 CrNi 18-10)		1.4301	7920	14,5	0,016	1,5	500–700	200000	45	190
V4A (X 6 CrNiMoTi 17-12-2)		1.4571	7960	15	0,017	1,4	500–730	200000	45–50	210–255

[1] A differenza dell'acciaio, nella ghisa resistenza a compressione e resistenza a trazione non corrispondono. Tra parentesi sono pertanto indicate anche le resistenze a compressione.
[2] A causa del minore allungamento a rottura sono indicati i valori per un limite di elasticità di 0,1.

Metalli non ferrosi	Densità [kg/m³]	Conducibilità termica [W/mK]	Coefficiente di dilatazione termica [mm/mK]	Conducibilità elettrica [m/Ωmm²]	Resistenza a trazione [N/mm²]	Modulo E [N/mm²]	Carico di rottura [%]	Limite di snervamento e di elasticità 0,2 [N/mm²]
Alluminio	2703 [1]/2699 [2]	222	0,023	37	90–120 [1]/150–230 [2]	72200	8–25 [1]/2–8 [2]	40–70 [1]/80–110 [2]
EN AW-7022 (AlZn6Mg3Cu)	2780	130	n.c.	20	410–490	70000	3–6	330–420
Piombo	11340	35	0,029	4,8	10–20	20000	50–70	5–6
Zinco	7130	113	0,033/0,023[4]	16,9	150/220[4]	94000	25/15[4]	160/220
Zinco-stanio Z1 (ZnCuTiAl)	7200	109	0,022	17	150–220	80000	≥ 35	100–160
Rame	8940	394	0,017	57	160–200 [1]/200–250 [3]	120000	25–15 [1]/50–30 [3]	40–60 [1]/100–150 [3]
CW024A; 2.0090	8900	329	0,017	n.c.	200–515	132000	3–40	35–320
Lega rame-stagno (bronzo)	8600–8800	54–75	0,017–0,019	ca. 9	240–300	80000–105000	5–12	130–180
Lega rame-zinco (ottone)	8300–8500	117–159	0,017–0,020	ca. 16	370–740	75000–120000	10–20	150–490
CuZn37; CW508L; 2.321	8400	121	0,020	ca. 16	740	110000	10	440

[1] fuso [2] laminato [3] ricotto [4] valori parallelamente e perpendicolarmente alla direzione di laminazione

ad una densità inferiore a 4,5 g/cm^3 i metalli vengono definiti metalli leggeri, con densità superiori metalli pesanti.

I principali metalli utilizzati per involucri architettonici sono:

ALLUMINIO

Elemento naturale utilizzato in edilizia sottoforma di leghe con caratteri e prestazioni diverse. E' leggero, duttile e malleabile; a contatto con l'aria si ossida coprendosi di una patina grigia opaca. Viene lavorato plasticamente per produrre semilavorati estrusi, laminati, imbutiti, stampati, ecc., con finiture verniciate/ preverniciate o anodizzate (processo elettrolitico di ossidazione).

PIOMBO

Elemento naturale, può essere impiegato come materiale puro o composto in leghe; alla presenza dell'aria ossida assumendo una colorazione grigio opaca. E' un metallo pesante, denso, tenero, malleabile e duttile, che viene applicato in edilizia come lega fusa, laminata o trafilata per la realizzazione di tubature (attualmente sostituito da materiali sintetici) e come lastre per coperture e rivestimenti esterni.

RAME

Elemento naturale tenero, duttile e malleabile, è facilmente lavorabile;

generalmente impiegato sotto forma di fili o lamine. Il suo uso in edilizia è tradizionale grazie alle caratteristiche di lavorabilità e resistenza agli agenti esterni (le superfici esposte all'aria si ossidano e formano una patina protettiva autogenerante che non necessita di ulteriori interventi di manutenzione e pulizia nel tempo). E' presente anche in altre leghe metalliche determinando, a seconda del tenore, caratteristiche chimico fisiche fra loro differenti. Le principali leghe a base di rame sono l'ottone (rame+zinco), il bronzo (rame+stagno), il cupronichel (rame+nichel), il cupralluminio (rame+alluminio).

Le superfici da rame possono essere pretrattate con processi di preossidazione (procedimenti che accelerano il processo di ossidazione, invecchiando il materiale senza alterarne le caratteristiche) oppure possono essere sottoposte a procedimenti elettrolitici di stagnatura, cromatura, nichelatura, argentatura. Nel caso dei rivestimenti l superfici pretrattate più comunemente impiegate sono quelle laminate lucidate, patinate, preossidate, stagnate.

GHISA

Lega di ferro e carbonio (al 2%) le cui caratteristiche dipendono dalla composizione chimica e dalla presenza di impurità nella miscela, dai tempi di solidificazione e raffreddamento dei getti e dai trattamenti termici a cui è sottoposta la miscela stessa durante la lavorazione. A causa degli elevati costi di produzione e della scarsa resistenza del materiale (in uso tende a fratturarsi ed incrinarsi), il suo impiego in edilizia è stato sostituito dall'acciaio e da altri prodotti sintetici, anche se rimane forte la sua valenza cromatica e materica.

ACCIAIO

Lega di ferro e carbonio (circa 2%); è una lega dura, resistente e duttile. La percentuale di carbonio ne determina le caratteristiche (> percentuale di carbonio > durezza e resistenza, e < flessibilità e duttilità) insieme alla presenza di silicio, manganese, fosforo e zolfo. L'acciaio è un buon conduttore di calore ed elettricità, alle alte temperature è incombustibile ma subisce rilevanti deformazioni. A seconda delle miscele componenti la lega si hanno acciai comuni o non legati e acciai speciali o legati. Gli acciai speciali correntemente utilizzati in edilizia per i rivestimenti sono:

- acciaio inossidabile, lega contenente cromo, nichel, e altri elementi tra cui il titanio;
- acciaio exten, lega a basso tenore di carbonio associato a cromo e rame;
- acciaio prepatinato o patinabile (lega a basso tenore di carbonio associato a rame, fosforo, cromo, silicio e nichel), brevettato nel 1932

con il nome commerciale di Cor-Ten - CORrosion-resistance e TENsile strenght.

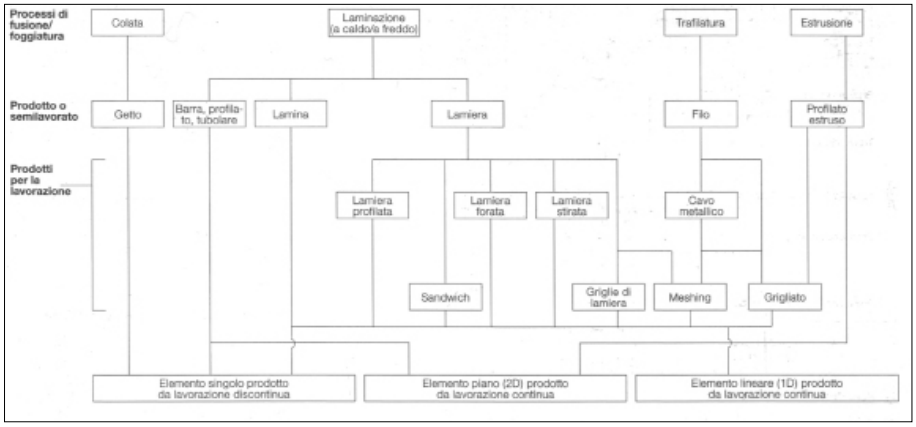
TITANIO

Elemento naturale resistente, con un elevato punto di fusione, una bassa densità e un basso coefficiente di dilatazione termica, è duttile ed elastico e generalmente viene legato con l'alluminio. Il rame, il ferro, il nichel, ecc.

Le leghe di titanio sono particolarmente leggere e resistenti, proprietà che le rendono materiali per l'industria aerospaziale e aeronautica; solo recentemente sono diventate un materiale per l'architettura. La colorazione delle lastre di titanio avviene con un procedimento di preossidazione elettrochimica; a parità di trattamento, il colore cambia a seconda della composizione della lega, dei trattamenti termici e meccanici subiti dalla lega nelle fasi di produzione e dei tipi di finitura delle superfici.

ZINCO

Elemento naturale duttile e malleabile; viene usato puro o legato con il rame (ottone) e con l'alluminio, a contatto con l'aria si ossida. In edilizia è correntemente impiegato come leghe. Di recente applicazione è la lega zinco-titanio-rame che, rispetto allo zinco puro, ha un'ottima resistenza alle deformazioni permanenti e una buona resistenza alla trazione.



Principali prodotti e lavorazioni per involucri esterni

I processi fondamentali della lavorazione dei metalli sono:
- fusione
- taglio
- giunzione
- rivestimento
- variazione delle proprietà del materiale.

Spesso i materiali metallici vengono combinati anche con altri materiali, dando luogo ai materiali compositi. A questi ultimi appartengono ad esempio i **pannelli multistrato**, in cui vengono impiegati in genere l'acciaio, l'alluminio e talvolta anche il rame.
Di seguito vengono descritti brevemente i **prodotti semilavorati** per involucri metallici traslucidi, ottenuti da lamiere sottili attraverso ulteriori lavorazioni (come la fresatura, la punzonatura, il taglio, la foratura, l'incisione, ecc.):

LAMIERE FORATE [26]

Con le moderne presse a nastro larghe o le punzonatrici a controllo numerico nelle lamiere possono essere realizzati fori con dimensioni da meno di 1 mm circa 500 mm. Con i calibri personalizzabili per i fori è possibile realizzare pressoché ogni diametro, anche se di regola le dimensioni del foro non devono essere inferiori allo spessore della lamiera, che nell'acciaio dovrebbe essere compreso fra 0,5 e 6 mm circa. In linea di principio si distingue fra:

- foro tondo, dritto o sfasato;
- foro quadrato;
- foro allungato, in direzione longitudinale o trasversale;
- foro romboidale o ornamentale.

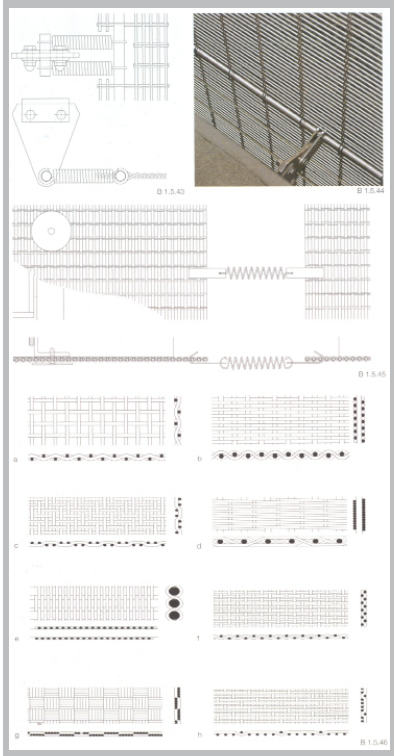
I formati di lamiera generalmente realizzabili possono avere le seguenti dimensioni:

- formato piccolo (1000x2000 mm);
- formato medio (1250x2500 mm);
- formato grande (1500x3000 mm);
- formato super (1600x4000 mm);
- rotoli con larghezza fino a 1250 mm e uno spessore massimo di 2 mm.

Con la geometria di avanzamento tridimensionale inoltre delle fresatrici a comando numerico, lo schema di fresatura non è più legato alla forma del foro. Particolarmente interessante appare la possibilità di una trasmissione diretta dei dati vettoriali dalle applicazioni CAD.
Sono inoltre possibili anche incisioni di superficie, in quanto la testa dell'utensile può essere utilizzata a profondità diverse.

LAMIERE STIRATE

Sono semilavorati con aperture piane a forma di rombo, quadrato, a fori tondi o altro, che sono solitamente prodotte nelle lamiere o nei nastri mediante tagli sfalsati. Non si ha perdita di materiale, in quanto le aperture vengono realizzate in fase di taglio. Il materiale tra i tagli viene tenuto unito per punti e non deve essere né intrecciato né saldato in un secondo momento.



La loro elevata stabilità con un peso proprio comparabilmente ridotto, consente la realizzazione di elementi di facciata estremamente stabili superficialmente, per questo sono ideali come 'elementi di cortina', con grandi aperture di facciata permeabili all'aria e alla luce.

GRIGLIATI

Sono realizzati in acciaio, acciaio inossidabile o alluminio, o altri materiali; sono composti da aste portanti e di riempimento fessurate, che vengono pressate fra di loro e/o saldate elettricamente. Le configurazioni di maglia ortogonali che ne derivano possono avere ampiezze più diverse. Gli spigoli vengono racchiusi da una fascia metallica profilata di materiale piatto, o da una banda nervata, e stabilizzati. I grigliati sono disponibili in tutte le altezze e gli spessori voluti, in direzione trasversale tuttavia non si dovrebbero superare i 1400 mm.

TESSUTI METALLICI

Il tessuto metallico è formato da fili tondi o piatti, trecce o cavi, giuntati fra loro in un processo di tessitura. Vengono utilizzati metalli di ogni genere: ferro grezzo o zincato, acciaio inossidabile, alluminio, bronzo, rame, ottone, titani e stagno.

Come un tessuto tessile l'ordito si trova longitudinalmente rispetto al nastro e viene tessuto con la trama trasversale, secondo modalità diverse, utilizzando telai speciali, nelle tipologie di armatura che vengono illustrate di seguito, anticipando però alcune informazioni sulle caratteristiche di tali tessuti.

Infatti per valutare le caratteristiche dei tessuti metallici vengono utilizzati i criteri ai sensi della norma DIN 4189.

- *Ampiezza di maglia* (w) o (mw): distanza fra due filivicini in direzione di trama o di ordito;
- *Diametro del filo* (d): diametro del filo prima della tessitura, in quanto durante la lavorazione può cambiare leggermente;
- *Finezza del tessuto* (mesh): numero delle maglie per pollice, misurato fra gli assi dei fili, attenzione alle unità di misura utilizzate.
- *Open area* (rapporto vuoto su pieno, A_0 oppure F_0): indica la percentuale degli spazi fra le maglie rispetto all'intera superficie del tessuto;
- *Numero di punti* (maglie/cmq): numero di punti per cmq;
- *Spessore del tessuto* (D): dipende dal diametro del filo.

Armatura a tela (tipo a)

Armatura nervata (tipo b)

Armatura saia (tipo c)

Armatura saia nervata (tipo d)
Armatura rinforzata nervata (tipo e)
Armatura a maglie lunghe (tipo f)
Armatura saia a cinque fili (tipo g)
Maglia multiplex (tipo h)
Dal punto di vista tecnico sono estremamente efficienti e versatili e presentano i seguenti vantaggi di utilizzo:
• utilizzo in interno ed in esterno, senza particolari trattamenti;
• facilmente montabili e smontabili (arrotolabili) e utilizzabili come strutture mobili o fisse di protezione dal sole;
• disponibilità di spessore diversi per il progetto differenziato di ombreggiamento;
• produzione anche su misura;
• possibilità di installazione con pretensionamento dei tessuti;
• elevata sollecitabilità delle superfici (ad esempio forza del vento) pur con un peso superficiale minimo;
• facile sostituibilità degli elementi e loro montabilità.

5.5 Materiali lapidei

La cultura occidentale è principalmente cultura della pietra: i monumenti come gli edificati dei centri storici, ne sono fedele testimonianza. Attraverso una secolare stratificazione, gli involucri degli edifici raccontano il loro rapporto con questo materiale, che è sinonimo stesso del costruire, un rapporto simbiotico che ha conosciuto una pausa d'arresto solo nei tempi più recenti. Per rispondere ai nuovi quesiti del progetto d'architettura l'uso della pietra è cambiato nel tempo, determinando la produzione di manufatti sottili e leggeri, lontani per caratteristiche dalla loro fisionomia più tradizionale di materia consistente per dimensione e peso; inoltre, grazie alle macchine di ultima generazione, è stato possibile utilizzare multipli di sagoma abbandonarsi a virtuosismi che nessuna, pur esperta maestranza, avrebbe potuto mai di soddisfare.
"L'impiego della pietra ha sempre avuto una tradizione prevalentemente strutturale e una successiva semplificazione funzionale od anche soltanto espressiva. Il passaggio quindi da una tradizione costruttivo-strutturale ad una espressiva diviene preponderante grazie al progressivo sviluppo delle modalità tecniche di impiego. Si avverte quindi nel periodo contemporaneo un fermento di cambiamenti, che possono avvenire solo tramite una evoluzione qualitativa del prodotto e un corretto uso dei mezzi di industrializzazione.

Non si tratta di una nuova era tecnologica per questo settore, ma di una marcata inversione di tendenza per ciò che concerne la trasformazione di prodotto e di tecniche, di segno tangibilmente diverso rispetto all'innovazione degli anni sessanta e settanta (dove gli elementi in marmo-acciaio e i pannelli in cemento rivestiti, nella loro pesantezza, facevano da padrone); una trasformazione determinata da innovazioni nel campo della estrazione dei blocchi, della produzione di lastre e della razionalizzazione delle lavorazioni. La messa a punto di nuove tecniche di posa in opera e di produzione di pannelli di nuova concezione muove essenzialmente da obiettivi miranti a conferire al paramento in pietra: migliori caratteristiche prestazionali e di sicurezza statica; possibilità di impiego in nuove costruzioni e/o interventi di recupero; semplicità di posa in opera nelle fasi di costruzione e successiva manutenzione (montabilità e sostituibilità degli elementi singoli), uso strutturale e integrabilità con i metodi costruttivi correnti; metodologie produttive tendenzialmente automatizzate". [27]

Progettare involucri lapidei traslucidi

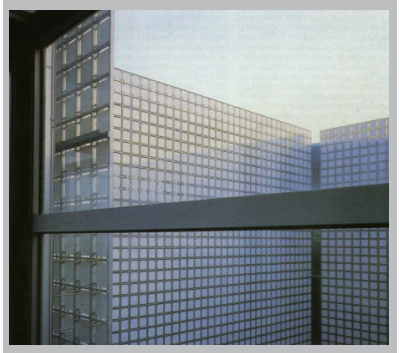
E' in questa direzione che l'epoca contemporanea sperimenta l'uso innovativo della pietra composita con materiali come il vetro, per dare vita a superfici estremamente espressive e dinamiche sia per i materiali usati, arricchiti da preziose venature del materiale lapideo e da interessanti prestazioni date dal vetro. Ne è un esempio la **nuova stazione ferroviaria di Montecarlo** nel Principato di Monaco, in cui il progettista Jean Marie Duthilleul sperimenta una facciata vetrata schermata dalla traslucenza del *brise-soleil*, realizzati in materiale composito, costituito da una sottile lastra di marmo venato chiaro (marmo turco Ayfon Sugar), laminato su tre lati, unito al vetro tramite un'interfaccia polimerica.[28] Analogamente a questo progetto Jim Clemens, nella **Banque Générale du Luxemburg**, invece, realizza una facciata vetrata con all'interno elementi orizzontali a persiana orientabili in materiale composito di marmo e vetro. [29]
Procedendo verso la smaterializzazione dell'involucro architettonico anche attraverso l'uso del materiale lapideo, è interessante vedere come anche Kengo Kuma nella realizzazione dello **Stone Museum a Nasu** in Giappone, proponga la 'de-solidificazione' della parete attraverso la creazione di un diaframma di sottili strisce di pietra vulcanica locale (*ashino stone*) parallele alternate a sottili lastrine traslucide di marmo bianco di Carrara, creando un passaggio all'interno di luce soffusa. L'uso della pietra tende verso la perdita della fisicità proprio attraverso



Diverse soluzioni di involcuro in pietra discontinua traslucida, stazione ferroviaria di Montecarlo, Banca generale dle Lussemburgo e Stone Museum a Nasu.

la fisicità stessa, passando paradossalmente dall'apparente sparizione della materia alla sua spirituale presenza. A tale proposito Kuma scrive: " *Ho articolato e connesso gli spazi usando particelle di 'muro fragile' fatte di pietra locale (andesite), il 'muro fragile' è fatto usando strisce di pietra e tecniche di muratura forata. Le mia intenzione era di provare a convertire la pietra, che ci si aspetta essere resistente e pesante, in qualcosa di fragile e ambiguo*".[30]

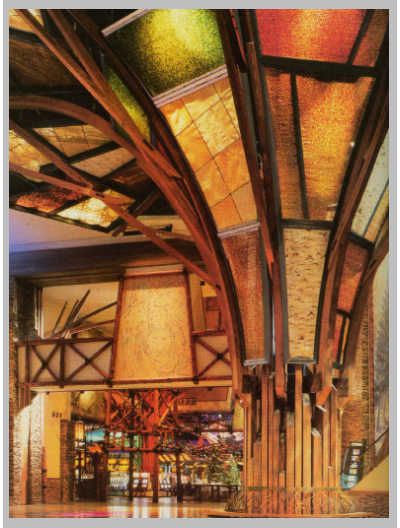
Altri esempi particolarmente significativi verso l'uso di superfici lapidee traslucide per l'involucro architettonico contemporaneo sono l'**Institute du Monde Arabe** (IMA) a Parigi di Jean Nouvel, o ancora la Cappella di San Bonifacio della Catholic Academy di Berlino progettata dallo studio Höger Hare, o infine la Wombi Rock a Uncasville nel Connecticut dello studio Rockwell. L'IMA, caratterizzato da superfici a forte caratterizzazione tecnologica di grande valore espressivo, presenta nei prospetti interni un involucro realizzato con sottili piastrelle traslucide di forma quadrata sospese con semplici punti di attacco a secco. Crea così un incredibile senso di leggerezza, traslucenza ma anche luminosità, ammorbidita di giorno dal filtro lapideo, ed invertita di sera dall'illuminazione degli ambienti interni.



La **Cappella di San Bonifacio** della Catholic Academy di Berlino assume un grande valore religioso e trascendentale grazie alle due pareti di luce morbida costituite da una serie di sottili lastre di alabastro bianco, traslucido. La superficie si trasforma, grazie all'uso sapiente del materiale lapideo traslucido e di ancoraggi quasi impercettibili, in materia e luce al contempo.



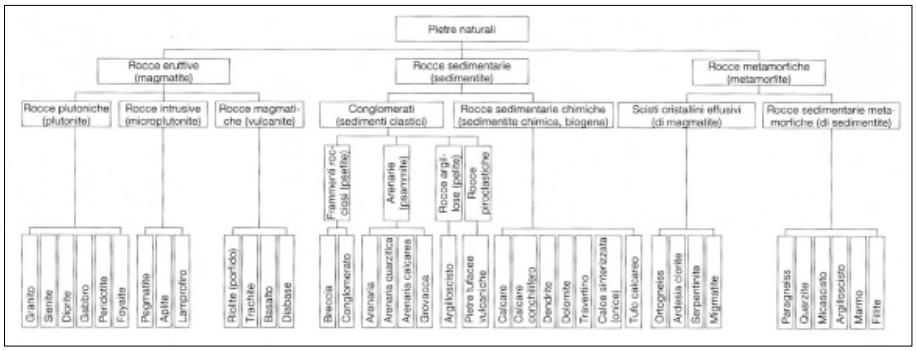
Infine la **Wombi Rock** a Uncasville è un luogo di intrattenimento, ma soprattutto assume il valore simbolico dell'originale dimora ancestrale della tribù dei Moicani. Infatti secondo la lingua moicana *'wombi'* significa 'bianco', e l'enorme roccia artificiale simboleggiante il cristallo di quarzo usato da questo popolo per assicurarsi favori medicinali e spirituali, è rappresentata nella sala dalla Wombi Rock, una torre-scultura alta 18 metri realizzata con un rivestimento traslucido in piastre piane, una diversa dall'altra, di alabastro e onice, rinforzate con vetro per essere allestite con una retroilluminazione che evoca l'espressività della roccia.



Classificazione e caratteristiche dei materiali

Le pietre naturali costituiscono buona parte della crosta terrestre. Il termine generico 'pietra naturale' racchiude famiglie di rocce diverse tra loro derivate da fenomeni di varia natura che hanno generato:

- rocce ignee (per raffreddamento e solidificazione);
- rocce sedimentarie (per aggregazione e compattazione);
- rocce metamorfiche (per modificazione e variazione).



Per la loro classificazione oggi si procede verso l'adozione delle terminologie previste da normative standard, quali le UNI 8458 e 9379 e ASTM C 119.

In base alla norma **UNI 8458** (prodotti lapidei), usata nel mercato italiano, si definiscono:

- marmo, ogni roccia cristallina, compatta, lucidabile, da decorazione e da costruzione, prevalentemente costituita da minerali caratterizzati da un grado di durezza 3-4 nella scala Mohs (calcite, dolomite, serpentino);

- granito, ogni roccia fanero-cristallina, compatta, lucidabile, da decorazione e da costruzione, prevalentemente costituita da minerali caratterizzati da un grado di durezza 6-7 nella scala Mohs (calcite, dolomite, serpentino);

- travertino, rocce di origine sedimentaria, di natura carbonatica, formatesi per precipitazione chimica in ambiente subaereo e caratterizzate da un'elevata porosità;

- pietra, ogni roccia da costruzione e/o da decorazione, di norma non lucidabile.

La norma ASTM C 119 invece, usata nel mercato americano, identifica cinque principali categorie:

- graniti (granite group);
- calcari (limestone group);
- marmi (marble group);
- rocce costituite da quarzo (quartz-based dimension stone group);
- ardesie (slate group).

Le potenzialità applicative di una varietà di materiale lapideo, dal punto di vista tecnico, sono determinate dalla petrografia, dalla composizione mineralogica e chimica e dalle proprietà fisico-meccaniche del litotipo a essa corrispondente. Tali informazioni sono solitamente inserite in una scheda di identificazione tecnica del materiale, atta a fornire tutti gli elementi per una caratterizzazione esauriente.

Tipo di roccia	Densità	Resistenza a compressione	Conducibilità termica[1]	Coefficiente di accumulo termico[2]	Coefficiente di dilatazione termica	Coefficiente di resitenza alla diffusione del vapore[3]	Resistenza all'attrito	Assorbimento idrico	Resistenza al gelo
	[kg/m³]	[N/mm²]	[W/mK]	[kJ/m²K]	[mm/mK]	[–]	[cm³/50 cm²]	[Massa %]	
Rocce eruttive									
Granito	2600–2800	130–270	2,8 (1,6–3,4)	2370–2550	0,008	10000	5–8	0,1–0,9	•
Sienite	2600–2800	160–240	3,5		0,008	10000	5–8	0,2–0,9	•
Diorite	2800–3000	170–300	3,5		0,0088	10000	5–8	0,2–0,4	•
Gabbro	2800–3000	170–300	3,5		0,0088	10000	5–8	0,2–0,4	•
Riolite (porfido)	2500–2800	180–300	3,5		0,0125	10000	5–8	0,2–0,7	•
Trachite	2500–2800	180–300	3,5		0,01	10000	5–8	0,2–0,7	•
Basalto	2900–3000	240–400	3,5 (1,2–2,0)	2640–2730	0,009	10000	5–8	0,1–0,3	•
Diabase	2800–2900	180–250	3,5		n.c.	10000	5–8	0,1–0,4	•
Rocce sedimentarie									
Breccia	2600–2750	50–160	2,3		n.c.	2/250	[4]	0,5–1,0	○
Conglomerato	2200–2500	20–160	2,3 (1,2–3,4)		n.c.	2/250	14–80 [4]	0,8–10	•
Arenaria	2000–2700	30–150	2,3 (1,2–3,4)	1760–2380	0,012	2/250	9–35	0,2–10	○
Arenaria quarzitica	2600–2700	120–200	2,3 (2,1)	2290–2380	n.c.	30/40	7–8	0,2–0,5	○
Grovacca	2600–2650	150–300	2,3		n.c.	2/250	7–8	0,2–0,5	•
Tufo vulcanico	1800–2000	20–30	2,3 (0,4–1,7)		0,004–0,01	15/20	10–35	6–15	○
Calcare	2600–2900	75–240	2,3 (2,0–3,4)		0,0075	200/250	15–40	0,1–3	○
Calcare conchilifero	2600–2900	80–180	2,3 (2,0–3,4)		0,003–0,006	2/250	15–40	0,2–0,6	○
Dendrite	2500–2700	180–260	2,3		0,0048	200/250	15	0,2–0,6	–
Dolomite	2600–2900	75–240	2,3		0,0075	200/250	15–40	0,1–3	○
Travertino	2400–2500	20–60	2,3		0,0068	200/250	20–45	2–5	○
Tufo calcareo	1700–2200	30–50	0,85–1,7		0,003–0,007	20/200	n.c.	1–10	○
Rocce metamorfiche									
Ortogneiss	2600–3000	100–200	3,5 (1,6–2,1)	2370–2730	0,005–0,008	10000	4–10	0,3–0,4	•
Serpentinite	2600–2800	140–250	3,5 (3,4)		0,005–0,01	10000	8–18	0,3–2,0	–
Migmatite	2600–3000	100–200	3,5 (1,6–2,6)	2370–2730	0,005–0,008	10000	4–10	0,3–0,4	•
Paragneiss	2600–3000	100–200	3,5 (1,6–2,1)	2370–2730	0,005–0,008	10000	4–10	0,3–0,4	•
Quarzite	2600–2700	150–300	3,5		0,0125	10000	7–8	0,2–0,5	•
Micascisto	2600–2800	140–200	2,2		n.c.	800/1000	15–25	0,2–0,4	○
Argilloscisto	2700–2800	50–80	2,2 (1,2–2,1)	2430–2520	n.c.	800/1000	n.c.	0,5–0,6	•
Marmo	2600–2900	75–240	3,5 (2,0–2,6)	2370–2640	0,003–0,008	10000	15–40	0,1–3	○

[1] Indicazioni generali sulla conducibilità termica in base alla norma EN 12524 e DIN V 4108-4; i valori tra parentesi sono indicati in letteratura.
[2] La capacità termica specifica della pietra naturale viene indicata ai sensi della norma EN 12524 in 1 kJ/kgK; in caso di assenza di indicazioni, il coefficiente di accumulo termico corrisponde alla densità.
[3] Indicazioni secondo la norma EN 12524 e DIN V 4108-4.
[4] Roccia composita; la resistenza all'attrito oscilla fortemente.

Principali prodotti e lavorazioni per involucri lapidei esterni

In particolare la presente ricerca vuole trattare l'uso di pannelli compositi a base di materiale lapideo per involucri traslucidi. Si tralascerà quindi la trattazione completa dei prodotti lapidei e delle relative tipologie di lavorazione concentrandosi solo sul prodotto delle lastre sottili e pannelli sandwich.

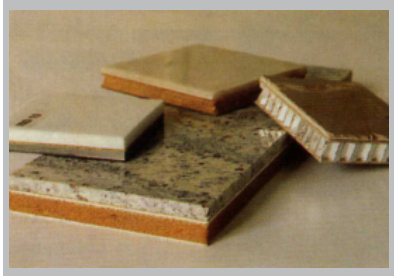
LASTRE SOTTILI

Il materiale lapideo così inteso viene applicato sotto forma di elementi piani, in genere lastre rettangolari a basso spessore, dove per basso si intende quello al quale, per le dimensioni della lastre, per le azioni dei cariche laterali e in funzione del sistema dei vincoli, corrispondono sollecitazioni flessionali dello stesso ordine di grandezza della resistenza indiretta del materiale lapideo.

PANNELLI COMPOSITI

Sono manufatti che derivano dal ciclo tecnologico del 'marmo sottile', caratterizzati da una notevole leggerezza e dalla capacità di mantenere inalterate, o in alcuni casi migliorare, le prestazioni finali del pannello composito. Il materiale lapideo (solitamente marmo bianco o colorato, granito, ecc.), ridotto in spessore sottile, viene incollato su un supporto di varia natura.

a) **pannello con litotipo in foglio su struttura alveolare** (in alluminio o in polimero), denominato 'High Performance', ha una struttura a



sandwich che, nella versione standard, è costituita da due facce in vetro/resina epossidica (spessore 0,75 mm) separate da un'anima a nido d'ape in alluminio, che ha la funzione di alleggerire (spessore 18,5 mm). Su una delle facce in vetro/resina epossidica è incollata una sottile lastra di materiale lapideo (spessore circa 5 mm). Le facce di composito conferiscono quindi al sandwich proprietà di impermeabilità in ambiente umido. Il pannello standard (S) è invece un pannello costituito da una lastra sottile di materiale lapideo (spessore circa 5 mm) con struttura alveolare di supporto in polimero speciale irrigidita da due strati di tessuto di fibra di vetro impregnata di resina epossidica che conferisce elevata resistenza meccanica. Le dimensioni di produzione variano da 240x120 cm, a richiesta fino a 300x150 cm con utilizzo di rivestimento in verticale.

b) pannello con litotipo in foglio rinforzato in microsfere di vetro (pannello ultra fine) è costituito da una lastra sottile in materiale lapideo con struttura di supporto in microsfere di vetro, che conferisce elevata resistenza alla compressione localizzata ed è irrigidito da due strati di tessuto in fibra di vetro impregnati di resine epossidiche. Vengono prodotti con spessore 8 mm e dimensioni 60x60, 60x120 cm e a richiesta fino a 240x120 cm;

c) pannello con litotipo in foglio e struttura a doppia stuoia di fili in fibra di vetro (pannello denominato *Mastercarpet wall*), è costituito da una lastra sottile di granito accoppiata a una doppia stuoia di fili di fibra di vetro unidirezionali incrociati, tessuti in modo isotropo; il tutto è impregnato con resina epossidica per realizzare l'unione fra i componenti;

d) pannello con litotipo in foglio e struttura in lastra di vetro (pannello denominato *marmovetro*), si tratta di un pannello prettamente traslucido ottenuto dall'accoppiamento di una lastra di vetro con una di marmo sottile. Il vetro, circa 8 mm di spessore, viene incollato con una resina appropriata alla lastra di marmo, di spessore circa 4-6 mm. Il vetro conferisce rigidezza e forza a marmo permettendo alla luce di passare attraverso di esso e facendo acquisire alla luce la colorazione particolare del lapideo;

e) pannello con litotipo in foglio e struttura in fibre di vetro (pannello denominato *Reinforced Stone with fiber glass,* vedi *Fiber Glass* della *Fiberstone*), presenta le stesse caratteristiche dimensionali della tipologia precedente, con l'unica differenza che il rinforzo dato dalle fibre di vetro, applicate per mezzo di adesivi, lo rende più leggero, circa 18-25 kg/mq.

E' facile intuire come l'ambito di ricerca dei litotipi compositi in architettura

sia uno degli ambiti di maggiore interesse per la sperimentazione e l'innovazione tecnologica per ottenere prestazioni migliorate e capacità espressive potenziate.

5.6 Materiali legnosi/vegetali

"Il legno è universalmente disponibile e può essere facilmente lavorato con semplici utensili, per questo dall'inizio della civiltà viene utilizzato come materiale edile oppure per la realizzazione di oggetti d'uso comune e di arredi". [31]

"Grazie alle intrinseche caratteristiche di reperibilità, leggerezza, resistenza meccanica, facile lavorabilità, duttilità nella realizzazione di elementi analoghi ed intercambiabili, il legno ha accompagnato per molti secoli la creatività dell'attività costruttiva dell'uomo.

Ampiamente utilizzato per millenni nell'architettura per fabbricare l'ossatura portante di interi edifici o per realizzarne parti e componenti strutturali e di completamento, elemento fondamentale nelle opere di finitura e di decorazione, a partire dal secondo dopoguerra, nonostante numerosi esempi d'uso da parte di grandi maestri quali Frank Lloyd Wright, Alvar Aalto, Louis Kahn, ha subito una notevole flessione d'impiego. Il fenomeno è da attribuire ad una molteplicità di motivazioni di campo assai diverso, quali ad esempio la vulnerabilità al fuoco e all'umidità, il senso di precarietà che spesso gli edifici comunicano, la modesta durata in assenza di necessari quanto continui interventi di manutenzione e molte altre cause e fra esse, non da ultima, la ricerca - caratteristica dell'architettura del Novecento - dell'impiego di materiali innovativi e moderni più consoni ai nuovi principi fondanti". [32]

Alla crescente sostituzione, quindi, con materiali nuovi come acciaio e calcestruzzo, si è cercato di ovviare con la razionalizzazione dei processi produttivi e lo sviluppo di modalità costruttive più moderne. Nell'America degli ani Quaranta Konrad Wachsmann sviluppò insieme a Walter Gropius il "General-Panel-System", dove la base è costituita da un ordine di moduli, su cui è possibile unire sempre nello stesso modo pareti, soffitti e pavimenti; questo specializzò la manodopera e aumentò le potenzialità commerciali del legno.

Nonostante la diminuzione della quota di mercato il legno come materiale da costruzione è riuscito a conservare il proprio significato nel campo delle costruzioni tecniche grazie alla comparsa di derivati del legno altamente performanti e a un maggiore *know-how* tecnico. Inoltre dalla metà degli anni Ottanta l'interesse progettuale e lo sviluppo di diverse tipologie di rivestimenti esterni in legno hanno registrato un

notevole successo di interesse. Ad esempio la regione austriaca del Vorarlberg ha assunto un ruolo d'avanguardia nella sperimentazione di tecniche e tipologie di costruzioni temporanee e permanenti i legno: infatti già oltre il 20% di tutti i nuovi edifici vengono realizzati con questo materiale.

Caratteristiche dei materiali

Legno

Il legno è un materiale naturale composto da cellule definite fibre. I principali elementi chimici che lo compongono sono: 40-50% cellulosa (la sostanza naturale più diffusa la mondo, garantisce la resistenza alla trazione del legno), 20-30% emicellulosa o semicellulosa (sostanza che migliora invece la resistenza alla compressione del legno), 20-30% lignina (sostanza anelastica che conferisce rigidità e resistenza a compressione alle pareti cellulari) e fino ad un 10% di altre sostanze e ceneri.

Riferendoci all'ambito specifico della ricerca che riguarda l'involucro architettonico nella sua declinazione traslucida, come verrà trattato più avanti in riferimento anche al legno, possiamo dire che il materiale legno, in questa applicazione di 'pelle' esterna, soddisfa i requisiti tipici di tale elemento architettonico: esso infatti possiede un'elevata resistenza in rapporto ad un esiguo peso proprio, una buona lavorabilità, che oggi può avvalersi di tecniche di lavorazione altamente sviluppate, una cospicua resistenza alla trasmissione del calore, un buon comportamento al fuoco (se correttamente dimensionato) ed una ridottissima sensibilità agli sbalzi di temperatura, poiché la dilatazione termica del legno è trascurabile, in quanto parzialmente compensata dal ritiro legato alla diminuzione di umidità. Oltre alle favorevoli caratteristiche prestazionali, il materiale legno, in relazione alle circa 300.000 specie di legno note al mondo, di cui 500 vengono commercializzate sui mercati internazionali, possedendo una notevole variabilità cromatica, di venatura e non da ultimo di formato consente di realizzare rivestimenti diversi e di grande pregio.

Riassumendo, tra i più importanti aspetti legati alle proprietà di questo materiale, in particolare per quanto riguarda la realizzazione di involucri esterni, vi sono:

- materia prima rinnovabile;
- funzione di accumulatore di anidride carbonica (riduzione della concentrazione di CO_2);
- buon bilancio ecologico fra fasi di produzione, di impiego e di riciclo;



Tipologie di legni di conifere(secondo la norma DIN 4076):
abete americano;
abete rosso;
pino silvetstre;
larice europeo;
pino a ombrello;
abete bianco;
western hemlock;
western red cedar.
Tipologia di legni di latifoglie:
acero;
azobe;
faggio rosso;
quercia;
meranti rosso scuro;
merbau;
robinia;
teak.

• comportamento igroscopico, che richiede la compensazione dell'umidità nel caso questo materiale venga impiegato come rivestimento di controfacciata (il contenuto di umidità, che influisce su comportamento del materiale, dipende dalle condizioni climatiche in cui è posto);
• bassa conducibilità termica e contemporaneamente buona capacità di accumulo termico;
• elevata resistenza con peso minimo (capacità portante);
• elevato numero di specie diverse con particolari caratteristiche differenti fra loro per colore, texture e odore;
• grande offerta di prodotti del legno e suoi derivati ottenuti e trattati con tecniche di lavorazione ampiamente sviluppate;
• possibilità di utilizzare specie legnose ad elevata resistenza in esterni senza ulteriori rivestimenti.

Tipi di legno	Abbreviazione secondo la norma DIN 4076	Densità[1]	Resistenza alla compressione parallelamente alle fibre	Resistenza alla trazione parallelamente alle fibre	Conducibilità termica[2]	Coefficiente di accumulo termico	Coefficiente di resistenza alla diffusione del vapore[3]	Rapporto radiale tra rigonfiamento e ritiro [% ogni 1% di variazione dell'umidità del legno]	Rapporto tangenziale tra rigonfiamento e ritiro [% ogni 1% di variazione dell'umidità del legno]	Resistenza del midollo ai funghi	Resistenza del midollo agli insetti
		[kg/m³]	[N/mm²]	[N/mm²]	[W/mK]	[kJ/m³K]	[–]			[classe 1–5]	[classe 1–5]
Legno di conifere											
Abete americano	DGA	510–580	42–68	82–105	0,12	660–750	n.c.	0,15–0,19	0,24–0,31	3	3
Abete rosso	FI	430–470	43–50	90	0,09–0,12	560–610	88	0,16–0,19	0,29–0,36	2	2
Pino (pino silvestre)	KI	510–550	55	104	0,12–0,14	660–720	68	0,16–0,19	0,29–0,36	2–3	2
Larice	LA	540–620	55	107	0,11–0,13	700–810	302	0,14	0,29–0,3	3	4
Pino a ombrello	PIP	510–690	41–58	105	n.c.	660–900	n.c.	0,18	0,29–0,33	3	2–3
Abete (abete bianco)	TA	430–480	47	84	0,10–0,13	560–620	n.c.	0,12–0,16	0,28–0,35	2	2
Western hemlock	HEM	460–500	36–55	68	n.c.	600–650	n.c.	0,11–0,13	0,24–0,25	2	2
Western red cedar	RCW	360–390	29–35	80–93	0,09	470–510	n.c.	0,07–0,09	0,20–0,24	5	4
Legno di latifoglie											
Acero	AH	610–660	58–62	82–100	0,15	790–860	71	0,10–0,20	0,22–0,30	1	1
Azobe (Bongossi)	AZO	1020–1120	87–108	150–215	n.c.	1330–1460	n.c.	0,30–0,32	0,4	5	5
Faggio (faggio rosso)	BU	700–790	62	135	0,15–0,17	910–1030	86	0,19–0,22	0,38–0,44	1	2
Quercia	EI	650–760	65	90	0,13–0,21	850–990	140	0,18–0,22	0,28–0,35	4	4
Meranti, rosso scuro	MER	540–760	51–65	120–165	n.c.	700–990	n.c.	0,14–0,18	0,29–0,34	4	3–4
Merbau	MEB	810–900	59–82	140	n.c.	1050–1170	n.c.	0,13	0,26	5	4–5
Robinia	ROB	740–800	58–72	120–148	n.c.	960–1040	n.c.	0,17–0,24	0,32–0,38	4	4
Teak	TEK	590–700	52–60	117	0,16–0,18	770–910	n.c.	0,13–0,15	0,24–0,29	5	5

[1] I dati si riferiscono a un'umidità media del 15%.
[2] Valori per legno da costruzione secondo la norma EN 12524: densità 500 kg/m³ = 0,13; 700 kg/m³ = 0,20; valori intermedi devono essere interpolati.
[3] A causa della complessità dei fattori, la ARGE Holz ha ipotizzato per i tipi di legno indicati un valore orientativo semplificato di 40; la norma EN 12524 prevede per il legno da costruzione, in funzione della densità: 500 kg/m³ = 20/50; 700 kg/m³ = 50/200.

Anisotropia

Si definisce anisotropa una sostanza che presenta caratteristiche e comportamenti diversi nelle varie direzioni cui è sottoposta. L'anisotropia del legno è dovuta all'orientamento longitudinale delle fibre di cui è composto rispetto alla direzione di crescita del tronco e dei rami. Questa circostanza influisce sulle sollecitazioni massime ammesse; ad esempio, secondo la norma DIN 1052 nel legno di abete rosso, parallelamente alle fibre sono ammessi valori fino a 11 N/mmq per la compressione e fino a 9 N/mmq per la trazione, mentre trasversalmente alle fibre, fino a 2,5 N/mmq per la compressione e fino a 0,05 N/mmq per la trazione. Altro effetto dell'anisotropia riguarda l'entità del rigonfiamento e del ritiro tangenziale, che nell'abete è oltre 25 volte superiore che in direzione longitudinale.

Peso specifico

Il peso specifico è una caratteristica che esercita un influsso fondamentale sulla resistenza statica del legno. Il peso specifico della pura sostanza delle pareti cellulari è, per tutte le specie legnose, pari a circa 1,5 g/cm^3.

Umidità

L'umidità del legno (U_m) in un albero vivente ammonta fino al 70% della massa. Nei tipi di legno che vengono utilizzati in edilizia, il punto di saturazione delle fibre viene raggiunto a U_m=30-35%. Secondo la norma DIN 4074 il legno deve essere posto in opera con un'umidità massima del 20%; nelle finiture realizzate in legno il limite è 18% e negli elementi incollati è del 15%. La fase quindi di essiccamento, naturale o artificiale che sia, è fondamentale per la buona resa del materiale.

Proprietà termoisolanti

Grazie alla sua struttura porosa e al peso specifico di livello medio, il legno presenta buone proprietà di isolamento termico e una piacevole temperatura superficiale. La conducibilità termica del legno di conifere è di circa 0,13 W/mK, quella del legno di latifoglie di circa 0,20 W/mK. La conducibilità termica dipende dalla direzione delle fibre del legno, dalla densità e dall'umidità.

La buona capacità specifica di accumulo termico del legno (1,67 kJ/kgK con umidità del 15%) può influire sul microclima interno. Mentre il coefficiente di dilatazione termica, estremamente ridotto rispetto ad altri materiali, è regolamentato dalla norma DIN 1052.

Bambù

In occidente le potenzialità del bambù come materiale da costruzione sono ancora poco conosciute. In realtà è un materiale dotato di ottime proprietà meccaniche e con un elevato modulo di elasticità che permettono di utilizzarlo anche per strutture tipologicamente molto complesse.

Il bambù è un vegetale (considerato un erba, e precisamente una graminacea) con un rapidissimo ciclo di crescita tanto che già nel primo anno è in grado di raggiungere i 15 metri di altezza, mentre il climax lo raggiunge in soli 4 anni. Il bambù ha anche delle eccezionali capacità di contrastare l'inquinamento atmosferico: una piantagione è in grado di catturare fino a 17 tonnellate di carbonio per ettaro all'anno, 40 volte superiore a quella assorbita da un bosco della medesima estensione. Ecco perché è considerato oggi uno degli elementi chiave per l'evoluzione sostenibile della produzione edilizia nei paesi in via di sviluppo, e non solo. Interessante a questo proposito è paragonare il

bilancio energetico (energia richiesta per la produzione) di alcuni tipi di materiale da costruzione (MJ/m^3 per N/mmq):

cemento: 240
acciaio 1.500
legno 80
bambù 30

La sua resistenza e leggerezza lo rendono paragonabile alle prestazioni dell'acciaio tanto che è stato definito appunto come "acciaio naturale". In edilizia il bambù non viene utilizzato solo come elemento colonna/trave, ma viene impiegato anche nella produzione di: pannelli BMB *(bamboo-mat boards)* per la costruzione di porte, pareti divisorie, scatole, ecc.; pannelli laminati LBL (*laminated bamboo lumber*) con elevata resistenza alla flessione; pannelli prefabbricati di bambù e cemento; pannelli per pavimentazioni.

Principali prodotti e lavorazioni per involucri esterni

Oltre alla funzione di proteggere dall'umidità (soprattutto dagli agenti atmosferici) e di neutralizzare gli effetti della temperatura (isolamento termico invernale ed estivo), dalla radiazione solare e dal vento, i rivestimenti esterni hanno soprattutto lo scopo di conferire all'edificio il suo aspetto esteriore. Scegliendo il legno come materiale da costruzione si hanno a disposizione, a seconda del taglio, accanto a rivestimenti di piccolo formato (scandole, tavole, listelli) anche rivestimenti a pannelli di vario formato. Negli ultimi anni è stato sviluppato un grande numero di nuovi prodotti in legno massiccio e di materiali a base di legno, il che ha reso disponibili legni con una ridotta alterazione della materia prima che garantiscono ugualmente un alto livello qualitativo.
In particolare in questa sede verranno trattati quei prodotti del legno scelti per involucri esterni, il cui utilizzo sia finalizzato alla realizzazione di effetti di traslucenza. Tale analisi nasce dalla consapevolezza dello sviluppo di sempre maggiori esigenze di controllo negli edifici da un lato della luminosità interna, del fattore cioè di irraggiamento diretto, e di elevati standard di isolamento termico. A tale proposito l'architettura contemporanea ha risposto sviluppando l'utilizzo di componenti esterni di protezione realizzati con elementi sottili in legno o grigliati di fibre vegetali o altro, capaci di creare molto spesso quinte di facciate, che siano una 'seconda pelle' per logge e balconi o rivestimenti di pareti, molto suggestive per i particolari giochi di luci e trasparenze sia di giorno che di notte. Inoltre si apprezza l'effetto dinamico dato a questi involucri dato dalla movimentazione di elementi come *brise-*

soleil, frangisole o persiane scorrevoli, che rendono sempre variabile l'assetto di facciata di un edificio.

Legname da taglio per costruzioni, legno massiccio di latifoglie e aghifoglie

Il legname da taglio usato per le costruzioni si ottiene dal legname tondo tagliato e profilato. Il procedimento è:

- taglio con seghe alternative o a nastro;
- essiccamento all'aria aperta e/o con metodi artificiali;
- selezione visiva in base alla resistenza;
- eventuale incastro a cuneo e incollaggio dei legni;
- eventuale piallatura e smussatura;
- eventuale profilatura.

Legno lamellare incollato (BSH)

Il legno lamellare è un legno massiccio migliorato in cui la diminuzione della resistenza dovuta ai difetti naturali viene in parte compensata. È composto da almeno tre tavole o lamelle di legno di aghifoglie incollate con le fibre disposte nella stessa direzione. Questo procedimento dà la possibilità di realizzare oltre a componenti semplici e rettilinei anche forme di sezione variabile e/o curvatura semplice o doppia o torsione lungo l'asse longitudinale.

Tavole e listelli profilati

Il legname piallato e profilato viene segato, piallato e fresato partendo dal legno in tronchi. Oltre alle forme e alle dimensioni previste dalle norme DIN 4072 e DIN 68126 parte1, si possono ricavare numerose varianti nei profili e nelle dimensioni. Inoltre di seguito si riportano le principali caratteristiche a cui debbono assolvere:

- 1 o 2 classe carpenteria norma CEE;
- stagionatura con grado di umidità interna non superiore a 12%;
- massa sana scevra di nodi, eventualmente ben legati;
- essenza del legno extra cuore con alburno inferiore al 3% della superficie esente da tracce di rosato o marciscenze.

Trattamenti

Il legno non trattato tende ad assumere una tonalità grigia a causa degli agenti atmosferici e dell'azione delle radiazioni ultraviolette. Le lignina presente nel legno viene decomposta dalla foto-ossidazione e lavata dalla pioggia. Ne consegue la dissoluzione delle fibre negli starti superficiali e, a seconda della specie legnosa, l'infestazione di funghi che sbiadiscono il legno.

A seconda della loro natura gli elementi lignei possono essere

opportunamente trattati per evitare l'insorgere di patologie legate ad attacchi biotici e chimici, contro cui si può agire con trattamenti quali l'impregnazione, la verniciatura trasparente che forma un film sottile, la laccatura che crea una pellicola compatta, l'oliatura mediante olio di lino o alle erbe e rivestimenti con vari materiali.
Queste protezioni hanno raramente una lunga durata, per cui sarebbe opportuno ripeterle in modo programmato anche dopo la posa in opera.
Se si può considerare il legno un materiale compatibile con l'ambiente, non si deve trascurare il fatto che le vernici protettive e le resine (fenoliche, ureiche) matrici dei composti a base di legno, rilasciano emissioni di formaldeide altamente tossiche, che oltretutto costituiscono una fonte di inquinamento che preclude ai prodotti lignei così trattati cicli di riciclaggio.

Note

[1] Il manuale di Mutti e Provenziani, Tecniche costruttive per l'architettura, identifica i rivestimenti metallici, insieme ai materiali in fibro-cemento e ai laminati ad alta pressione, tra i "Rivesimenti in materiali non tradizionali", in contrapposizione a quelli tradizionali rappresentati dalle pietre. Si legge:"I rivestimenti in materiali letallici sono per lo più utilizzati nell'edilizia non residenziale per motivi analoghi a quelli già visti a proposito dei pannelli leggeri". (...) "Non estraneo alla limitata diffusione in campo residenziale è l'atteggiamento di tipo psicologico mostrato dall'utente, che porta a preferire soluzioni abitative caratterizzate da solidità e compattezza." A. MUTTI, D. PROVENZIANI, Tecniche costruttive per l'architettura, Edizioni Kappa, Roma, 1989, pg. 274.

[2] TATANO V. (a cura di), Materiali naturartificiali. Tendenze innovative nel progetto di architettura, Officina edizioni, Roma, 2006, pg.10

[3] MANZINI E., La materia dell'invenzione, Arcadia, Milano, 1986, pg. 31-32

[4] GIORDANO-ORSINI G., GUSMANO G., Introduzione alla scienza dei materiali, in Aimat (a cura di), Manuale dei materiali per l'ingegneria, Mc Graw-Hill, Milano, 1996, pg.1

[5] Ibidem

[6] CIRIBINI G., Introduzione alla tecnologia del design, Angeli, Milano, 1979, pg.20

[7] DEL NORD R., Presentazione, in M.C. Tonelli-Michail, L'avventura dell'innovazione, Alinea, Firenze, 1996, pg.7

[8] SINOPOLI N., La tecnologia invisibile, Angeli, Milano, 1997, pg.21

[9] UNI 10838/1999

[10] PORTOGHESI P., Editoriale , in MATERIA n.41/2003, Architetture di vetro, Motta Editore

[11] GIBERTI M., Trasparenza letterale e fenomenica nell'uso di tecnologie permeabili, in MATERIA n.41/2003, Architetture di vetro, Motta Editore, pg.30

[12] SIRAGUSA L., Prodotti vetrosi, in Materiali naturartificiali, V. TATANO (a cura di), Officina Edizioni, Roma, 2006

[13] JETZT C., Vetri a prestazioni combinate, in DETAIL n.10/2004, Costruire con il vetro, pg.1160

[14] SCHITTICH C., STAIB G., BALKOW D., SCHULER M., SOBEK W., Atlante del vetro, UTET, Milano, 2000, pg.61

[15] COMPAGNO A., Il vetro in edilizia. Sviluppi e tendenze, in Trasparenze - vetri, plastiche e metalli, a cura di F. Kaltenbach, edizione italiana a cura di E. De Angelis, UTET, Torino 2007, pg.10

[16] COMPAGNO A., Il vetro in edilizia. Sviluppi e tendenze, op. cit., pg. 10

[17] HERZOG T., KRIPPNER R., LANG W., Atlante delle facciate, UTET, Milano, 2004, pg.189

[18] KALTENBACH F., Trasparenze, vetri plastiche e metalli, UTET Scienze Tecniche, Monaco, 2007

[19] KALTENBACH F., Trasparenze, vetri plastiche e metalli, UTET Scienze Tecniche, Monaco, 2007

[20] SCHITTICH C., Editoriale, in DETAIL n.05/2008, Materiali plastici

[21] STATTMAN N., Bioplastiche, in DETAIL 5/2008, pg. 516

[22] PORTOGHESI P., I metalli nell'architettura, in MATERIA n.54/2007, Motta editore, Milano 2007

[23] TATANO V., Armature urbane, in MATERIA n.54/2007, Motta editore, Milano 2007

[24] CONTI C., Tecniche attuali per un materiale antico, in MATERIA n.54/2007, Motta editore, Milano 2007

[25] KALTENBACH F., Trasparenze, vetri plastiche e metalli, UTET Scienze

Tecniche, Monaco, 2007

[26] Di seguito le abbreviazioni utilizzate dalla norma DIN 4189 per le perforazioni:

- a_0 perforazione relativamente libera
- a_1 prima dimensione esterna di lastra
- a_2 misura per superficie forata parallela alla misura di lastra a_1
- b_1 seconda dimensione esterna di lastra
- b_2 misura per superficie forata parallela alla misura di lastra b_1
- c larghezza della cartella
- c_1 cartella laterale (perforazione longitudinale)
- c_2 cartella laterale (perforazione longitudinale)
- e_1,e_2 larghezza della striscia perimetrale parallela alla misura a_1
- f_1, f_2 larghezza della striscia perimetrale parallela alla misura b_1
- F dimensioni della lastra forata in mq senza bordo
- G_L peso della lastra forata in kg
- k gioco
- l lunghezza foro
- L perforazione longitudinale
- L_g, L_{ge} perforazione longitudinale su righe diritte (e=perforazione longitudinale agli angoli)
- L_v, L_{Ve} perforazione longitudinale su righe sfalsate (e=perforazione longitudinale agli angoli)
- N numero dei fori sulla superficie F, ossia N=n*F
- n numero dei fori per mq
- Q perforazione quadrata
- Q_g perforazione quadrata su righe diritte
- Q_v perforazione quadrata su righe sfalsate
- Q_d perforazione quadrata su righe diagonali
- R perforazione tonda
- R_g perforazione tonda su righe diritte
- R_v perforazione tonda su righe sfalsate
- R_d perforazione tonda su righe diagonali
- s spessore di lastra
- t suddivisione dei fori
- t_1 suddivisione trasversale
- t_2 suddivisione longitudinale
- w larghezza di perforazione
- w_e misura angolare per foro quadrato we=1,414*w

[27] DI SIVIO M., Atlante della pietra, UTET Scienze Tecniche, Torino, 2004

[28] Il sistema, sviluppato dalla SD, garantisce la protezione chimico-fisica del materiale lapideo e una durabilità, senza alterazioni, dell'unione dei due materiali, il che consente a queste sottili lamine di marmo traslucido di conservare nel tempo la loro soffusa luminosità.

[29] I progetti citati sono stati realizzati con prodotti della ditta francese Fiber Stone, ossia compositi di marmo abbinato a vetro o fibre di vetro attraverso film polimerici che realizzano unioni strutturali, ottenendo un versatile effetto di filtraggio della luce esterna, morbido e naturale, nonché un'interessante soluzione espressiva delle facciate, per altro molto durevoli e che necessitano, dopo la posa, di poca manutenzione, proprio grazie al tipo di materiali impiegati.

[30] da "The Japan Architect", n. 38/2002

[31] AUCH-SCHWELK H., ROSENKRANZ F. (a cura di), Atlante dei materiali, UTET Scienze Tecniche, Monaco, 2005

[32] GATTI M.P., Edifici con la pelle in legno.Tradizione e innovazione, in MATERIA n.57/2008, Motta Editore, Milano

6.1 Innovazione e materiali traslucidi

6.2 Classificazione dei principali percorsi evolutivi

6.3 Il rapporto fra progetto e materiali innovativi

6.4 Frontiere dell'innovazione per la traslucenza

6

Innovazione materica per gli involucri traslucidi

"...così ragiona immaginandosi uccello,
il signor Palomar.
Solo dopo aver conosciuto
la superficie delle cose -
concludendo - ci si può
spingere a cercare quel che c'è sotto.
Ma la superficie delle cose è inesauribile"
I. Calvino, "Dal terrazzo", *Palomar*, 1983

6.1 Innovazione e materiali traslucidi

L'innovazione tecnologica, gli effetti economici della globalizzazione, la necessità di aderire ai sistemi di qualità e l'esigenza di garantire uno sviluppo sostenibile, costituiscono alcuni dei più importanti fenomeni che negli ultimi decenni hanno influito sulla produzione industriale.
Tra i settori caratterizzati da una maggiore capacità trainante, quello relativo alla ricerca e allo sviluppo di **nuovi materiali**, occupa sicuramente una posizione di rilievo. Progresso scientifico e innovazione tecnologica hanno moltiplicato il numero di materiali disponibili, creandone di nuovi, ma anche modificando o combinando fra loro quelli già esistenti: oggi i nuovi materiali possono essere progettati su misura per soddisfare richieste molto specifiche, intervenendo sulle loro funzionalità, processabilità, sull'aspetto e persino sul contenuto di informazione incorporata.
Tutto questo ha determinato il fatto che il progetto di architettura non è più tenuto ad adeguarsi ai limiti imposti dalle proprietà della materia, ma sono piuttosto le caratteristiche stesse dei materiali che vengono progettate in funzione delle esigenze. I nuovi materiali hanno, quindi, "sconvolto i tradizionali paradigmi progettuali e rivoluzionato i vecchi rapporti di prestazione tra resistenza e leggerezza, densità e trasparenza, durezza e flessibilità."[1] Oggi l'industria offre ai progettisti nuovi materiali che consentono di sperimentare infinite soluzioni tecniche e formali.
Raramente però accade che tali potenzialità vengano realmente sfruttate a pieno. D'altra parte sul mercato esistono materiali ad elevatissime prestazioni, come superpolimeri, compositi avanzati, leghe speciali, ecc.., nati per altre applicazioni, che, trasferiti ai settori dell'edilizia e del design, permetterebbero di realizzare elementi strutturali, e non, molto leggeri pur garantendo livelli prestazionali elevati. L'uso di questi materiali (in particolare nelle applicazioni che richiedono un elevato rapporto resistenza/peso - recupero strutturale,

costruzioni temporanee o destinate ad ambienti estremi, coperture di grande luce), sinora giudicati troppo avanzati e costosi per un settore restio alle innovazioni come quello delle costruzioni, condurrebbe a forti risparmi, che spesso non vengono valutati, non solo in termini di risorse impiegate, ma anche energetici, legati alla semplificazione dei processi di produzione e trasformazione.

"Lo studio dei materiali innovativi ha visto diverse fasi evolutive: dopo la fase dei **materiali a complessità 'controllata'**, in cui l'obiettivo era quello di produrre materiali perfetti, privi di impurità ed anisotropie, la ricerca ha aumentato le proprie capacità di intervento sulla materia fino ad essere in grado di manipolarla entrando sempre più in profondità nella sua struttura molecolare. Manzini ha definito quest'ultima fase appunto come quella dei **materiali a complessità 'gestita'**, nella quale imperfezioni e anisotropie vengono appositamente progettate e realizzate per ottenere prestazioni molto precise e puntuali. E' proprio nel *La materia dell'invenzione* che Ezio Manzini chiama questi materiali ***zelig,*** perché possono assumere mille volti come il personaggio camaleonte del film di Woody Allen, ma anche 'immateriali', poiché si sottraggono alla concezione tradizionale di materia intesa come entità inerte e resistente alle trasformazioni".[2]

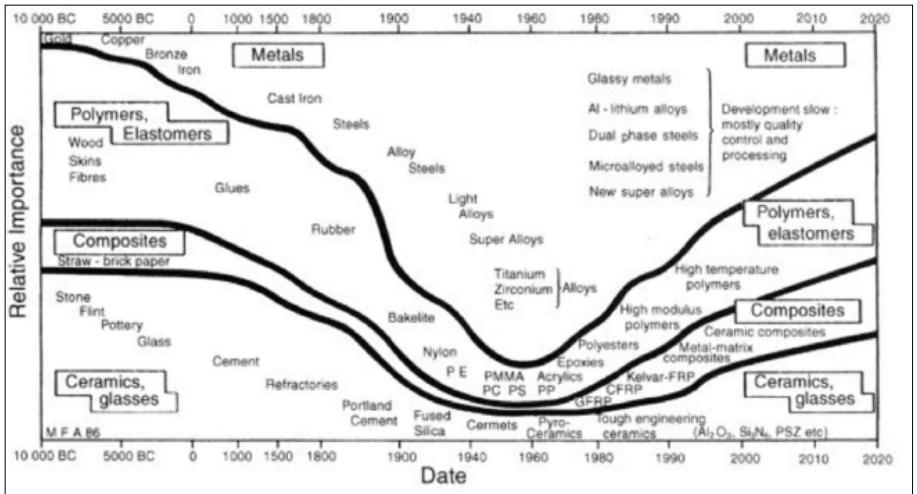


diagramma di Ashby, EVOLUZIONE E IMPORTANZA RELATIVA DEI MATERIALI

6.2 Classificazione dei principali percorsi evolutivi [3]

Lo scenario dei nuovi materiali si presenta sempre più come un *continuum* di proprietà e possibilità in perenne trasformazione in cui spesso si verificano sovrapposizioni e sostituzioni. In tale ottica può essere ancora valida una suddivisione in famiglie di materiali, purché siano molto flessibili e dai confini indefiniti.

"L'ipotesi posta alla base della costruzione di tale quadro è che l'evoluzione è caratterizzata dall'aumento dell'incidenza di alcuni fattori insiti nei materiali, definiti **fattori evolutivi**, essi tendono ad aumentare con il procedere dell'evoluzione; e sono:

- **contenuto di informazione inglobata nel materiale**: la smaterializzazione rappresenta uno degli effetti più evidenti della presenza dell'informazione negli oggetti, che diventano portatori di informazioni più che di massa e consistenza. Tale caratteristica corrisponde sia ad un maggiore contenuto di progettazione, sia ad una possibilità di integrazione nel materiale di proprietà di sensibilità (ad esempio i fogli di materiale piezoelettrico, cfr. "facciata molle" di Jean Philippe Poirèe-Ville);
- **integrazione della prestazioni**: ottenere quindi da un unico materiale diverse prestazioni integrate (ad esempio la vernice luminosa *Lux-Print* prodotta dalla *DuPont*);
- **complessità delle prestazioni**: capacità del materiale di essere considerato e funzionare come sistema di in grado di fornire prestazioni molto specifiche e complesse. Ad esempio materiali capaci di fornire prestazioni molto simili a quelle dei materiali 'biologici', come lo *Stomatec*, tessuto in neoprene per abbigliamento sportivo prodotta dalla *Sheico Group*, traspirante ed isolante;
- **incidenza e complessità dei processi di trasformazione**: consta nella valutazione della sempre maggiore integrazione nell'evoluzione della scienza dei materiali fra materiali stessi e processi produttivi e loro adattamenti (ad esempio tessuti laminati prodotti dalla *DuPont* come il tessuto *Avantige+Lycra* ottenuto dall'acciaio).

La crescita dei suddetti fattori evolutivi induce a ipotizzare uno scenario futuro che vedrà materiali sempre più complessi e dunque **sempre più simili a sistemi biologici**.

Nel quadro evolutivo ipotizzato sono stati individuati quattro '**gradi evolutivi**', che costituiscono gli stadi parziali dei percorsi individuati e la cui definizione è scaturita dall'osservazione delle logiche progettuali poste alla base della creazione dei nuovi materiali.

MATERIALI 'BULK'

Materiali con proprietà omogenee nella loro massa, la cui essenza coincide con una o più proprietà semplici (ad esempio barriera all'acqua, resistenza meccanica o trasparenza); tali proprietà risultano invariabili ed immodificabili (cfr. polimeri di massa: PVC, PP, PS, ecc.).

MATERIALI 'COMPOSITI'

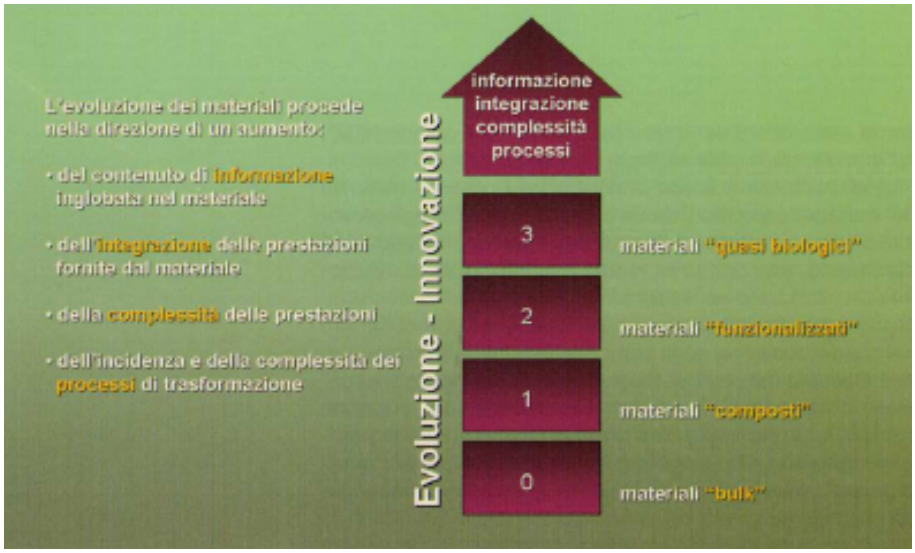
Materiali messi a punto su misura che integrano prestazioni semplici diverse, combinando proprietà provenienti da diversi materiali (ad esempio i compositi, i laminati, le nuove leghe polimeriche o i tecnopolimeri).

MATERIALI 'FUNZIONALIZZATI'

Materiali ottenuti tramite manipolazioni molecolari, che, oltre ad integrare diverse prestazioni, inglobano comportamenti semplici, predeterminati e dunque prevedibili. Appartengono a questa categoria i materiali definiti 'a memoria di forma' o i cosiddetti 'vetri intelligenti', in grado di rispondere, con specifiche reazioni, a sollecitazioni provenienti dall'esterno.

MATERIALI 'QUASI BIOLOGICI'

Materiali che inglobano comportamenti complessi e processi informativi, caratterizzati da proprietà biologiche (auto-organizzazione, ridondanza, autonomia, compatibilità con i cicli naturali), che li rendono in grado di selezionare informazioni e rispondere in maniera autonoma alle sollecitazioni esterne. Nessun materiale esistente può essere inserito ancora in questa categoria, ne sono precursori gli *smart materials* e i *materiali biomimetici.*



Graficizzazione delle relazioni esistenti tra evoluzione dei materiale, caratteri evolutivi e gradi evolutivi. grafico Langella Carla.



"Corian®Lumières Nouvel", installazione multisensoriale ideata da Jean Nouvel per la DuPont a Milano nel 2007

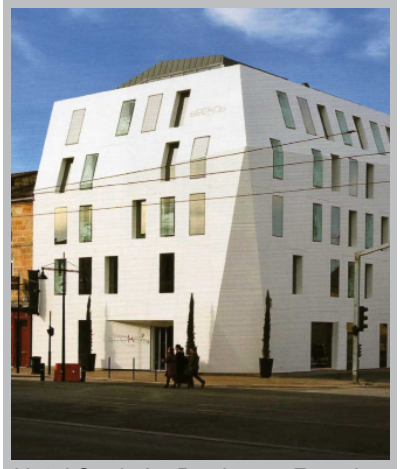


Installazione di Marc Newson dal titolo 'Diod' per "De-Lighted by Corian" al Magna Pars al Salone del Mobile di Milano nel 2003

6.3 Il rapporto fra progetto e materiali innovativi

L'innovazione nel campo dei materiali costituisce un'importante risorsa per il progetto di architettura e di design, che hanno a disposizione materiali e prodotti sempre nuovi, ricchi di potenzialità non solo tecniche e prestazionali, ma soprattutto espressive e comunicative.
La scienza dei materiali crea contemporaneamente sia nuovi sistemi materici destinati ad applicazioni molto specifiche, sia tecnologie di trasformazione avanzate necessarie alla loro realizzazione.
"Con la definizione quindi di 'materiali innovativi avanzati' vengono indicati quei materiali (ceramici, metallici, polimerici) progettati su misura per soddisfare una o più esigenze. Tali materiali si differenziano da quelli convenzionali perché sono stati 'funzionalizzati' mediante modifiche chimiche e fisiche, che hanno conferito loro particolari proprietà che li rendono in grado di svolgere le funzioni richieste dal progetto. Questo tipo di specializzazione del materiale è diventato possibile grazie ad alcuni importanti progressi nell'avanzamento delle ricerche sulle relazioni esistenti fra microstruttura e proprietà macroscopiche, nello sviluppo delle tecnologie di processo e di lavorazione e nell'evoluzione delle tecniche sperimentali."[4]
Il rapporto fra progettualità architettonica o di design e conoscenza degli specifici comportamenti dei materiali è molto cambiato: le potenzialità dei materiali innovativi consentono, non solo di ottenere un'efficacia funzionale in passato impensabile, ma anche di ricavare nuovi stimoli formali ed estetici e nuovi strumenti simbolici. E' proprio l'approccio progettuale che sta cambiando, se fino a poco tempo fa prima si pensava all'oggetto architettonico da realizzare e poi si sceglievano, in base ad una analisi quanti-qualitativa della tecnologia da utilizzare, i materiali più idonei da utilizzare; ora, soprattutto nella progettazione degli involucri architettonici, la presenza consistente di materiali innovativi richiede una filosofia completamente diversa: il materiale può essere progettato, quindi il processo del progetto di architettura non può prescindere dal progetto stesso del materiale.
Alcune aziende produttrici di tali materiali innovativi chiamano designer ed architetti famosi ad esplorare le possibilità espressive offerte dai nuovi materiali. E' il caso della *DuPont*, che ha invitato grandi interpreti del mondo del design ed dell'architettura ad indagare le qualità del *Corian* in relazione alla luce. Il *Corian* è un materiale costituito da minerali naturali inglobati in resina acrilica ed ha caratteristiche di traslucenza, resistenza, flessibilità e impermeabilità.
Per il design James Irvine, Ross Lovergrove e Marc Newson, che si

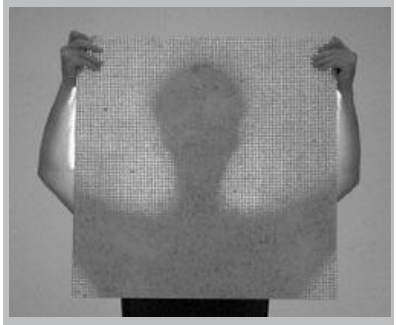
sono espressi nell'installazione "***De-Lighted by Corian***" presentata al *Magna Pars* in occasione del Salone del Mobile di Milano nel 2003, in cui si mettevano in evidenza le proprietà di traslucenza attraverso la retroilluminazione e la possibilità di ottenere infinite forme.
L'Atelier d'architecture King Kong, degli architetti Paul Marion, Jean-Christophe Masnada, Frederic Neau e Laurent Portjoie, ha progettato invece a Bordeaux l'**Hôtel Seeko'o**, il primo edificio a presentare un rivestimento esterno interamente realizzato in *Corian,* materiale che ha contribuito fortemente alla iconicità di questo hotel a cinque stelle, spiccando nel *waterfront* nord della città, sulla riva della Garonna, in un contesto omogeneo di edifici storici dalle alte facciate in pietra.
La possibilità quindi di mettere a punto una specifica progettualità dei materiali costituisce una grande opportunità per il progetto d'architettura o di design, in funzione di nuove qualità fornite dai materiali innovativi. Essi infatti consentono una progettabilità completa dell'intervento architettonico, a ogni scala dalla più generale alla più specifica; un coinvolgimento di tipo 'plurisensoriale' nei confronti del fruitore dello spazio sia interno che esterno, coinvolgendo tutti i sensi, non solo quello della vista.
Inoltre grandi passi avanti sono stati fatti nella ricerca di questi materiali di conquistare la 'leggerezza', sulla scia di Buckminster Fuller con i suoi concetti di *tensegrity* e *dymaxion*, oggi con le strutture pneumatiche e le tensostrutture si è giunti ad una ottima consapevolezza della materia, ne sono esempio progetti come il **Millenium Dome** a Greenwich a Londra, progettato da Richard Rogers per le celebrazioni del 2000, ed in molteplici progetti che utilizzano involucri in *Teflon* e *EFTE*, capaci di caratterizzazioni luminose degli spazi architettonici interni ed esterni particolarmente scenografiche.
Caratteristiche inoltre come l'interattività, legata al grande potere di comunicazione dei materiali scelti per gli involucri architettonici, la flessibilità, la programmazione della loro durata e la loro riciclabilità o il loro basso impatto ecologico di impiego, determinano ciò che oggi vengono chiamati ***smart materials***, progettati cioè in modo tale da prevedere la tipologia e l'entità di una loro reazione programmata in funzione di ogni stimolo (meccanico, acustico, termico, luminoso, elettrico, ecc.) proveniente sia dai fruitori sia dall'ambiente interno o esterno ad essi.



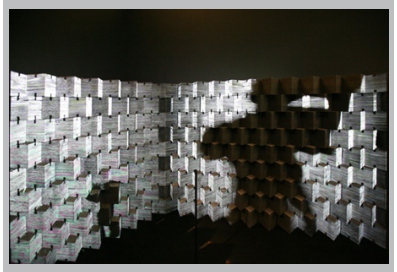
Hotel Seeko'o, Bordeaux, Francia iò primo edifico con involucro esterno realizzato in Corian

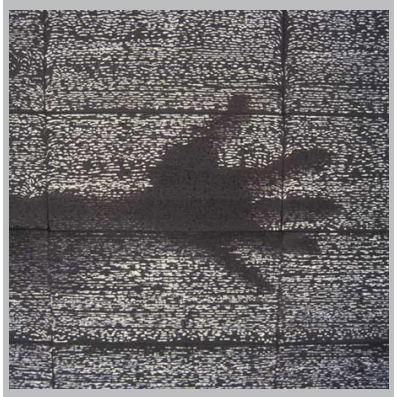


Vista dall'alto del Millenium Dome di Richard Rogers a Greenwich, Londra









Immagini di esperienze sensoriali con prodotti on conglomerato traslucido. www.litracon.hu

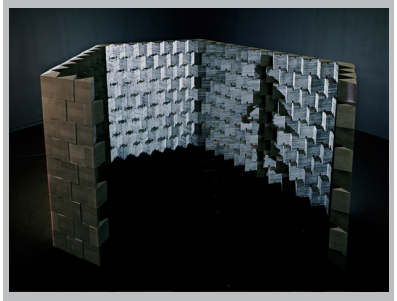
6.4 Frontiere dell'innovazione per la traslucenza

Quando la ricerca è indirizzata alla leggerezza ed all'estremo assottigliamento, abbiamo incontrato pietre naturali o composite, diafane e sottili fino a consentire di vedere loro attraverso. Difficile, invece, combinare mentalmente l'idea di solidità e pesantezza alla condizione di traslucenza, la magia della penetrabilità della luce.
Uso massivo della materia e trasparenza sono sempre stati valori disgiunti, negli ultimi anni viene sviluppata l'idea di avere queste proprietà in un unico materiale: un **conglomerato cementizio traslucido**.
Come il vetro ormai non più solo trasparente ma anche opaco, non più fragile ma anche strutturale, così il calcestruzzo può divenire semitrasparente, rimanendo "pietra artificiale" affine alla materia litica per la sua massa agglomerata e profonda, ma stupefacente per ciò che va a generarsi sulla sua superficie.
Le sperimentazioni per realizzare un materiale conglomerato che consenta l'uso massivo ed al contempo trasmetta la luce, sono avviate per opera di due ricercatori-architetti in luoghi lontani e distinti. Bill Price, architetto texano ricercatore presso l'Università di Houston, Áron Losonczi architetto ungherese, lavorano entrambi, autonomamente, al medesimo tema e immaginano di realizzare un giorno intere pareti e facciate con un materiale strutturale al contempo trasparente, nel quale si incontrino prestazioni ed espressività.
L'idea di Bill Price nasce da una visione. Guardando lo scheletro in cemento armato di un edificio in costruzione e la luce della città attraversarlo come un setaccio, ha visualizzato così il progetto: l'immagine rovescia, dove i vuoti si fanno solidi ed il calcestruzzo lascia penetrare la luce. Il sogno ha pervaso la scena sino a promettersi di trasformare la natura degli edifici con un materiale antico, aggiornato, rinnovato. L'architetto texano ha lavorato a lungo in Olanda presso Rem Koolhaas, respirando l'interessamento per l'innovazione e la comunicazione nell'architettura attraverso l'immagine ed i materiali; le opere ed i grafismi dell'architetto olandese sono impregnate di prefigurazioni alla trasparenza. Price non pubblicizza la sua ricerca e porta avanti la sperimentazione. Cerca il mix adeguato alla composizione di un calcestruzzo traslucido che possa essere plasmato nella forma desiderata, realizzando una serie di prodotti - oggetti per il design, tavoli, lampade, tubi, come anche blocchi, mattoni, lastre, pilastri - benché l'applicazione su ampia scala necessiti ancora anni di sperimentazioni.
Il campione tipo è già in produzione: aggiungendo fibre di vetro o di

plastica alla miscela del calcestruzzo, il 5% del volume del materiale prodotto può condurre la luce. Il *Pixel Panels* che Bill Price realizza è di venticinque per cinquanta centimetri, con resistenza a compressione pari a quella del cemento standard, suo opaco progenitore. Il calcestruzzo traslucido per diventare competitivo sul mercato, dovrà poter essere gettato in opera, sopportare carichi, isolare e durare tanto quanto un calcestruzzo tradizionale e le valutazioni riguardo il mantenere in essere delle sue caratteristiche principali per il momento sono in continuo approfondimento tecnologico. Price mantiene metodicamente sotto analisi il ciclo produttivo analizzando quali fasi del processo tradizionale possano essere mantenute inalterate, quali componenti invece modificate per permettere il passaggio della luce - leganti, aggregati, additivi, rinforzi, casseforme. È prevista la sostituzione degli inerti con frammenti di vetro, l'utilizzo di leganti plastici, l'adozione di armature in kevlar fino all'utilizzo di casseforme con microfori. La quantità di luce che attraversa i pannelli è determinata dalla diversificata modifica dei rapporti percentuali tra le componenti o dalla variazione progressiva di uno degli elementi del ciclo produttivo. L'iterazione degli esperimenti comporta la prova e la verifica del risultato.

Dall'altro lato Áron Losonczi, laureato a Budapest e dottore di ricerca a Stoccolma, nel 2001 mette a punto artigianalmente e brevetta il *LiTraCon,* scegliendo di portare avanti l'idea nel laboratorio della sua piccola Csongràd. Anche se nella zona è ancora opinione comune che sia una materia grigia e severa, "noiosa" e di poco valore, da nascondere piuttosto che valorizzare esteticamente, ogni due anni Csongràd ospita un workshop sul calcestruzzo a cui partecipano architetti e artisti da tutto il mondo. Il calcestruzzo è dunque materiale che conosce intimamente. Osservando poi una scultura dell'artista rumeno Varga St. Luigi, un blocco di calcestruzzo trapassato da lastre di vetro, l'immagine che combinava opacità e lucentezza, ha cominciato a pulsare nella sua mente fino a divenire, filtrata e assorbita dalle sue conoscenze, "progetto".

Light Trasmitting Concrete è un conglomerato che può fungere da conduttore della luce perchè ingloba fibre ottiche Schott nella percentuale dal 3 al 4%. La luce, sia naturale che artificiale, attraversa il blocco indipendentemente dallo spessore, illuminandolo; le ombre vengono trasmesse e sulla superficie si delinea il profilo degli oggetti post-posti. I primi campioni realizzati in forma di blocchetti, come testimoniano le prove di laboratorio, conservano le medesime caratteristiche del conglomerato cementizio ordinario. Áron Losonczi







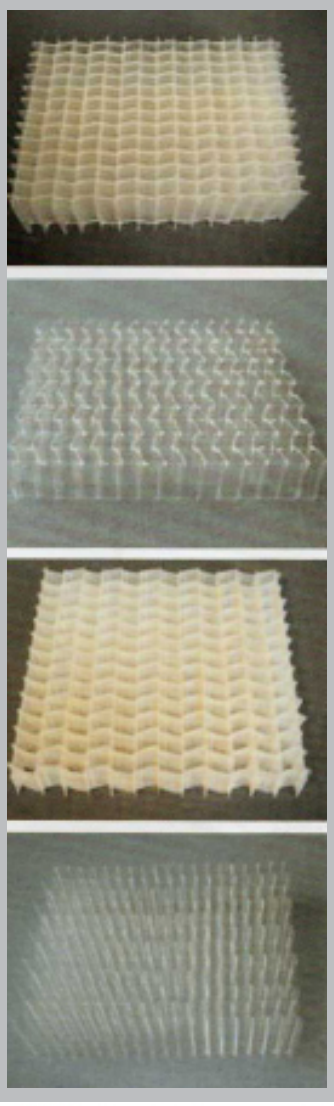
Immagini di esperienze sensoriali con prodotti on conglomerato traslucido. www.luccon.com/de

assicura che il mix di componenti può essere regolato a seconda delle esigenze e adattato ad hoc per lo specifico progetto. Al momento le fibre ottiche sono disponibili in vetro ed in plastica, nei diametri che oscillano dai 30 ai 100 micrometri per quelle di vetro, dai 0,5 ai 2,5 millimetri per quelle di plastica, capaci di trasmettere meglio i colori. Il costo di produzione tuttavia è alto, i tempi di produzione sono elevati e gli elementi attualmente in produzione hanno spessore ancora ridotto. Difficile forse che divenga un prodotto standardizzato di massa e su larga scala, quanto piuttosto è più probabile che imparando ad utilizzarlo, essendo flessibile nella produzione, si adatti di volta in volta a soddisfare diversi modelli di trasparenza richiesti dai progettisti. E certamente l'interesse non manca: Steven Holl, Herzog & De Meuron, Zaha Hadid, Jean Nouvel, Ron Arad hanno già chiesto informazioni per questa nuova pietra liquida e fantascientifica.[5]

Occasione per proseguire la ricerca sul tema non solo delle superfici traslucide, capaci di essere attraversate dalla luce, è offerta da un materiale ipertecnologico quale la **fibra ottica**. Sottili filamenti realizzati per condurre la luce, nati e sviluppati sin dagli anni '60 per il mondo delle comunicazioni, oggi il design è pronto a captare le potenzialità di questi tessili "intelligenti" esplorandone le possibili ibridazioni atte ad avvicinarli anche al quotidiano domestico, prevedendo un futuro d'ispirazione sensoriale.
Da elementi passivi a costituenti attivi immerse nella matrice del materiale, le fibre vibrano a rispondere agli stimoli esterni e variando il proprio aspetto in funzione della luce, dando vita a un composito di nuovissima generazione.
Il design giapponese è senza dubbio all'avanguardia ed eccellenti nomi - ricercatori, architetti, designer e artisti - già esplorano le potenzialità espressive dei materiali complessi delle più importanti aziende produttrici interpretando anche esteticamente tali tecnologie. ***Senseware – Tokyo Fiber '09***, mostra tenutasi presso la Triennale di Milano in occasione dello scorso Salone del Mobile, ha mostrato un saggio d'avanguardia sorprendente e avveniristica al pubblico. In questa particolare occasione **Kengo Kuma** ha affrontato il tema del calcestruzzo capace di essere attraversato dalla luce, dando vita ad un particolare prototipo di "lanterna magica".
Ad essere incluse nella matrice di conglomerato cementizio sono fibre ottiche di materiale plastico, in specifico la fibra "Eska" fornita dalla ricerca di *Mitsubishi Rayon* (Giappone) in collaborazione con *Luccon Lichtbeton* (Austria).

Il risultato è uno schermo a doppio fronte, opaco di giorno e animato al buio dalle ombre proiettate che si muovono all'interno. L'istallazione infatti mostra due fronti. Dal lato esterno una superficie liscia, trama di mattoncini grigi, sulla quale vengono proiettate luci e colori; dall'altro, il lato interno dell'istallazione dove la luce viene trasportata dalle fibre e cresce nell'effetto svelando un antro prismatico dal sorprendente effetto luminescente. Qui i cunei degli elementi modulari si intrecciano in un particolare disegno di muro regolare dove i sottili fasci di fibre ondulate, inserite nel conglomerato, per effetto della particolare geometria, accrescono il materiale cementizio del valore della luce.

Oltre alla sperimentazione che ha riguardato il calcestruzzo, è certamente utile alla trattazione dei temi affrontati dalla ricerca, la presentazione, seppur molto breve, in cui si rimanda ad una letteratura più ampia e specifica, la presentazione delle più interessanti tipologie di applicazioni innovative realizzate con il **vetro**, come materiale di base.
Entrando subito nella trattazione, si possono identificare, per una necessaria semplificazione del tema, alcune tipologie principali di riferimento di prodotti innovativi per il controllo dei consumi energetici e soprattutto per la modulazione della radiazione solare in funzione del raggiungimento di un buon valore di isolamento e di possibili guadagni energetici passivi. Genericamente quindi possiamo parlare di vetri ad alte prestazioni energetiche, tali da esercitare un controllo sulla radiazione solare, massimizzando il rapporto fra trasmissione della luce ed il valore di conducibilità termica; vetri a selettività energetica, che consentono di agire sulla direzione dei raggi solari incidenti in diversi modi, a seconda dei sistemi di controllo utilizzati; e vetri cromogenici, in grado di modificare le loro proprietà ottiche in funzione delle condizioni esterne o interne per mezzo di particolari proprietà fisico-chimiche, secondo le quali si ha una trasformazione di stato, passando da elemento altamente trasmittente a parzialmente riflettente.
In particolare fra i vetri ad alte prestazioni energetiche interessano alla presente ricerca quelli capaci di interagire o di sfruttare il fenomeno della traslucenza. A questo proposito si vuole enunciare il possibile uso dei **Transparent Insulation Materials (TIM)**. Questa tipologia di materiali deve il proprio nome alla caratteristica di avere proprietà termiche paragonabili a quelle di componenti opachi, conservando un alto valore di trasmittanza luminosa. A tal fine si utilizzano strutture geometriche per limitare le dispersioni termiche dovute a convezione e irraggiamento. In pratica si utilizza materiale plastico (in alcuni prototipi







Aerogel granulare fornito dalla Cabot Corporation nelle due forme, in boccettino e in lastra. Sotto: campione assemblato con solo il vetro e pronto per le prove di laboratorio.



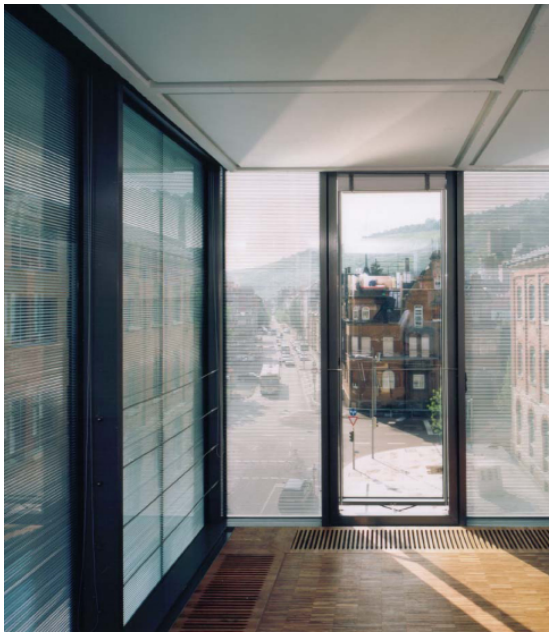
Applicazione di involucro in vetro con fotovoltaico integrato nell'ospedale pediatrico Meyer a Firenze, progettato da CSPE/Centro Studi Progettazione Edilizia, concorso del 1997

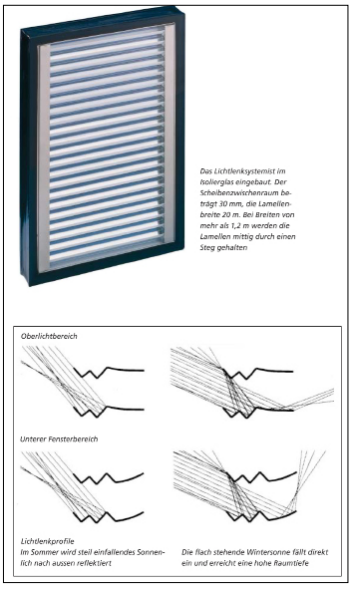


Sede dello studio di architettura Thomas Herzog a Monaco di Baviera.

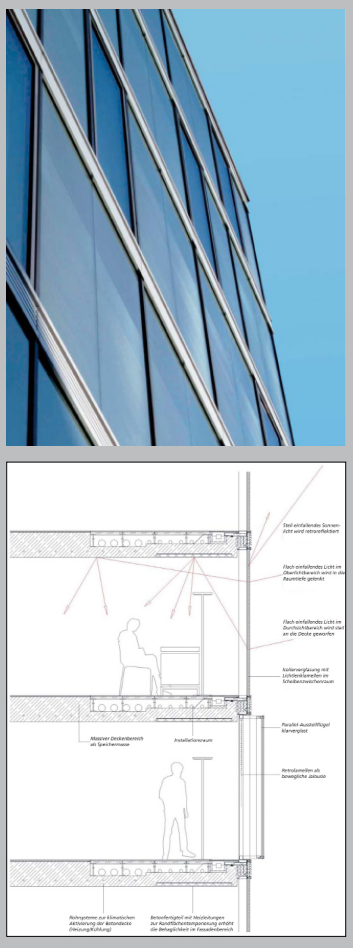
anche in vetro) trasparente nel visibile e nel vicino infrarosso, ma opaco nel lontano infrarosso, per realizzare involucri atti a bloccare i moti convettivi dell'aria e a ridurre lo scambio radiativo. Tali materiali, in base alla loro struttura geometrica si possono classificare in due gruppi. Il primo è costituito da strutture multiple parallele: vetrate o in film plastico (completamente trasparenti o traslucidi). Al secondo appartengono materiali con strutture composite, perpendicolari alla superficie vetrata, realizzate per direzionare le radiazioni verso l'interno. Altra interessante tipologia di sperimentazione riguarda gli **aerogel**, materiali ad altissime prestazioni di isolamento termico. Sono materiali costituiti da particelle di silice. La disposizione spaziale di tali particelle è realizzata grazie a particolari processi produttivi delle strutture microcellulari porose. Una delle caratteristiche fisiche più importanti di queti materiali è la scarsissima densità apparente: solo il 2-5% del volume è costituito da silice, il resto è aria.

Gli aerogel vengono realizzati in formato granulare e monolitico. Nel primo caso il materiale di base viene prodotto sotto forma di palline di 8-12 mm di diametro. Con questi granuli viene riempita l'intercapedine fra due vetri che svolgono anche una funzione protettiva. Per il fenomeno di *scattering* interno e delle discontinuità del materiale esso diventa traslucido. Nel secondo caso, gli aerogel monolitici sono costituiti da lastre di spessore variabile tra 8 e 20 mm e in questo caso, pur rimanendo l'effetto generale di diffusione, si mantiene molto meglio la caratteristica di visibilità, tanto da poter usati in sostituzione delle finestre. (cfr. sperimentazione a Monaco di Baviera di Thomas Herzog per la realizzazione dell'involucro del suo studio).





Trattando invece di **vetri a selettività angolare**, essi consentono da un lato il controllo della radiazione solare incidente, dall'altro la gestione dell'energia solare. Ad esempio i sistemi vetrati **Okasolar®**, la cui forma e la cui composizione materica serve per indirizzare verso direzioni particolari e controllate la radiazione solare incidente, sono costituiti da un elemento in vetro basso emissivo con intercapedine, eventualmente riempita di gas nobili, ospitante in modo integrato una serie di lamelle fisse schermanti ad alta capacità di riflessione (solitamente in alluminio). Il sistema **Okatech®**, similmente, utilizza un sistema di controllo, non più in lamelle, ma in amglia metallica a trame diverse, che sfrutta le proprietà di riflessione dei metalli.
Si arriva poi ai vetri energetici, con **fotovoltaico integrato**. Nella creazione di moduli semitrasparenti, le celle sono fissate con una resina tra due lastre di vetro distanziate tra di loro circa 2 mm. I cavi della corrente in uscita sono solitamente fatti passare nei corridoi creati nella cornice, in modo da rimanere nascosti. La misura massima realizzabile è 200x320 cm, con qualsiasi forma; ed è associabile a doppi vetri per un miglior isolamento termico.



Applicazione di Okasolar® per l'involucro degli uffici della soprintendenza a Esslingen, prog. Odilo Reuttter

Note

[1] VITTA M., *La materia manipolata*, in L'Arca, n.136/aprile 1998
[2] LANGELLA C., *Nuovi paesaggi materici, design e tecnologia dei materiali*, Alinea, Firenze, 2003
[3] Tale classificazione è tratta e supportata nel testo di C.LANGELLA, *Nuovi paesaggi materici, design e tecnologia dei materiali*, Alinea, Firenze, 2003
[4] LANGELLA C., op. cit. pg.53
[5] cfr. wwwarchitetturadipietra.it/veronica dal buono

ARMAN B., POLI M., *Aron Losonczi. Transparent Concrete*, in Domus, n. 875/2004
LEFTERI C., *La ceramica. Materiali per un design di ispirazione*, Modena, Logos, 2005

7.1 Parametri di selezione e classificazione dei casi studio

7.2 I criteri dell'apparato di analisi

7.3 Architettura della schedatura

7.4 Schede di analisi di casi di best practice

7.5 Schede di analisi di casi rilevanti

7.6 Esiti del percorso d'indagine: note ed indicazioni per il progettista dell'involucro traslucido

7

Classificazioni tematiche, alternative tecnologiche e nuovi possibili strumenti di progettazione

La presente ricerca si prefigge l'obiettivo di sistematizzare le conoscenze desunte dall'analisi di architetture contemporanee riguardanti la progettazione di involucri architettonici traslucidi, per fornire, ai futuri progettisti che si apprestano ad operare in tale campo, gli strumenti necessari a valutare le caratteristiche peculiari delle soluzioni tecniche utilizzate per rispondere in modo conforme ai requisiti specifici e a esaltare, attraverso applicazioni innovative, le potenzialità comunicativo/percettive e prestazionali, che tale tipologia di 'pelle' esterna assume all'interno del bilancio complessivo del progetto architettonico di un involucro edilizio.
Espressi i principali concetti che sono stati ritenuti fondamentali per la definizione dell'ambito della progettazione degli involucri architettonici traslucidi, si vuole ora presentare la metodologia di indagine con cui si è proceduto nell'analisi comparativa e repertoriazione di alcuni fra i più significativi progetti di architettura contemporanea, che hanno affrontato il tema della traslucenza.
In questo percorso, quindi, prima si sono definiti gli indicatori e i parametri di riferimento utilizzati per individuare i caratteri tecnici maggiormente espressivi di tale tendenza architettonica, successivamente si sono selezionati i casi più interessanti e rappresentativi con cui ci si è confrontati, rappresentativi delle 'pelli' diafane dell'architettura contemporanea, ed infine, applicata tale parametrizzazione ai vari esempi, diversificando fra casi di *best practice* e casi rilevanti, si sono estrapolati e comparati i dati sintetici ottenuti, al fine di individuare nuovi possibili strumenti per la progettazione degli involucri traslucidi.

7.1 Parametri di selezione e classificazione dei casi studio

La grande diversità, in termini sia di destinazione d'uso degli edifici sia di tipologie funzionali di involucri, che contraddistingue i progetti di riferimento selezionati, può indurre a ritenere che non vi siano molte possibilità per formulare confronti fra le diverse soluzioni tecnologiche

proposte e mettere a confronto informazioni e temi comuni. Al contrario questa diversità avvalora l'ipotesi sostenuta dalla tesi riguardo la grande diffusione nell'architettura contemporanea del cercare una nuova dimensione espressiva per l'involucro. Proprio in questa ricerca di una trasparenza materica diafana, i vari strati funzionali della frontiera architettonica trovano il giusto rapporto fra capacità prestazionali e vocazione dialettica della 'pelle' con il contesto architettonico che lo circonda.

La realizzazione di involucri traslucidi avviene attraverso l'uso sperimentale di materiali noti al mondo delle costruzioni e di nuovi prodotti progettati *su misura* per quella specifica realizzazione, dando così nuovi impulsi all'innovazione tecnologica.

La ricerca quindi, dopo aver definito l'oggetto di indagine nelle sue specifiche accezioni di '*involucro*', intendendo quindi ciò che avvolge l'edificio e lo mette in rapporto con ciò che lo circonda (inteso in termini sia di costruito, sia come fattore socio-culturale; da qui l'importanza della comunicatività della 'pelle' architettonica e la sua lettura attraverso la psicologia percettiva), e aver dato spazio alla descrizione del termine '*traslucido*', in quanto fenomeno fisico-percettivo definibile sinteticamente come trasparenza di un materiale alla luce e non alla visione nitida, ha ripercorso le principali manifestazioni e sviluppi di tale concetto nella storia dell'architettura, cercando di darne una lettura finalizzata alla comprensione globale del fenomeno. E' emerso quindi come nella attuale cultura architettonica la ricerca della smaterializzazione dell'involucro appaia come una esigenza dettata dalla necessità del superamento della trasparenza: dall'opaco massivo del mondo antico, al trasparente come conquista del mondo moderno, fino alla ricerca del traslucido, della modulazione della trasparenza e della trasmissione luminosa, nella contemporaneità.

E' emerso sempre più nella presente ricerca come questo percorso culturale, attraverso la tecnologia dell'architettura, sia fortemente incentrato sulla fondamentale necessità di gestione e valorizzazione, funzionale, estetica e prestazionale, della luce nel progetto di architettura. L'involucro diventa elemento di modulazione della luce, naturale di giorno e artificiale di notte, finalizzata da un lato al comfort *indoor* e alla crescente attenzione per la sostenibilità dei nostri edifici, dall'altro alla sperimentazione di incredibili potenzialità espressive.

Se dunque da un lato i progettisti oggi trasformano gli edifici, nuovi o esistenti che siano in grandi 'fari' luminosi, capaci di parlare un linguaggio efficace ed universale, dall'altro si cerca mediante soluzioni tecnologiche innovative costituenti le 'pelli' architettoniche, già

commercialmente note o ancora da affinare, di ottenere prestazioni attive e passive sostenibili nell'intero ciclo di vita dell'edificio.
Nello studiare questo processo culturale, di così ampio respiro da interessare gran parte del mondo dell'architettura contemporanea, si è quindi ritenuto indispensabile inserire delle limitazioni di varia natura, che hanno permesso di analizzare, secondo i parametri che saranno esplicitati di seguito, l'ampia casistica presa a bacino di riferimento della ricerca. L'ambito di indagine quindi è stato esteso al contesto geografico internazionale dell'architettura contemporanea, al fine di avere un quadro generale di ampio respiro e diversificato al suo interno, oltre che per dare prova di come la tensione verso la immaterialità dell'involucro sia un denominatore comune per la progettazione odierna.
Contestualmente, l'analisi storica delle principali manifestazioni antiche e recenti del fenomeno ha permesso di definire i limiti temporali entro i quali si svolge la ricerca, che scandisce una distinzione fra gli esempi considerati storici, databili fino al secondo dopoguerra, dai 'progetti-pilota', identificabili fino agli anni '90 del Novecento, da quelli analizzati fra i casi contemporanei più significativi, casi di riferimento e di *best practice*, inseriti nell'arco temporale degli ultimi venti anni circa. La limitazione temporale che riguarda i 'progetti-pilota' individua nell'epoca legata all'evento della caduta del muro di Berlino (9 novembre 1989), il simbolo di una innovazione culturale per cui dalla sperimentazione della dissoluzione della materia individuabile in questi che sono considerati progetti estremamente d'avanguardia, si passa alla consapevolezza di una nuova tendenza architettonica contemporanea.
Si vuole sottolineare, convenzionalmente da quel momento, lo slancio innovativo che ha avuto il settore dell'architettura fino ad oggi. Si precisa inoltre che la distinzione fra casi di *best practice* e casi rilevanti è basata sulla valutazione qualitativa di innovazione tecnologica delle soluzioni costruttive utilizzate in tali progetti per la realizzazione di involucri traslucidi; considerando i secondi come dato quantitativo a sostegno dell'indagine.

7.2 I criteri dell'apparato di analisi

Le schede di analisi ed approfondimento dei progetti selezionati come ambito di riferimento illustrano una ampia casistica di utilizzo di materiali, naturali o artificiali, continui o discontinui, afferenti alle principali categorie materiche analizzate nel capitolo 5, a cui, secondo i concetti espressi nella prima parte della presente ricerca, sono riconosciute

proprietà di traslucenza. In particolare si prenderà in considerazione la 'pelle' esterna di questi involucri, data la sua importanza soprattutto da un punto di vista comunicativo, come meglio espresso nel paragrafo 3.3, e di possibile partecipazione attiva o passiva alle prestazioni energetiche dell'involucro stesso.
La ricerca quindi non mira a produrre un abaco di soluzioni tecnologiche in base ai materiali considerati e ai possibili prodotti/pacchetti applicativi riscontrati nei casi analizzati, ma piuttosto vuole suggerire un metodo di lettura della tendenza architettonica presentata attraverso le sue ricadute in ambito progettuale, energetico, percettivo ed economico, trasversalmente quindi alle possibili e numerosissime soluzioni tecniche adottabili. In questo modo si vogliono evidenziare i caratteri costitutivi dei vari progetti analizzati, valutati ognuno per le proprie caratteristiche, caso per caso, acquisendo ognuno il suo particolare valore applicativo all'interno di un determinato contesto ambientale, ma soprattutto culturale. L'estrapolazione di questi caratteri, la loro messa a sistema e l'interpretazione secondo i parametri suggeriti dal metodo proposto dalla presente ricerca, forniranno poi quelle che sono ritenute le prime indicazioni organizzate per l'individuazione di linee guida per la progettazione architettonica attuale e futura per gli involucri traslucidi.
Esito ulteriore quindi della ricerca è una repertoriazione delle possibili tipologie formali, percettive e prestazionali di soluzioni tecnologiche per involucri traslucidi, secondo criteri specifici utili per la consultazione di architetture contemporanee già realizzate.

Gli indicatori e i parametri di analisi utilizzati nella ricerca sono quindi così sintetizzabili:

PARAMETRI DI TIPO PERCETTIVO RELATIVI ALL'INVOLUCRO

Le categorie di materiali

L'appartenenza della superficie esterna di un involucro traslucido alla famiglia di un materiale piuttosto che ad un'altra traccia la prima fondamentale distinzione all'interno di questa analisi. Le cinque grandi categorie di materiali, precedentemente presentate in modo descrittivo nel capitolo 5, vogliono sinteticamente raggruppare le numerosissime possibili soluzioni tecniche per involucri traslucidi secondo un parametro basilare, quale il riconoscimento del materiale di base di cui è composta quella particolare superficie, scendendo solo successivamente nella specificità del tipo di prodotto utilizzato e delle sue caratteristiche in base alle lavorazioni e ai trattamenti di cui è stato

oggetto.[1]
Si specifica che l'individuazione di queste cinque principali categorie di materiali è una semplificazione utile a dare una distinzione preliminare fra i progetti che, proprio in base ad essa, vengono poi analizzati secondo ulteriori criteri specifici che vanno ad individuare le peculiarità di ogni materiale utilizzato in riferimento a possibili prestazioni. Il riconoscimento inoltre dell'uso particolare di un prodotto, di una lavorazione o di un trattamento hanno poi generato un successivo livello di conoscenza all'interno della casistica di progetti presentata, individuando esempi significativi per ogni tipologia individuata.
Nasce così ad esempio l'individuazione, all'interno della categoria del vetro, del tipo di lavorazione o trattamento: serigrafato, profilato, colorato, vetromattoni, tegole in vetro o pannelli fotovoltaici; per i materiali plastici invece si è optato per una distinzione in scocche (pannelli rigidi bidimensionali in policarbonato alveolare, o rinforzati in FRP o in materiali a base di resine), in membrane (riconoscibili in superfici flessibili realizzate in materiali diversi: EFTE, PVC, vetro-silicone, carta, ecc...), ed in tessuti (elementi determinati dall'intreccio di fili sottili, molto permeabili alla luce). Per i materiali metallici si è scelto di distinguere fra lastre/pannelli, che a loro volta possono essere microforati, stirati, ecc.., maglie/tessuti e utilizzi sperimentali particolari, soprattutto nel campo degli edifici ad uso commerciale; mentre per i lapidei si è distinto fra lastre sottili e pannelli compositi; infine per il legno e materiali vegetali, come bambù, il riferimento principale sono elementi a listelli o a graticcio.
Questa prima identificazione con un preciso materiale risulta interessante per comprendere, in base alle definizioni date all'inizio di questa ricerca, le potenzialità di un tipo di involucro traslucido piuttosto che un altro in base alla capacità espressiva e prestazionale e le caratteristiche tecniche ed economiche di uno specifico materiale.

La tipologia di superficie
Si identificherà con il termine 'continuo' una superficie che, nella sua interezza (quindi considerata nel suo insieme e pertanto posta in opera nella sua modalità definitiva) si presenta senza soluzione di continuità e la cui capacità di essere traslucida è intrinseca alla natura del materiale o al trattamento a cui è stata sottoposta (ad esempio le lastre in policarbonato alveolare, o le lastre di vetro lavorate tramite sabbiatura, acidatura o ancora lastre sottili, di spessore inferiore al cm, in lapideo).
Conseguentemente si descriveranno con il termine 'discontinuo' quelle

superfici determinate dalla frammentazione di materiali generalmente opachi ridotti in elementi filiformi, come principalmente metallo e legno o materiali vegetali, e accostati e tessuti fra loro, i quali in funzione della densità e della capacità di filtrare o meno la luce determinano effetti e gradi variabili di traslucenza.
Con queste due opzioni si esplicita quindi il tentativo di rendere permeabili visivamente le superfici naturalmente opache e massive, riscontrabili in materiali come i metalli, il legno, la ceramica e addirittura la pietra, attraverso una sottrazione di materia. Ciò si concretizza in una trasformazione, in una texture, di materiali originariamente compatti, in una sottile e rarefatta trama, oppure attraverso la giustapposizione di fitte sequenze lineari di elementi identici leggermente disgiunti, piuttosto che attraverso la microdiscontinuità di componenti eguali (realizzata con leggere rotazioni, torsioni e leggeri scorrimenti).
Il fattore denominato 'superficie' considera, operando una necessaria semplificazione, le modalità di ottenimento di superfici traslucide. Per la presente ricerca si configura come un parametro essenziale per la leggibilità della declinazione materica finalizzata al rapporto con gli aspetti percettivi del fenomeno della traslucenza. Infatti in mancanza di questa precisazione, una superficie in metallo o in legno potrebbe erroneamente configurarsi, se non precisata, come opaca.

Il filtro percettivo/comunicativo
Questo elemento, articolato in tre declinazioni 'luminoso', 'colorato' e 'grafico', deriva principalmente dalla consapevolezza della grande rilevanza che, nell'attuale progetto di architettura, ha il potenziale comunicativo dell'involucro.
E' innegabile infatti come ognuno dei progetti di seguito analizzati ponga fra gli aspetti principali l'attenzione alla valorizzazione della 'pelle' esterna attraverso l'attento studio della diffusione della luce naturale diurna o della proiezione di luce artificiale notturna, piuttosto che della realizzazione di 'pelli' rese vibranti dall'alternanza di colori al loro interno, o ancora della resa scenica dell'involucro attraverso l'uso di grafismi, spesso simbolici o allegorici rispetto alla funzione o al ruolo che l'edificio ricopre. Questo parametro sottintende quindi la descrizione dei trattamenti, cui sono sottoposti i materiali, necessari alla resa visiva di tali 'filtri' (ad esempio tecniche di variazione della trasparenza, satinatura, sabbiatura, applicazione di film plastici, ecc., o colorazione dei materiali stessi, o incisione, stampa, serigrafia, ecc. per l'ottenimento di immagini o scritte sulla superficie). Ma soprattutto rimanda alle valutazioni che scaturiscono dai successivi parametri, per

i quali la scelta dell'utilizzo di tali 'filtri' viene abbinata a considerazioni relative alle prestazioni energetiche dell'involucro.

INDICATORE SINTETICO DI VALUTAZIONE ECONOMICA DELL'INVOLUCRO

Il costo dei materiali adottati per l'involucro traslucido

Si vuole così dare una indicazione di massima del costo dei materiali (intesi come prodotti forniti e posati e valutati in €/mq in riferimento all'anno 2010 di valuta), che vanno a comporre la 'pelle' esterna traslucente dell'involucro di un edificio, siano essi vetro, plastiche, metalli, lapidei o vegetali. Tale indicatore è stato sviluppato in tre fasce di costo, elaborate in maniera sintetica, in base ad una indagine di mercato riferita ai materiali considerati nell'analisi.
Si è inserito questo ulteriore elemento di analisi in quanto si è ritenuto indispensabile per la ricerca dare una valutazione di ordine economico delle soluzioni tecnologiche applicate per gli involucri traslucidi, essendo questo uno degli elementi che spesso influisce pesantemente sulle scelte architettoniche contemporanee.
Si specifica che i *range* di costo indicati si riferiscono al solo materiale utilizzato per la superficie esterna dell'involucro, senza considerare l'articolazione dell'intero pacchetto costituente l'involucro dell'edificio.

CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DEGLI SPAZI CIRCOSCRITTI DALL'INVOLUCRO

La forma

Il parametro 'forma' indica le possibili geometrie di un involucro. Esso in questa sede viene considerato declinato in tre categorie principali: 'forma piana', intesa come rappresentazione di una linea spezzata chiusa, composta solo da linee ad andamento rettilineo, quindi una geometria in due dimensioni; 'forma curvilinea', intesa come linea caratterizzata da un andamento prevalentemente arcuato, non retto, sia essa concava o convessa; ed infine 'forma libera', che si sviluppa su tre dimensioni nello spazio e si caratterizza per il fatto di non avere uno sviluppo regolare dettato da un andamento geometrico, ma creata grazie al supporto di sistemi digitali di modellazione delle forme e di calcolo numerico, ultimamente sempre più diffusi nella progettazione architettonica.

La configurazione

Si vuole definire con il termine 'configurazione' l'aspetto di modalità di gestione del rapporto fra spazio interno ed esterno del

manufatto architettonico, esso trova il suo significato se considerato incrociato con i campi di applicazione dell'involucro, ovvero svolgendo esso una determinata funzione può assumere diverse configurazioni. Il parametro è stato declinato nelle tre tipologie ritenute utili a quest'analisi: 'aperto', dove predomina la ricerca di dialogo con lo spazio esterno; 'chiuso', in cui lo spazio interno è ben definito e circoscritto da elementi di chiusura rispetto a quello esterno; e 'trasformabile', ossia dove l'involucro architettonico si connota e caratterizza per la predominanza di elementi 'modificabili', apribili fra spazio interno ed esterno, riconfigurabili durante l'uso. Questi elementi di classificazione assumono maggior valore se messi a sistema e confrontati con i dati emergenti soprattutto dalle valutazioni di carattere energetico e funzionale: essi assumono caratteri diversi in relazione ai cambiamenti climatici stagionali o per esigenze di conversione formali.

TIPOLOGIA DI INVOLUCRO IN RIFERIMENTO ALLA FUNZIONE

La funzione

Questo parametro associa le caratteristiche proprie dell'involucro al campo di applicazione dell'edificio. La funzione dell'involucro quindi si differenzia in base al grado di relazione che essa definisce con l'edificio stesso: essa può essere 'strutturale', nel caso in cui si identifica con la struttura stessa dell'edificio (autoportante), oppure essere elemento di 'rivestimento', ancorandosi alla struttura portante principale, e divenendo, in alcuni casi, 'seconda pelle', quando si struttura come ulteriore strato di chiusura dell'edificio, che molto spesso assolve funzioni oltre che estetiche, anche climatico-prestazionali, creando un vero è proprio 'cavedio', spesso utilizzato con funzione impiantistica, in sinergia con l'involucro esterno. Ed ancora, considerando il senso più completo del termine 'involucro', esso può diventare anche 'copertura' dell'edificio, caratterizzata da un manto in elementi traslucidi, spesso realizzato senza soluzione di continuità fra dimensione verticale e orizzontale o obliqua. Infine può essere elemento 'integrato' all'involucro, identificandosi come componente che viene molto spesso progettata insieme alla facciata dell'edificio o altre volte può essere integrata successivamente, sfruttando al meglio le caratteristiche di ogni singolo componente tecnico, per far raggiungere nuove prestazioni all'involucro.

La valutazione quindi della funzione dell'involucro sottintende la comprensione della stratigrafia che compone la soluzione tecnologica per l'involucro, ma che in questa sede prende in considerazione solo lo strato più esterno di esso per l'analisi della traslucenza.

SOSTENIBILITA' DELL'INVOLUCRO IN RIFERIMENTO AL LCA

La reversibilità dei materiali traslucidi per l'involucro[2]

Data la crescente attenzione per la sostenibilità nell'ambito delle costruzioni e l'analisi del ciclo di vita degli edifici, si è ritenuto importante dare una valutazione circa la possibilità o meno di recuperare i materiali utilizzati per la realizzazione degli involucri traslucidi. Pare ovvio che il volume di rifiuti associato a questo particolare tipo chiusura sia trascurabile se confrontato con quello degli involucri convenzionali; tuttavia gli investimenti della ricerca in proposito non mancano ed anche i risultati. Ad esempio la Solvay nel 1998 ha brevettato un processo che permette il riciclaggio separato della resina di pvc e delle fibre di poliestere, attraverso la dissolvenza chimica selettiva. L'intero processo si compie in un ciclo completamente chiuso e ciascuno dei due componenti può essere riutilizzato.

Accanto al riciclo di tipo meccanico, si colloca il riuso, tecnicamente definito reimpiego, dei materiali dismessi: una volta terminata la fase utile nel manufatto per cui erano stati creati, dopo un semplice processo di pulizia, alcuni dei materiali considerati, possono essere utilizzati nuovamente, senza che i materiali di cui sono composti subiscano trasformazioni (ad esempio membrane, tessuti, lastre metalliche, maglie,...).

PERFORMANCE ENERGETICA E INVOLUCRO

La possibile partecipazione/prestazione energetica

Questo parametro vuole analizzare le possibili soluzioni tecniche in cui l'involucro traslucido è definito e progettato come tale in quanto può, per questa sua caratteristica, migliorare il comportamento e le prestazioni energetiche di un involucro. Esso quindi viene classificato in base all'apporto energetico che identifica: può modulare la trasmissione luminosa ed essere quindi elemento di schermatura solare, creare conformazioni che favoriscano la ventilazione naturale attraverso 'seconde pelli' o conformazioni trasformabili, presentare parametri di trasmittanza termica tali da costituire elemento di isolamento termico, comportare la produzione passiva di energia termica (pannelli solari) o elettrica (pannelli fotovoltaici).

In particolare il binomio traslucenza/isolamento rappresenta una delle sfide attualmente più stimolanti per progettisti e ricercatori nel settore della tecnologia per gli involucri architettonici, poiché impone la messa a punto di nuovi sistemi e prodotti oggi ancora in fase di sperimentazione che superino il tradizionale concetto di isolamento termico. Ma

soprattutto possiamo dire che la caratteristica della traslucenza negli involucri valorizza la capacità di modulare la trasmissione luminosa all'interno degli spazi, dalla trasparenza totale alla opalescenza delle superfici, sia in un'ottica di comfort luminoso, ma soprattutto di controllo del comfort termico *indoor.*

PARAMETRI RELATIVI ALLA COMMITTENZA E ALLA TIPOLOGIA DI INTERVENTO/EDIFICIO

La committenza

L'individuazione del tipo di committenza come parametro di analisi dell'intervento, distinguendo genericamente fra pubblica o privata, diventa un dato significativo se letto e rapportato alla grande valenza comunicativa che l'involucro edilizio ha assunto nell'ultimo periodo, di cui il fenomeno della traslucenza diventa sempre più spesso strumento realizzativo.
Considerando anche questo dato, è possibile quindi trarre valutazioni sulla volontà espressiva del committente, cioè di come, in base alla tipologia di committenza, ci si spinga nella sperimentazione di soluzioni applicative innovative per involucri architettonici per ottenere un efficace risultato nella comunicazione all'esterno di principi commerciali o effetti percettivi, cioè un ritorno di immagine.

Destinazioni d'uso principale

L'identificazione della destinazione d'uso principale del manufatto architettonico è ritenuto, in questa sede, un parametro utile per analizzare lo stretto rapporto che intercorre da un lato tra i requisiti di comfort *indoor*, in funzione delle attività che si devono svolgere all'interno degli spazi di progetto e i parametri prestazionali valorizzati nelle soluzioni tecniche utilizzate; dall'altro fra i caratteri più compositivo-progettuali del progetto e l'uso di particolari trattamenti per i materiali dell'involucro, capaci di valorizzare l'espressività e la percezione di tali caratteri.
In questo modo si vuole mettere a sistema ed evidenziare come dietro a valutazioni di fruibilità e valorizzazione estetica degli spazi ci siano particolari soluzioni tecniche, legate alla scelta dell'uso della traslucenza in architettura.

La tipologia di intervento

Questa distinzione evidenzia caratteri e scelte progettuali differenti emergenti dalla valutazione, preliminare ed in corso di realizzazione dell'opera architettonica, di esigenze e requisiti caratteristici, da un

lato, per interventi di riqualificazione o riuso per la valorizzazione di un patrimonio edilizio esistente, con finalità quindi conservative e migliorative dell'esistente, e dall'altro lato di interventi di nuova costruzione, nei quali diventa fondamentale la scelta del tipo di rapporto che si vuole creare fra l'involucro e il contesto circostante esistente.

La durata dell'intervento

Si è ritenuto di inserire fra i parametri utili alla classificazione dei progetti considerati la valutazione della durata a cui è destinato l'intervento, in quanto esso diventa elemento di comprensione delle motivazioni e delle finalità di determinate scelte tecnico-applicative per l'intervento stesso. Considerare infatti se il progetto, analizzato in funzione della peculiarità del suo involucro traslucido, ha una durata limitata o possibilmente illimitata nel tempo permette di valutare la scelta di una particolare soluzione di stratificazione tecnologica per l'involucro, in funzione dell'ottenimento di un particolare effetto percettivo piuttosto che di una precisa prestazione energetica, ma soprattutto in rapporto al fattore economico, che ovviamente influisce molto sulla durabilità di un intervento.

7.3 Architettura della schedatura

La sezione che segue raccoglie l'analisi relativa ai progetti utilizzati come bacino di riferimento per lo sviluppo delle considerazioni analitiche che costituiscono l'ossatura dell'indagine proposta e illustra la struttura metodologica delle letture critiche affrontate, al fine di consentire una più agevole consultazione.

I 116 esempi di architetture contemporanee analizzati sono suddivisi in 35 schede di analisi di casi individuati come *best practice*, che contengono letture critiche maggiormente dettagliate del progetto, in particolare del sistema tecnologico utilizzato per l'involucro, e 81 casi di riferimento particolarmente rilevanti per la ricerca, la cui schedatura è stata redatta in forma più sintetica, ma la cui cospicua presenza avvalora poi i risultati di comparazione ottenuti a fine analisi.

L'analisi, quindi, opera una prima repertoriazione dei casi, sia fra quelli di *best practice* che fra quelli rilevanti, in base al materiale impiegato nel progetto dell'involucro traslucido: vetro, plastiche, metalli, materiali lapidei e legnosi/vegetali. Tale fase ha portato alla redazione di un codice alfanumerico, per ognuno dei 116 progetti contemporanei di involucro traslucido presi in considerazione, identificativo del numero con cui si succedono gli esempi e del materiale impiegato (ad esempio

5LG = caso studio n.5 in legno), seguendo un ordine cronologico.
V = vetro
P = plastiche
M = metalli
LP = lapideo
LG = legno
Successivamente quindi si è proceduto nelle seguenti fasi:

1. stesura delle schede di analisi più dettagliate riguardo i casi di *best practice* (vedi esempio riportato), che presentano un'intestazione in cui sono riportati il titolo, la localizzazione del progetto ed il codice identificativo della scheda specifica, come prima spiegato; sotto al titolo, insieme ad una o più immagini rappresentative del progetto, si trova un elenco riportante i dati sintetici dell'intervento, quali localizzazione, data del progetto, progettista, gruppo di progettazione, committente, impresa esecutrice, destinazione d'uso, dati dimensionali e costo dell'intervento. A tali informazioni fa seguito una descrizione analitica del progetto nella sua interezza, che cerca di sottolineare gli elementi più significativi relativi alla traslucenza dell'involucro in oggetto, illustrato subito dopo nei suoi aspetti di prestazione e di innovazione tecnologica, attraverso la presentazione anche grafica di dettagli tecnologici. Lo scopo della scheda non è, infatti, quello di fornire un resoconto completo ed esaustivo dei contenuti dell'intervento, ma di mettere in luce particolari aspetti in funzione delle chiavi di lettura proposte. Particolarmente importante infatti è la parte laterale della prima pagina della scheda, in cui vengono rappresentate sinteticamente le icone relative ai parametri e agli indicatori di analisi prima descritti, utili poi alla rielaborazione dei dati analitici, per esplicitare linee di indirizzo di nuovi possibili strumenti di progettazione di involucri traslucidi. In ultimo sono inseriti i principali riferimenti bibliografici e iconografici specifici per il singolo progetto. Oltre alle immagini fotografiche di riferimento, ogni scheda è corredata da un apparato iconografico costituito da dettagli tecnologici o schemi grafici utili alla comprensione della soluzione tecnologica di involucro adottata.
2. parallelamente si sono considerati i progetti selezionati come casi rilevanti per la ricerca e si sono compilate le tabelle contenenti i dati salienti dei progetti (titolo del progetto, localizzazione, data, progettista, gruppo di progettazione, dati dimensionali principali, impresa esecutrice e riferimenti bibliografici), identificati sempre dal codice e da una foro d'insieme (vedi esempio riportato); a queste seguono le matrici di analisi di tali casi rilevanti (vedi esempio

riportato).

3. quindi si è proceduto nella redazione, per ogni categoria di materiale, di quadri riassuntivi di lettura dei dati raccolti sulla totalità dei casi studio, che evidenziano l'incidenza di ogni parametro in riferimento alla scelta di uno specifico materiale (vedi esempio riportato).
4. infine si è redatto un quadro sinottico finale, che, con l'ausilio di grafici 'a torta', mette a sistema i valori totali dell'analisi: la lettura incrociata quindi dei dati relativi ai materiali (posti in orizzontale, in ascissa) e ai parametri di analisi (posti in verticale, in ordinata) fornisce la base su cui si sono condotte le considerazioni finali

Esempio di scheda per caso di studio di *best practice* (punto 1)

Titolo del progetto e localizzazione

Dati salienti del progetto

Immagine d'insieme del progetto

Testo descrittivo del progetto e delle soluzioni tecnologiche adottate per la realizzazione dell'involucro traslucido



CASA E ATELIER LANG-KRÖLL
GLEIBENBERG - GERMANIA

LOCALIZZAZIONE	GLEIBENBERG - GERMANIA
DATA DEL PROGETTO	2000 - 2001
PROGETTISTA	FLORIAN NAGLER ARCHITEKTEN
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	S.Lambertz, F.Lukasch, M.Pätzold
COMMITTENTE	Gabriele e Peter Lang Kröll
IMPRESA ESECUTRICE	Dankerl Bau GmbH (basamento cls); Dorrer Bau AG (orditura legno e pannelli OSB)
DESTINAZIONE D'USO	RESIDENZIALE MONOFAMILIARE/ATELIER
DATI DIMENSIONALI	1000 mq terreno; 268 mq sup. interna calpestabile; 1197 mc volume lordo
COSTO INTERVENTO	€ 188.000,00

Descrizione del progetto
Ogni elemento di casa Lang-Kröll richiama l'architettura vernacolare del paesaggio in cui l'edificio si inserisce: copertura a falde, scandole di legno per il manto,integrazione del volume all'orografia rurale e distinzione dei volumi di basamento (massivo) e di coronamento (ligneo), attraverso l'inconsistenza materica del volume in policarbonato traslucido. Se formalmente è prevalso il concetto di mimesi, la scelta dei materiali si è basata invece sul concetto di edificio tecnologico ma a basso costo. Elevato rendimento energetico, arte e basso costo quindi confluiscono in questo intervento di nuova costruzione interpretando le richieste del committente. Si dovevano quindi conciliare le esigenze di lavoro di un'artista e quelle di una famiglia con quattro figli. La

2P

PERCEZIONE — scocca in policarbonato
ECONOMIA
SPAZIO
TIPO
PERFORMANCE
ECO
COMMITTENZA TIPO INTERVENTO — privato; nuova costruzione; durata LCA

Codice di identificazione del n. progressivo e del materiale

Icone rappresentative degli indicatori e dei parametri per la lettura del caso studio

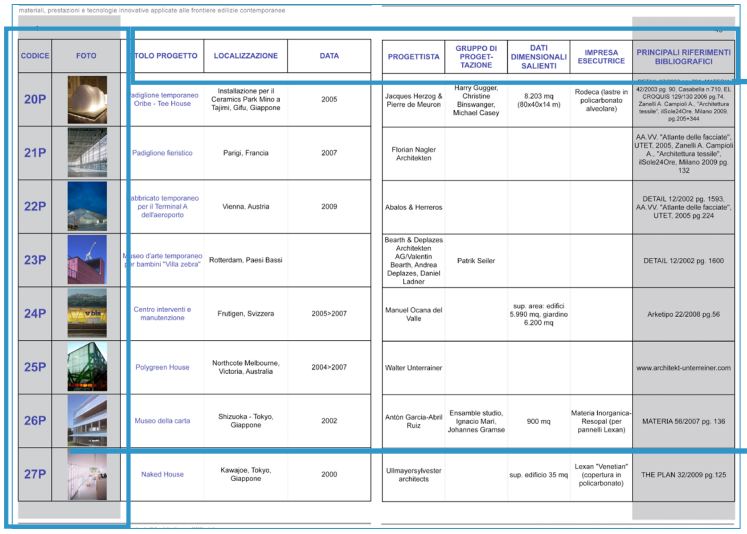
Note

[1] cfr. articolazione delle schede di analisi in "Descrizione del progetto" e "Tecnologia per l'involucro traslucido", dal generale quindi al particolare tecnologico

[2] Secondo il principio di recuperabilità espresso dalla norma UNI 8290-2

[3] rispondente a requisiti energetico-ambientali (ISO 6241 + UNI8290-2:1983)

Esempio di tabelle illustrative dei casi di studio ritenuti rilevanti per la ricerca (punti 2)

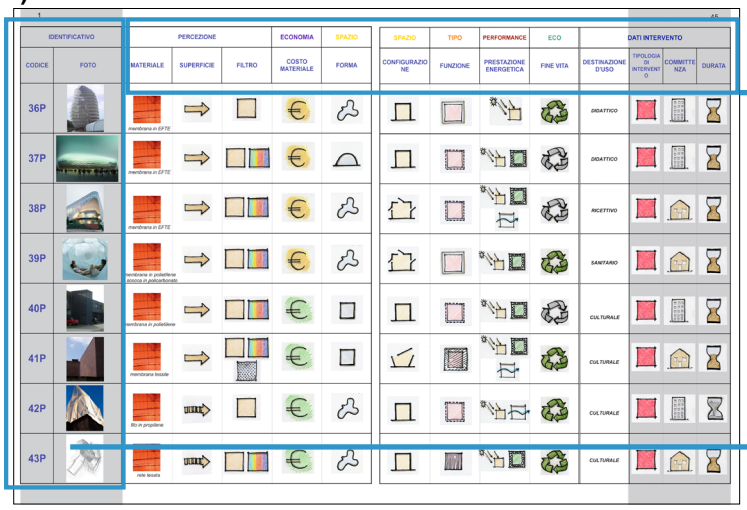


CODICE	FOTO	TOLO PROGETTO	LOCALIZZAZIONE	DATA	PROGETTISTA	GRUPPO DI PROGET-TAZIONE	DATI DIMENSIONALI SALIENTI	IMPRESA ESECUTRICE	PRINCIPALI RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI
20P		adiglione temporaneo Oribe - Tee House	Installazione per il Ceramics Park Mino a Tajimi, Gifu, Giappone	2005	Jacques Herzog & Pierre de Meuron	Harry Gugger, Christine Binswanger, Michael Casey	8.203 mq (80x40x14 m)	Rodeca (lastre in policarbonato alveolare)	42/2003 pg. 90. Casabella n.710. EL CROQUIS 129/130 2006 pg.74. Zanelli A. Campioli A., "Architettura tessile", iSole24Ore, Milano 2009. pg.205+344
21P		Padiglione fieristico	Parigi, Francia	2007	Florian Nagler Architekten				AA.VV. "Atlante delle facciate", UTET, 2005. Zanelli A. Campioli A., "Architettura tessile", iSole24Ore, Milano 2009 pg. 132
22P		obbricato temporaneo per il Terminal A dell'aeroporto	Vienna, Austria	2009	Abalos & Herreros				DETAIL 12/2002 pg. 1593. AA.VV. "Atlante delle facciate", UTET, 2005 pg.224
23P		Museo d'arte temporaneo per bambini "Villa zebra"	Rotterdam, Paesi Bassi		Bearth & Deplazes Architekten AG/Valentin Bearth, Andrea Deplazes, Daniel Ladner	Patrik Seiler			DETAIL 12/2002 pg. 1600
24P		Centro interventi e manutenzione	Frutigen, Svizzera	2005>2007	Manuel Ocana del Valle		sup. area: edifici 5.990 mq, giardino 6.200 mq		Arketipo 22/2008 pg.56
25P		Polygreen House	Northcote Melbourne, Victoria, Australia	2004>2007	Walter Unterrainer				www.architekt-unterreiner.com
26P		Museo della carta	Shizuoka - Tokyo, Giappone	2002	Antón Garcia-Abril Ruiz	Ensamble studio, Ignacio Mari, Johannes Gramse	900 mq	Materia Inorganica-Resopal (per pannelli Lexan)	MATERIA 56/2007 pg. 136
27P		Naked House	Kawajoe, Tokyo, Giappone	2000	Ullmayersylvester architects		sup. edificio 35 mq	Lexan "Venetian" (copertura in policarbonato)	THE PLAN 32/2009 pg.125

Ogni colonna identifica un dato saliente informativo sui progetti scelti

Ogni riga rappresenta uno dei progetti scelti, identificati da un codice (per numero di successione e materiale impiegato per l'involucro traslucido) e da una fotografia di insieme

Esempio di matrice di analisi dei casi ritenuti rilevanti per la ricerca (punto 2)



IDENTIFICATIVO		PERCEZIONE			ECONOMIA	SPAZIO	SPAZIO	TIPO	PERFORMANCE	ECO	DATI INTERVENTO		
CODICE	FOTO	MATERIALE	SUPERFICIE	FILTRO	COSTO MATERIALE	FORMA	CONFIGURAZIONE	FUNZIONE	PRESTAZIONE ENERGETICA	FINE VITA	DESTINAZIONE D'USO	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	COMMITTENZA	DURATA
36P		membrana in ETFE									DIDATTICO			
37P		membrana in ETFE									DIDATTICO			
38P		membrana in ETFE									RICETTIVO			
39P		membrana in polietilene goccia in policarbonato									SANITARIO			
40P		membrana in poliestere									CULTURALE			
41P		membrana tessile									CULTURALE			
42P		filo in propilene									CULTURALE			
43P		rete tessile									CULTURALE			

Ogni colonna riporta le icone rappresentative degli indicatori e dei parametri per la lettura del caso studio

Ogni riga rappresenta uno dei progetti scelti, identificati da un codice (per numero di successione e materiale impiegato per l'involucro traslucido) e da una fotografia di insieme

Esempio di quadro riassuntivo dei dati di analisi per materiale (punto 3)



PARAMETRO DI ANALISI			MATERIALE METALLO — ANALISI CASI DI *BEST PRACTICE* in riferimento ai n.9 casi studio di best practice analizzati	MATERIALE PLASTICO — ANALISI CASI SIGNIFICATIVI in riferimento ai n.32 casi studio significativi analizzati	RAPPORTO DI INCIDENZA DEL PARAMETRO
PERCEZIONE	SUPERFICIE	continua			35/43
		discontinua			8/43
	FILTRO	luminoso			43/43
		colorato			17/43
		grafico			4/43
ECONOMIA	VALORE ECONOMICO	< € 90			28/43
		€250>v>€90			14/43
		> € 250			1/43
SPAZIO	CONFIGURAZIONE	piana			27/43
		curva			4/43
		libera			12/43
		chiusa			20/43
		trasformabile			20/43
		aperta			3/43
TIPO	FUNZIONE	strutturale			11/43
		rivestimento			13/43
		doppia pelle			12/43
		copertura			5/43
		integrata all'involucro			2/43
		applicazione esterna			1/43

Colonna indicante i parametri di analisi

Colonna indicante i valori di incidenza di ogni parametro in rapporto alla quantità totale di casi per materiale

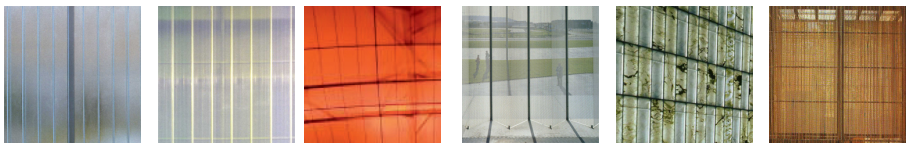
Colonna rappresentante graficamente il valore totale del parametro in riferimento ai soli casi rilevanti

Colonna rappresentante graficamente il valore totale del parametro in riferimento ai soli casi di best practice

Legenda delle icone rappresentatitve dei parametri ed indocatori di riferimento utilizzati per l'analisi dei casi studio

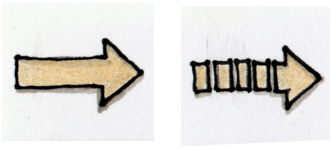
PARAMETRI DI TIPO PERCETTIVO RELATIVI ALL'INVOLUCRO

- **tipologie di materiali**



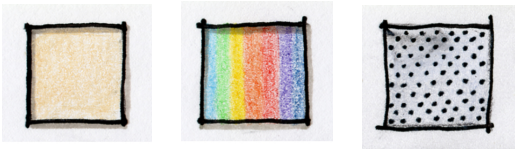
VETRO *PLASTICA* *METALLI* *LAPIDEO* *LEGNOSI/ VEGETALI*

- **tipologia di superficie**



CONTINUA *DISCONTINUA*

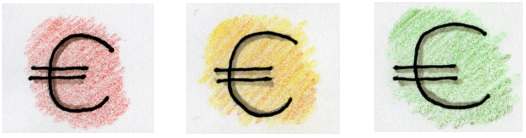
- **filtro percettivo/ comunicativo**



LUMINOSO *COLORATO* *GRAFICO*

INDICATORE SINTETICO DI VALUTAZIONE ECONOMICA DELL'INVOLUCRO

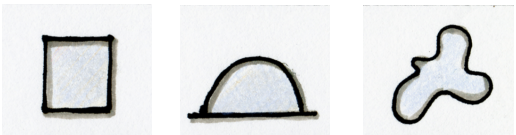
- **costo del materiale per l'involucro**



> € 250/mq *€ 250/mq > x > € 90/mq* *< € 90/mq*

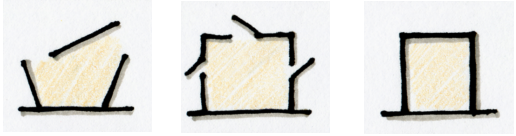
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DEGLI SPAZI CIRCOSCRITTI DALL'INVOLUCRO

- **forma**



PIANA *CURVILINEA* *LIBERA*

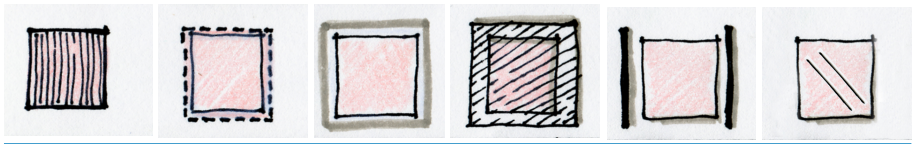
- **configurazione**



APERTA *TRASFORMABILE* *CHIUSA*

TIPOLOGIA DI INVOLUCRO IN RIFERIMENTO ALLA FUNZIONE

• funzione



STRUTTURALE *RIVESTIMENTO* *DOPPIA PELLE* *COPERTURA* *INTEGRATA* *APPLICAZIONE INTERNA*

SOSTENIBILITA' DELL'INVOLUCRO IN RIFERIMENTO AL LCA

• fine vita: reversibilità/ riciclabilità



REVERSIBILE *POCO REVERSIBILE* *NON REVERSIBILE*

PERFORMANCE ENERGETICA E INVOLUCRO

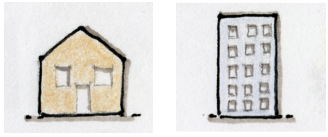
• partecipazione/ prestazione energetica



ENERGIA TERMICA *ENERGIA ELETTRICA* *ISOLAMENTO TERMICO* *VENTILAZIONE* *ILLUMINAZIONE*

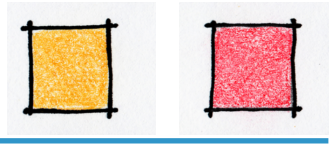
PARAMETRI RELATIVI ALLA COMMITTENZA E ALLA TIPOLOGIA DI INTERVENTO/EDIFICIO

• committenza



PRIVATA *PUBBLICA*

• tipologia di intervento



RIQUALIFICAZIONE/ RIUSO DELL'ESISTENTE *NUOVA COSTRUZIONE*

• durata



PERMANENTE *TEMPORANEO*

• destinazione d'uso principale

RESIDENZIALE *RICETTIVO* *UFFICI* *SANITARIO* *SPORTIVO*
CULTURALE *DIDATTICO* *COMMERCIALE* *INFRASTRUTTURE*

7.4 Schede di analisi dei casi di best practice

Elenco degli interventi schedati:

USO DI MATERIALI VETROSI

1V Museo d'arte Nelson Atkins, Kansas City - USA
2V UBU Biblioteca università di Utrecht - Olanda
3V Istituto olandese dell'immagine e del suono, Hilversum - Olanda
4V Monumento commemorativo per le vittime del terrorismo 11 marzo 2004 Madrid - Spagna
5V Centrum Bavaria Bohemia, Schönsee - Germania
6V Laminata house of glass, Leerdam - Olanda
7V Flagship store e quartier generale REISS, Londra - Inghilterra
8V Palazzetto dello sport, Regensburg - Germania
9V Gemeindzentrum, Ludesch - Austria

USO DI MATERIALI PLASTICI

1P Istituto universitario di arti e scienze umanistiche, Grenoble - Francia
2P Casa e atelier Lang-Kröll, Gleißemberg - Germania
3P Museo del cristallo, Saint Louis lès Bitche - Francia
4P Base operativa Luna Rossa Challenger, Valencia - Spagna
5P Plastic House, Tokyo - Giappone
6P Blur Hotel, Beijing - Cina
7P Airspace, Tokyo - Giappone
8P Centro natatorio nazionale "Water Cube", Beijing - Cina
9P Centro Zenith, Strasburgo - Francia
10P Wall House, Santiago - Cile
11P Barak House, Sommières - Francia

USO DI MATERIALI METALLICI

1M MUMUTH Casa della musica e auditorium, Graz - Austria
2M Edificio di ingresso al municipio, Innsbruck - Austria
3M Sinagoga del centro ebraico, Monaco di Baviera - Germania
4M De Young Museum, San Francisco - USA
5M Nuovo museo d'arte contemporanea, New York - USA
6M Icon House, Montreuil - Francia
7M Louis Vuitton Store, Tokyo - Giappone
8M Teatro e centro per la musica, Nijar - Spagna
9M Caixa Forum, Madrid - Spagna

USO DI MATERIALI LAPIDEI

1LP LVMH - Louis Vuitton Moet Hennessy, Osaka - Giappone
2LP Nuovo centro direzionale Deutsche Bundesbank, Chemnitz - Germania

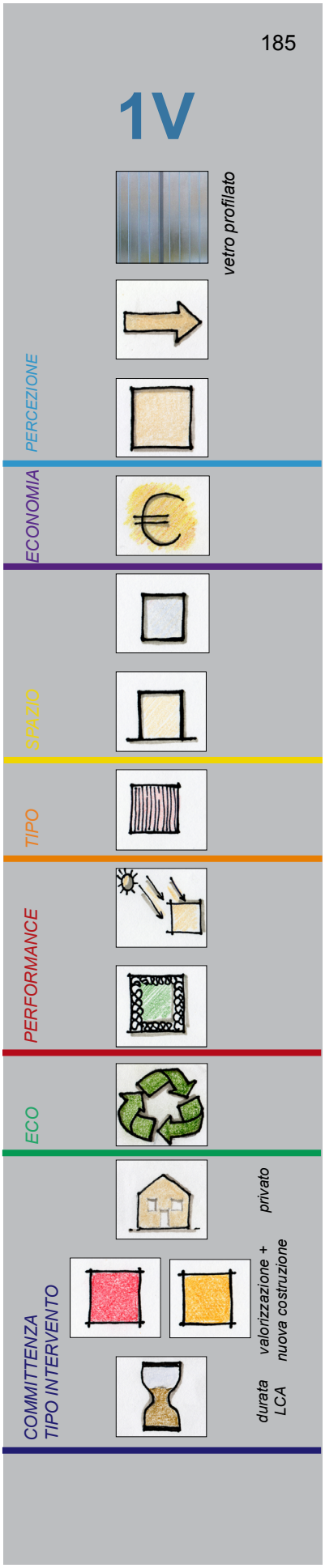
USO DI MATERIALI LEGNOSI/VEGETALI

1LG Peninsula House, Victoria - Australia
2LG HEISEI . Tea Ceremony House, Saitama - Giappone
3LG Carambachel Housing, Madrid - Spagna
4LG Black Treefrog, Bad Waltersdorf - Austria

Museo d'arte Nelson Atkins
Kansas City - USA

LOCALIZZAZIONE	Kansas City, Missouri - USA
DATA DEL PROGETTO	1933 museo esistente 1997>2001; 2001>2004
PROGETTISTA	Steven Holl architects + Chris McVoy
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	Martin Cox, Richard Tobias
COMMITTENTE	Nelson Atkins Museum of arts
IMPRESA ESECUTRICE	-
DESTINAZIONE D'USO	culturale/museo-esposizione
DATI DIMENSIONALI	16.500 mq nuova costruzione; 23.400 mq ristrutturazione
COSTO INTERVENTO	-





Descrizione del progetto

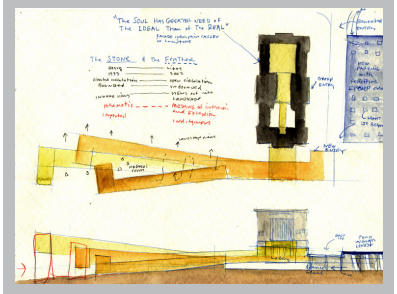
L'immagine urbana del Nelson-Atkins Museum of Art, oggi radicalmente rivisitata da Steven Holll Architects, è caratterizzata da cinque volumi traslucidi disposti in modo apparentemente casuale a lato del severo edificio del museo che risale agli anni Trenta. La vista meravigliosa dei morbidi prati digradanti che si estendono a sud del museo originale spinge i visitatori a superare e ad attraversare a piedi gli spazi vuoti che separano i nuovi ed enigmatici padiglioni di vetro.

Il parcheggio sotterraneo, nella cui copertura è inserita una vasca d'acqua bassa, è illuminato da innumerevoli aperture circolari che permettono l'ingresso anche dei riflessi dell'acqua che si proiettano sulle superfici interne in calcestruzzo; intervento questo, insieme

all'isola dorata nella vasca esterna, opera d'arte, One Sun/34 Moons, dell'artista Walter De Maria -l'architettura diventa arte scultorea.
Il vetro traslucido degli involucri dei nuovi padiglioni denominati "lenti" emergono direttamente dal parco naturale circostante gli edifici e superano il livello della copertura, tendendo idealmente ad un incontro con il cielo, definito solo da una sottile scossalina sporgente in alluminio, ripetute poi in leggere scanalature orizzontali, che segnano all'esterno la presenza delle passerelle e dei loro cambiamenti di quota.



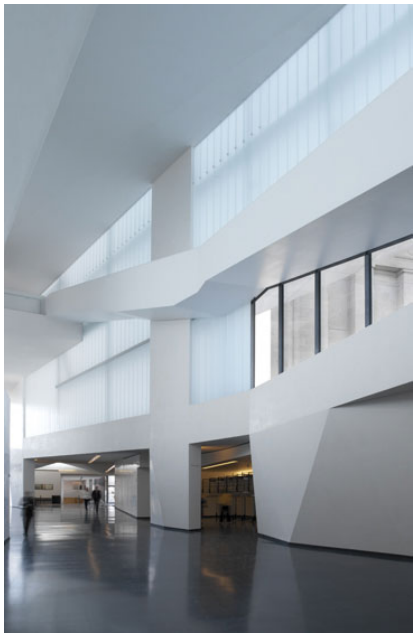
La percorribilità dello spazio attraverso le "lenti", tramite i passaggi in quota delle passerelle e gli attraversamenti interrati, è circolare: elemento fondamentale per l'ambizione espressa spesso da Holl di coinvolgere il corpo umano e la percezione umana nell'esperienza dell'architettura. La scelta delle rampe, l'identificazione dello spazio interno con una promenade architettonica, avvolta in una dimensione eterea e fluttuante resa grazie alle superfici traslucide dell'involucro, riprende un tema caro a Le Corbusier. Oltre a ciò l'edificio di Holl per il Nelson-Atkins manifesta l'attenzione per l'umano e l'emotivo attraverso la manipolazione della luce, la scelta dei materiali e i legami che l'architettura stabilisce tra interno ed esterno, tra nuovo ed antico. L'architettura di Holl veleggia facendosi strada fra opposti apparenti: se la struttura originaria è pesante ed opaca, quella nuova appare leggera e luminosa. Se l'edificio originale è un solo blocco monolitico, quello nuovo è frammentato in cinque elementi costruttivi. Se questi elementi comunicano un'idea di stasi, l'interno scorre agilmente fra i vari oggetti esposti, illuminato, con effetti sottilmente barocchi dai padiglioni soprastanti.





Caratterizzato da idee originali e da prese di posizione a volte contraddittorie, l'opera di Holl diventa a misura d'uomo grazie al suo aspetto tattile e luminoso. Percorrendo le "lenti" si è consapevoli della luce naturale zenitale, ma non si colgono i padiglioni soprastanti come volumi singoli o isolati. Le pareti si frammentano e si curvano in questi vuoti in modo che la luce che entra sia ricevuta e riflessa dai soffitti a volta, secondo linee spezzate, utili a contenere gli impianti di ventilazione e condizionamento.





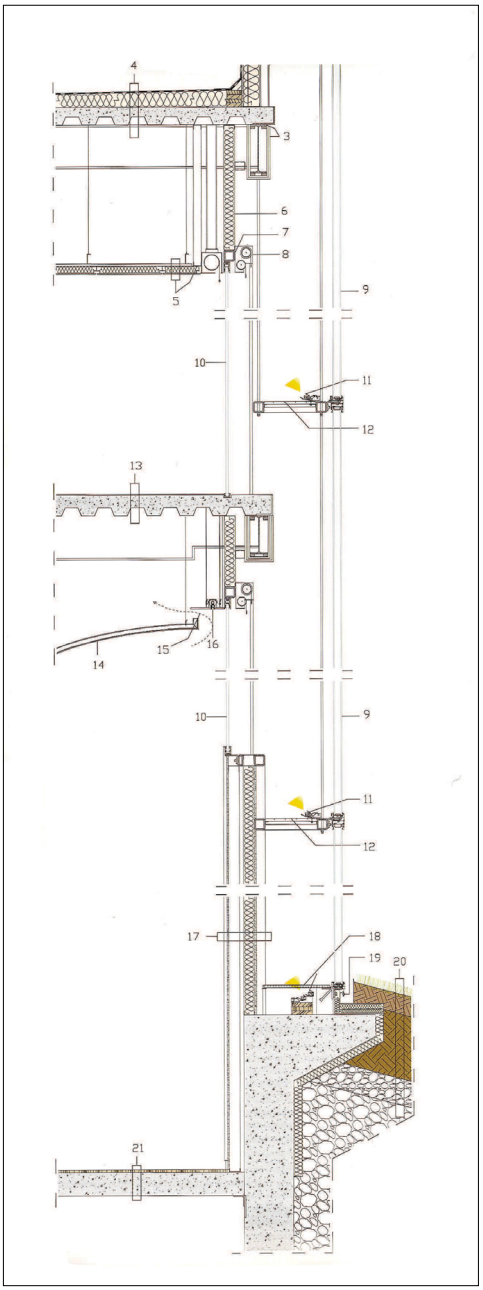
Tecnologia per l'involucro traslucido

L'esterno dei cinque nuovi padiglioni, definiti "lenti", è costituito fondamentalmente da un involucro vetrato a bassa emissività fissato su infissi in alluminio e vetrocamera interno, realizzato dalla ditta Okalux: il rivestimento esterno è realizzato in lastre di U-glass a cui è stato applicato uno stato interno di vetro traslucido, finito tramite l'applicazione attenta di un acido corrosivo. Nell'intercapedine fra U-glass esterno e vetro interno è posto un pannello isolante traslucido in microcapillari diffusori di luce, Okapane, che ha un eccellente livello di isolamento (0,8 W/mqK) ed è in grado di trasformare la luce incidente in luce diffusa, secondo appunto il fenomeno fisico della traslucenza, evitando quindi fenomeni di abbagliamento e aumentando la densità luminosa in profondità negli ambienti interni. La schermatura trasucida fra i rivestimenti in vetro contribuisce a riparare l'interno dal sole, e intensifica l'ombra verso l'esterno. Al risultato prestazionale, quindi, va sommato un notevole impatto architettonico evidenziato di giorno grazie all'effetto di inconsistenza e grande leggerezza dato ai volumi e con l'illuminazione notturna artificiale. Attivati da sensori, i





corpi illuminanti alloggiati all'interno del doppio rivestimento vetrato, intensificano l'illuminazione delle gallerie quando è necessario. Al crepuscolo il progetto di Holl si illumina: in particolare di inverno i padiglioni sembrano iceberg fusi con la neve che copre il paesaggio di Kansas City.



Sezione tecnologica di facciata: DETTAGLIO A
1- scossalina in aluuminio dipinta di colore grigio chiaro, pannello in cartongesso 12 mm, strato isolante inclinato, lamiera grecata 80 mm, carter di chiusura
2- sistema di cavi in acciaio di irrigidemento dipinti di bianco
3- trave in acciaio a doppia T h500 mm rinforzata e rivestita da piatti in acciaio ignifughi sp. 20+20 mm
4- solaio di copertura
5- controsoffitto interno
6- strato isolante di chiusura
7- profilo scatolare in acciaio per il supporto dell'infisso
8- doppia tende avvolgibile e motorizzata per il controllo solare
9- facciata in vetro a bassa emissività su infissi in alluminio e vetrocamera con strato termoisolante interno traslucido Okalux, 10/50/10 mm
10- parete interna in vetro laminato opaco trattato con acido su infissi in alluminio sp. 20 mm
11- dispositivo per l'illuminazione della facciata con lampade su clip ruotabili
12 - passerella di sicurezza saldata in acciaio e ancorata alla struttura di stabilizzazione e controventamento
15- passaggio per ventilazione naturale e artificiale e sede dei condotti HVAC
16- binari in acciaio per il supporto delle lampade
18- dispositivo per l'illuminazione protetto da una grata in fibra di vetro rimovibile

Fonti bibliografiche

Ryan R., in THE PLAN n.21/2007, Centauro, Bologna, pg. 103
MATERIA n.51/2006

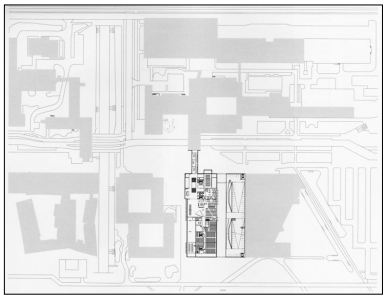
Fonti iconografiche

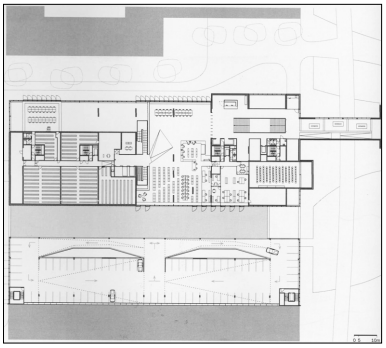
Foto di Andy Ryan e Roland Halbe tratte da THE PLAN 21/2007

UBU Biblioteca Universitaria Utrecht - Olanda

LOCALIZZAZIONE	Heidelberglaan 3, Utrecht - Germania
DATA DEL PROGETTO	1997>2001; 2001>2004
PROGETTISTA	Wiel Arets architects
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	Gunilla Klinkhammer, Robert Binder, Nadja Hellentahl, Alexander Probst
COMMITTENTE	Università di Utrecht
IMPRESA ESECUTRICE	Heijmans-IBC Bouw bv, GTI, Utiliteit Midden bv, Permasteelisa Central Europe bv
DESTINAZIONE D'USO	didattico/universitario
DATI DIMENSIONALI	36.250 mq
COSTO INTERVENTO	€ 45.000.000,00

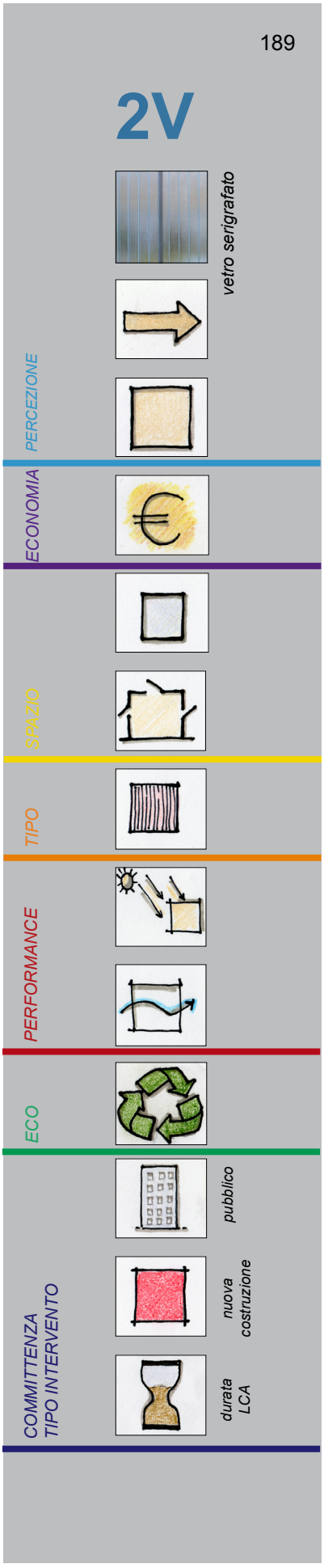






Descrizione del progetto

La Biblioteca Universitaria va ad aggiungersi al nuovo complesso universitario della città di Utrecht. Di fianco alla biblioteca, lungo tutto il perimetro sul lato est, un patio divide la biblioteca dalla zona parcheggio, lasciando filtrare la luce su tutti i lati. Sopra il patio si colloca la terrazza del caffè letterario situato a piano terra. Un lato dell'edificio ospita la sede dell'università, dal suo interno, nudo allo stato grezzo è possibile godere di una vista "filtrata" sulla campagna circostante. Dall'altro lato dell'edificio, il panorama è costituito da lunghi ballatoi situati a fianco della corte interna, i quali fungono da tapparelle filtrando la visuale sulla zona parcheggio.



L'UBU, paragonabile alla scatola nera di un aereo, non è semplicemente un luogo in cui recarsi per la consultazione dei libri, è un luogo in cui è possibile lavorare trovando la giusta concentrazione, ma anche un luogo in cui incontrare gente senza bisogno di ulteriori stimoli oltre all'atmosfera che lo stesso edificio riesce a creare. I depositi per i libri, che sembrano fluttuare come nuvole, dividono lo spazio in diverse zone, collegate fra loro da scale e ballatoi. Tali depositi, a cui si appoggiano le scale di lettura, sono costruiti in calcestruzzo nero decorato e rivestiti da una facciata in doppio vetro serigrafato che permette alla luce naturale di arrivare fino all'interno dell'edificio stesso. La facciata in vetro racchiude anche la zona parcheggio, che fascia armoniosamente l'edificio diventando parte integrante.



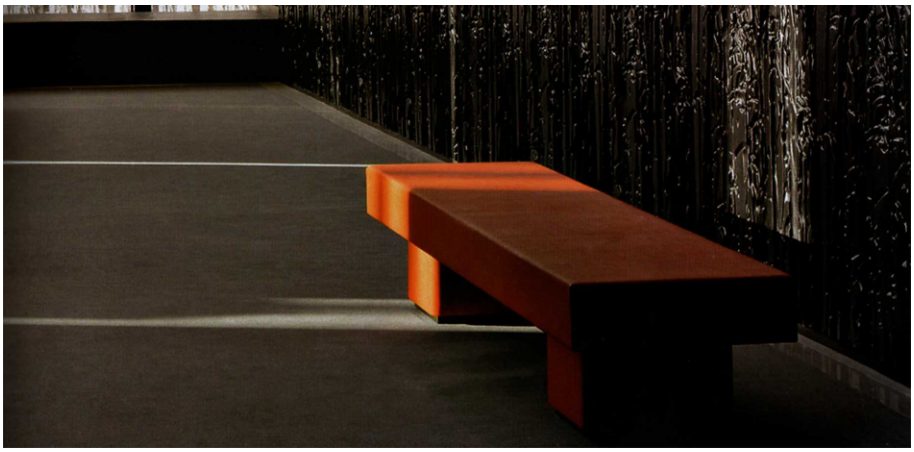


Il raccoglimento contro il confronto, lavorare concentrandosi invece di comunicare, sono queste le premesse su cui si basa questa biblioteca, concetto che è stato sviluppato gestendo e modellando il rapporto fra spazio interno e controllo dell'illuminazione naturale, ma anche artificiale, ogni elemento dell'involucro svolge la propria funzione di filtro luminoso capace di aumentare il comfort interno degli ambienti vissuti, anche attraverso l'uso del colore nero per gli interni. Il pavimento lucido è in grado di riflettere sia la luce naturale che quella artificiale, illuminando, in tal modo, tutti i 42 milioni di libri sistemati sulle mensole aperte; i tavoli, bianchi e lunghi, permettono una facile consultazione dei libri o di effettuare, senza troppa fatica, ricerche con strumenti elettronici.

Diventa significativo quindi il rapporto percettivo fra spazio e funzioni, che viene risolto attraverso l'uso di colori ben definiti: all'interno di uno spazio 'in toni di grigio', dove cioè il nero dei pavimenti e del cemento serigrafato si contrappone al chiarore della luce che penetra attraverso le geometrie che decorano l'involucro esterno, il percorso è scandito da elementi in rosso, il cui effetto percettivo è immediato e molto chiaro.
I volumi chiusi dei depositi sono sospesi come nuvole opache nell'aria, la struttura aperta tuttavia, da ai visitatori un senso di totale ariosità e libertà. Le foglie serigrafate sulla facciata in vetro creano l'illusione che l'edificio si inserisca in un contesto naturale, oltre a svolgere la funzione di schermatura per la luce diretta del sole.

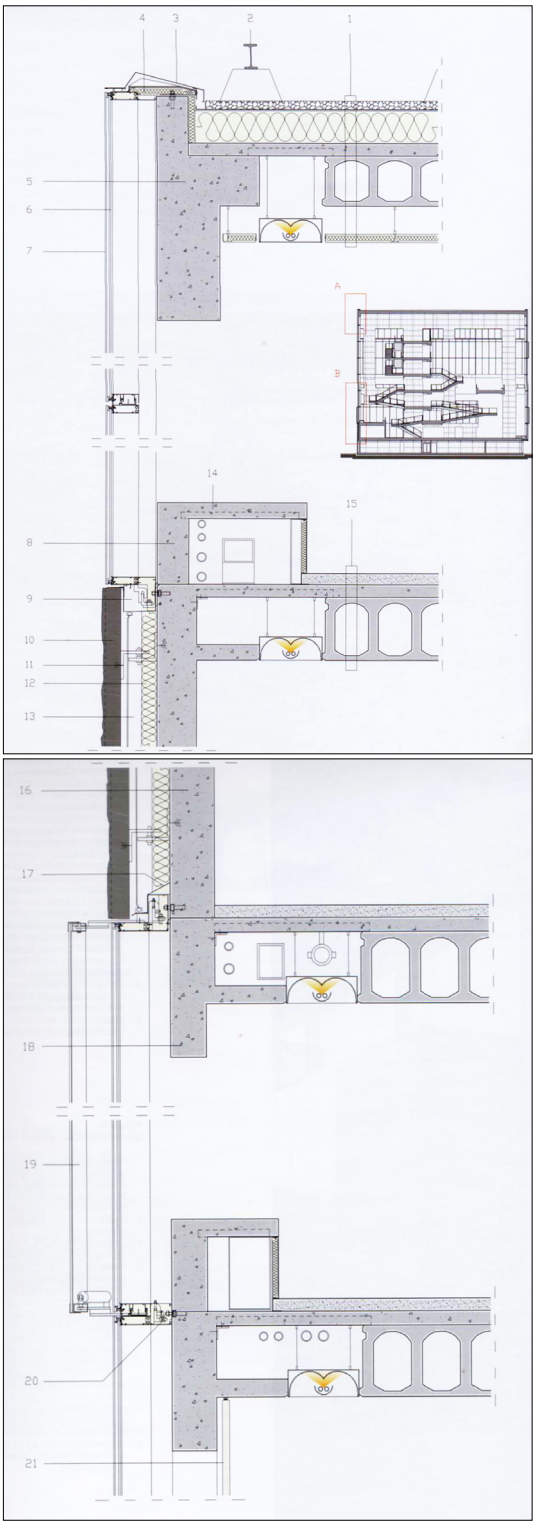
Tecnologia per l'involucro traslucido

L'involucro in questo progetto è caratterizzato dalla sua unitarietà, valorizzata dal tema decorativo con motivo arboreo-naturalistico, entro cui si alternano superfici opache e vetrate traslucide, pannelli complanari e volumi aggettanti. La semplicità formale del volume costituente la biblioteca esalta la complessità del disegno 'a foglie' della decorazione dell'involucro, movimentato a tratti dalla soluzione di parti apribili della facciata in vetro. La stessa decorazione viene ribadita nelle superfici interne con colorazione nera. L'eleganza inoltre della decorazione si unisce ad un'attenta ricerca tecnologica di sistemi di illuminazione artificiale che valorizzi gli spazi interni e soprattutto l'involucro esterno di notte.
L'involucro traslucido quindi è costituito da una facciata continua realizzata, senza soluzione di continuità, con lastre in vetrocamera serigrafato sp. 36 mm con profili in alluminio e pannelli vetrati apribili con comendo automatico secondo la posizione del sole, dotati di tende interne per aumentare la scehrmatura solare; l'involucro opaco invece è realizzato in lastre prefabbricate in calcestruzzo sp. 100 mm con finitura esterna a rilievo di colore nero con fissaggi in alluminio a costituire il pacchetto ventilato ed isolato di facciata.



192

Sezioni tecnologiche di facciata: DETTAGLIO A
1- strato di ghiaietto 50 mm, isolamento ad alta qualità, barriera al vapore, strato i c.a. 80 mm, soletta prefabbricata in calcestruzzo 320 mm, controsoffitto fonoassorbente
2- IPE 160 per la guida di pulizia della facciata
3- scossalina in alluminio pressato a freddo
4- isolamento
5- trave in calcestruzzo armato con finitura di colore nero
6- vetrata strutturale serigrafata con profili in alluminio
7- vetrocamera sp. 36 mm
8- muro in calcestruzzo armato gettato in opera sp. 200 mm
9- incastellatura metallica pressata a freddo
10- pannello prefabbricato in calcestruzzo sp. 100 mm con finitura esterna a rilievo di colore nero
11- fissaggio del pannello
12- isolamento sp. 100 mm
13- intercapedine per l'aerazione della parete
14- copertura per la cavità degli impianti
15- pavimento in calcestruzzo monolitico con rivestimento epossidico, strato in c.a. 80 mm, soletta prefabbricata in cls 400 mm
Sezioni tecnologiche di facciata: DETTAGLIO B
16- parete in calcestruzzo armato gettato in opera sp. 250 mm con trattamento antipolvere
17- guaina impermeabilizzante
18- trave in c.a. Gettato in opera sp. 200 mm con finitura di colore nero
19- pannello vetrato apribile con comando automatico secondo la posizione del sole
20- rivestimento in acciaio del sistema di fissaggio della facciata
21- tenda interna per schermatura solare



Fonti bibliografiche

Project Report in:
MATERIA n.51/2006, *Decorazioni*, Motta Editore, pg.52
THE PLAN n.008/2004-05, Centauro, Bologna, pg. 52

Fonti iconografiche

Foto di Jan Bitter tratte da THE PLAN 8/2004-05

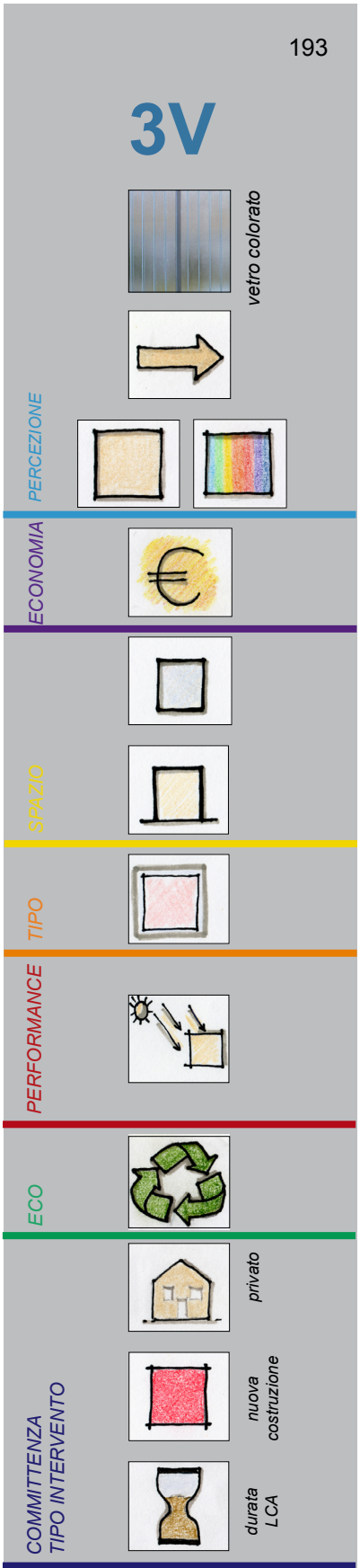
Istituto olandese dell'immagine e del suono
Hilversum - Olanda

LOCALIZZAZIONE	Sumatralaan 45, Mediapark, Hilversum, Olanda
DATA DEL PROGETTO	1999 - 2003>2006
PROGETTISTA	Neutelings Riedijk Architecten
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	Willem Jan Neutelings, Michiel Riedijk Frank Beelen, Joost Mulders, Tania Ally, Wessel Vreugdenhil, design delle facciate= Jaap Drupsteen
COMMITTENTE	Nederlands Institute for sound and Vision, Hilversum
IMPRESA ESECUTRICE	Heijmans, IBC Best - Saint Gobain (realizzazione vetrate)
DESTINAZIONE D'USO	DIDATTICO/CULTURALE: museo, archivi, biblioteca audiovisivi e uffici
DATI DIMENSIONALI	30.000 mq area totale
COSTO INTERVENTO	€ 40.000.000,00

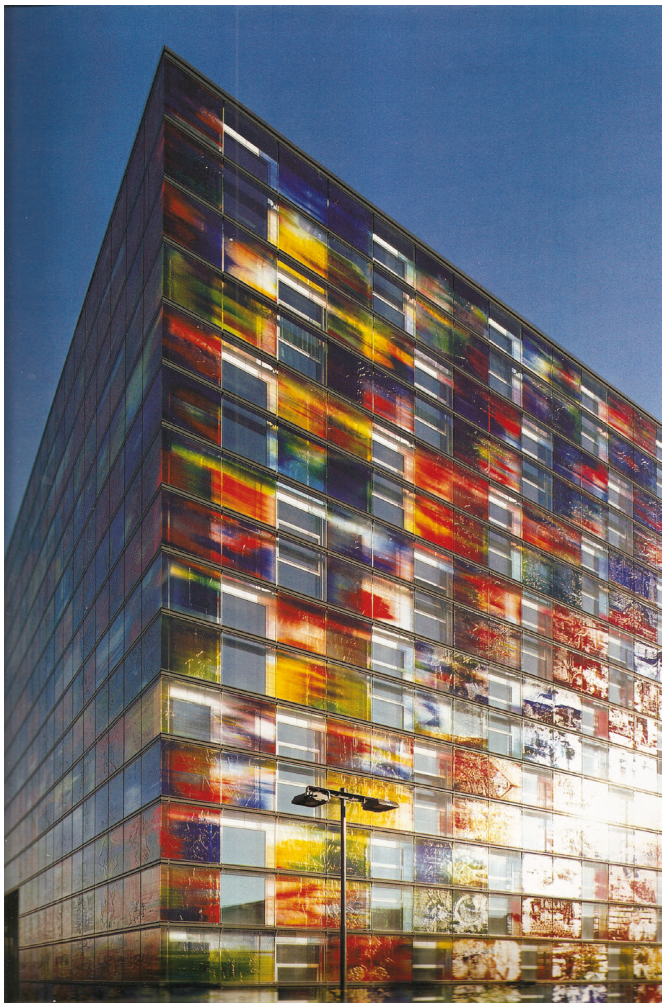


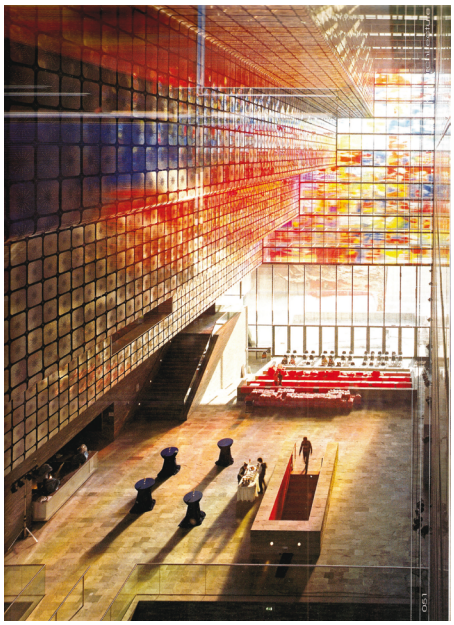
Descrizione del progetto

Sarà perché quella dei mass-media sembra essere diventata una nuova religione che Neutelings e Riedjik ne hanno eretto una cattedrale, come quelle gotiche, con vetrate traslucide e luce soffusa, che illumina quasi in maniera mistica l'interno del nuovo Istituto Olandese dell'immagine e del suono, che raccoglie tutto il materiale audiovisivo prodotto in Olanda dall'epoca della nascita della radio e della televisione. I progettisti, avvezzi ad involucri affascinanti, ad un'architettura funzionale all'interno quanto ammaliante all'esterno, confermano questa tendenza attuale di rivestimento architettonico, che intesse la parete quasi fosse un



tessuto decorativo con chiari richiami all'attività che accoglie l'edificio. Nell'idea dei progettisti l'immagine stessa crea l'involucro dell'edificio: 748 fotogrammi sono usati per trasformare la facciata in un grande caleidoscopio, ad opera dell'artista Jaap Drupsteen con il gruppo di ricerca TNO di Eindhoven. Ogni fotogramma è impresso sul vetro con una tecnologia studiata ad hoc che consente di avere una sorta di bassorilievo dell'immagine.
L'istituto diventa una coloratissima icona urbana riconoscibile non tanto per la sua forma, quanto per la qualità sensoriale e percettiva dell'involucro esterno, rivestito da un'unica
superficie vibrante, sulla quale si distinguono le immagini soltanto in certe condizioni di luce o in vicinanza. Alla particolarità della facciata corrisponde l'articolata complessità dello spazio interno, che sembra levitare grazie all'uso di elementi strutturali molto poco incidenti rispetto all'effetto drammatico della luce colorata che piove dalle grandi vetrate. Nell'architettura di Neutelings e Riedijk l'immagine rimane in superficie, mentre l'architettura si conferma una meravigliosa esperienza spaziale.

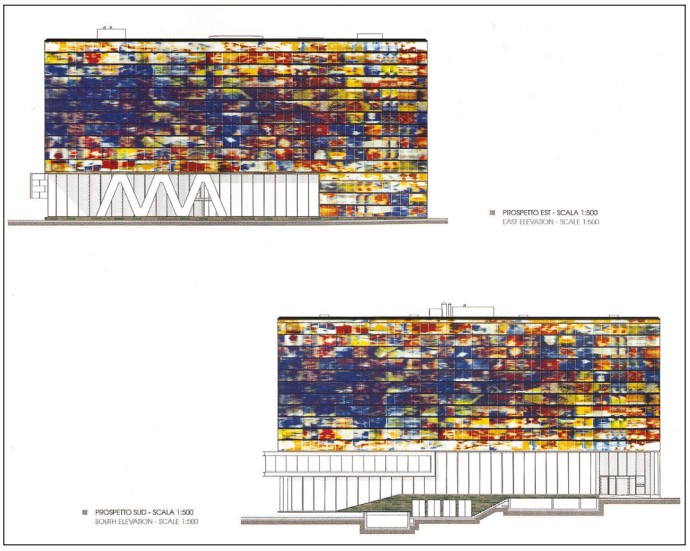




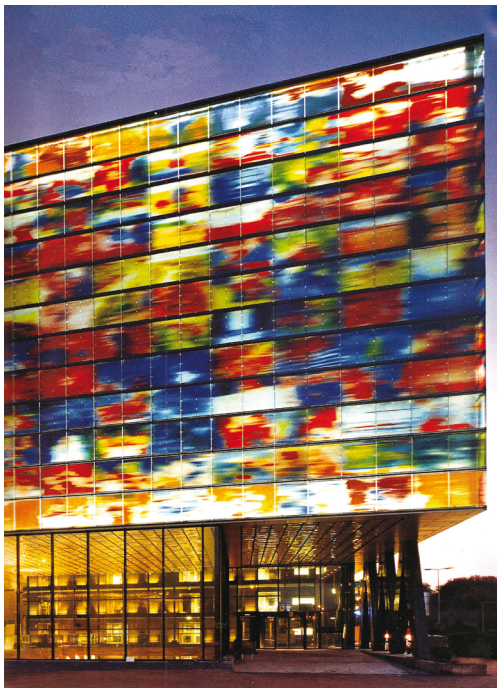


Tecnologia per l'involucro traslucido

Per la facciata si è cercato un modo per tradurre immagini televisive originali, in vetrate in bassorilievo colorate, creando una superficie luminosa, tattile e scultorea. Sono occorsi tre anni di sperimentazione dei progettisti insieme ad un gruppo di ricerca della Saint-Gobain, la quale ha sviluppato una nuova linea di produzione. Sono state ottenute 748 immagini in bassorilievo a colori applicate su più di 2100 lastre di vetro trattate con pasta ceramica. La sfida è consistita nell'includere una grande varietà di immagini televisive nella facciata, presentando una selezione casuale degli archivi dell'istituto. La scelta finale di produzione dei vetri è stata dettata dalla resistenza nel tempo del trattamento: si è utilizzata una tecnica in cui una pasta ceramica applicata ai vetri veniva lavorata da una stampante sviluppata appositamente.



Jaap Drupsteen ha trasferito i fotogrammi tratti dai video e rielaborati sulle lastre di vetro, un'operazione interamente digitale che gli ha avrebbe permesso, teoricamente, di trasferire un numero illimitato di immagini senza costi aggiuntivi. Molto più difficile è stato il processo di creazione del rilievo che utilizzava lo steso principio dell'antica produzione del vetro. Dopo aver scelto un fotogramma, Drupsteen procedeva nell'incisione dell'immagine su un pannello MDF con una fresa a controllo numerico; successivamente lo rivestiva su un lato di pasta ceramica e lo faceva cuocere in forno a 820°C, immerso in un letto di sabbia. A questa temperatura la pasta si scioglie trasferendo l'immagine su vetro insieme alla forma. Così è stato creato un pannello vetrato in bassorilievo colorato resistente ai raggi UV e al tempo.
di Neutelings Riedijk Architecten



Fonti bibliografiche

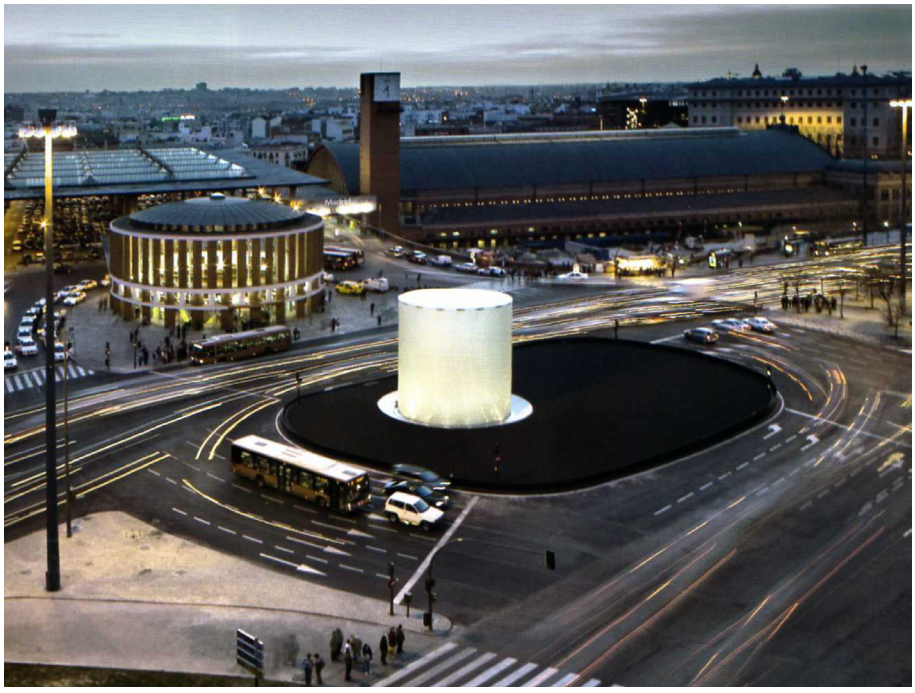
Ricchi D., in MATERIA n.55/2007, Involucri, Motta Editore, pg.122
Gandolfi E., in THE PLAN n.19/2007, Centauro, Bologna, pg. 40
DETAIL n.10/2007, Materiali Traslucenti, pg. 1126

Fonti iconografiche

Foto di Daria Scagliola tratte da MATERIA 55/2007

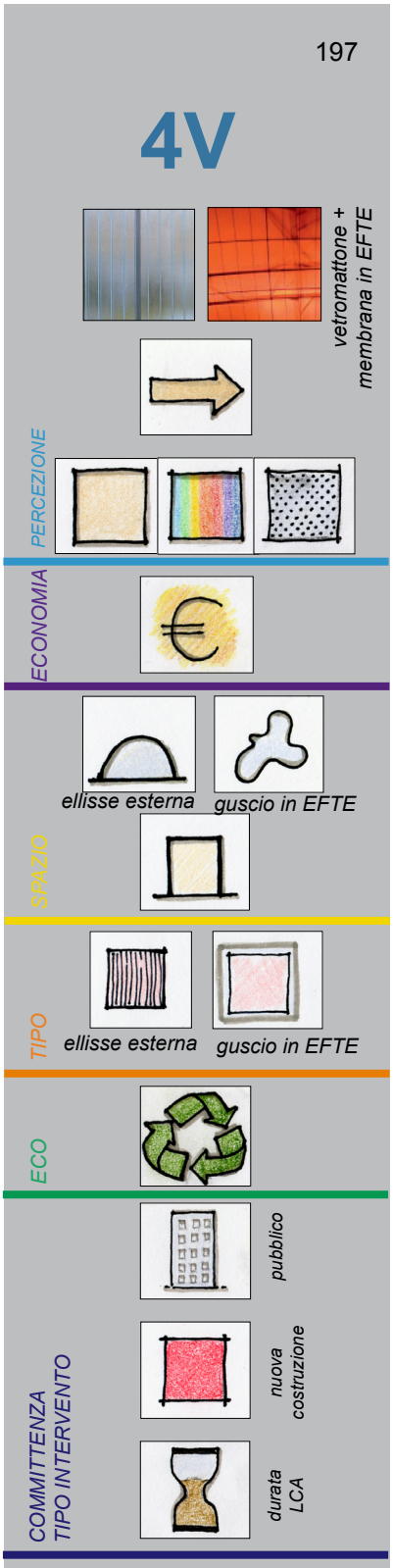
Monumento commemorativo per le vittime del terrorismo 11 marzo 2004 Madrid - Spagna

LOCALIZZAZIONE	stazione ferroviaria di Atocha, Madrid - Spagna
DATA DEL PROGETTO	in onore delle vittime dell'attentato dell'11 marzo 2004; 2006>2007
PROGETTISTA	FAM Arquitectura y Urbanismo slp/Knut Göppert, Christoph Paech
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	-
COMMITTENTE	Madrid city Council + RENFE
IMPRESA ESECUTRICE	Hightext (lamine EFTE), Schott (produzione blocchi in vetro), iGuzzini (luci), Kerakoll (elementi chimici); Urculo Ingenieros Comacal (confezionatore ed installatore)
DESTINAZIONE D'USO	infrastruttura/culturale: monumento commemorativo, spazio di interscambio
DATI DIMENSIONALI	1.088 mq lotto; 497,5 mq edificio a pianta ellittica 8x11 m altezza 11 m; capienza 200 persone
COSTO INTERVENTO	€ 6.000.000,00



Descrizione del progetto

L'edificio è l'esito di un concorso che ha visto vincitori un gruppo di architetti giovanissimi, lo studio madrileno FAM, che con il loro progetto hanno saputo creare uno spazio fortemente emotivo, in grado di trasmettere non solo il cordoglio per la perdita di innocenti vite umane ma anche un messaggio di speranza nel futuro. Il monumento contemporaneo si inserisce su una rotonda in mezzo ad una strada



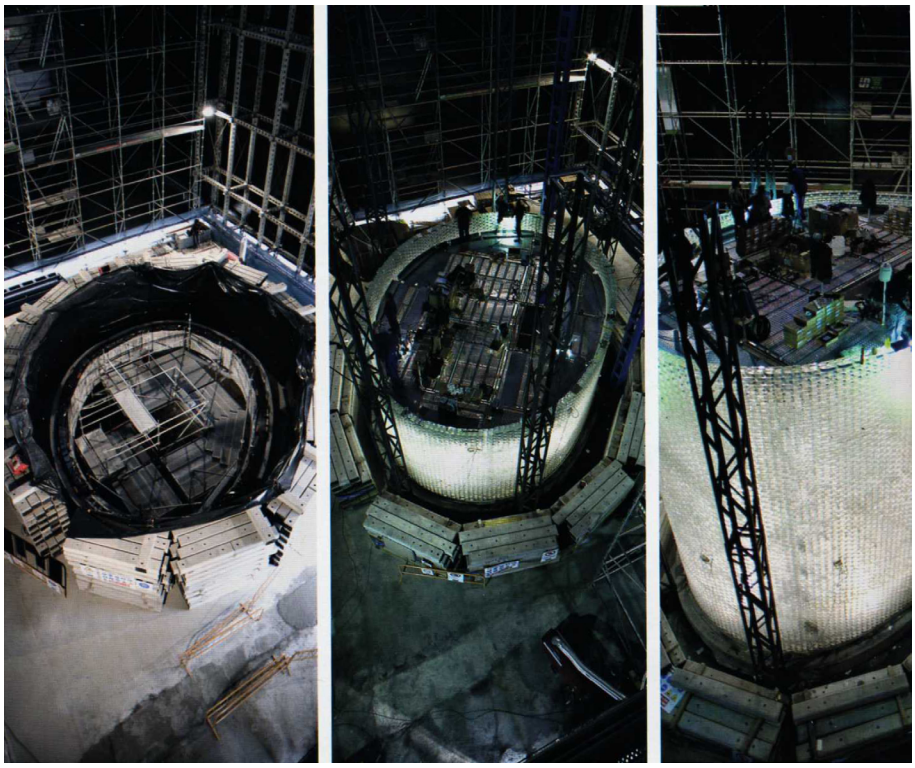
molto trafficata proprio di fronte alla stazione di Atocha, come un segno luminoso di notte e diafano ed etereo di giorno. Il progetto infatti è composto di due elementi principali: un monumento a scala urbana costituito dal cilindro di vetro a base ovale e alto 11 metri, misura che ha anche un valore simbolico rispetto alla data dell'attentato, ed uno spazio a dimensione umana, costituito da un ambiente sotterraneo, silenzioso e suggestivo, la "camera blu", accessibile attraverso un istintivo percorso dal buio verso la luce. La luce in questo progetto diventa un messaggio di speranza e di rinascita.



Tecnologia per l'involucro traslucido

La parte esterna di involucro alta 11 m consta di una pianta ellittica ed è composta da circa 15.100 elementi piani di vetro curvato incollati fra loro con materiale acrilico. I "mattoni" traslucidi, che pesano 8,4 kg ciascuno e misurano 20x30 cm per 7 cm di spessore, sono stati appositamente realizzati in vetro borosilicato per le sue caratteristiche di robustezza, inattaccabilità agli acidi e soprattutto per la sua resistenza agli shock termici. Tali elementi di vetro sono stati posati e fugati in cantiere con collante a base di acrilato indurito con polimerizzazione con raggi UV, per conservare elevate caratteristiche di trasparenza. Inoltre per limitare le tensione a cui sarebbero soggetti tali giunti siliconici, da un lato il corpo in vetro poggia su 200 cuscini elastomerici in EPDM di 160x100x45 mm che compensano diverse dilatazioni dovute a variazione di temperatura della struttura.

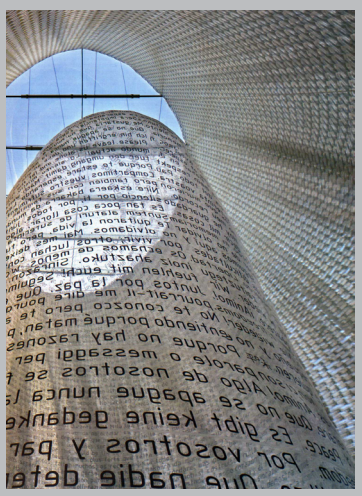
I particolari procedimenti di posa e polimerizzazione degli elementi hanno condizionato anche l'impostazione del cantiere, che è stato



temporaneamente protetto da un involucro a protezione degli influssi atmosferici (temperatura, umidità dell'aria, raggi UV, che influiscono sugli acrilati); in soli tre mesi sono state incollati tutti gli elementi di vetro.

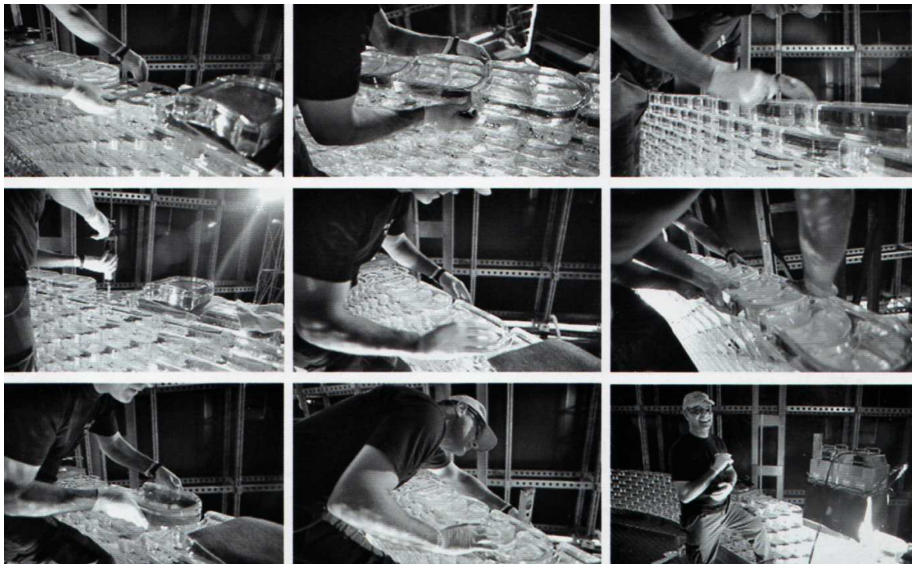
In considerazione della assoluta privazione di tutti gli elementi che avrebbero potuto creare disturbo ottico alla traslucenza e trasparenza dei due involucri vetro e EFTE, per la copertura sono state introdotte cinque travi di vetro (composte da quattro elementi ciascuna, per i limiti dimensionali realizzabili in vetro piano ai borosilicati in fase produttiva) ad irrigidimento della struttura in lastre di vetro.

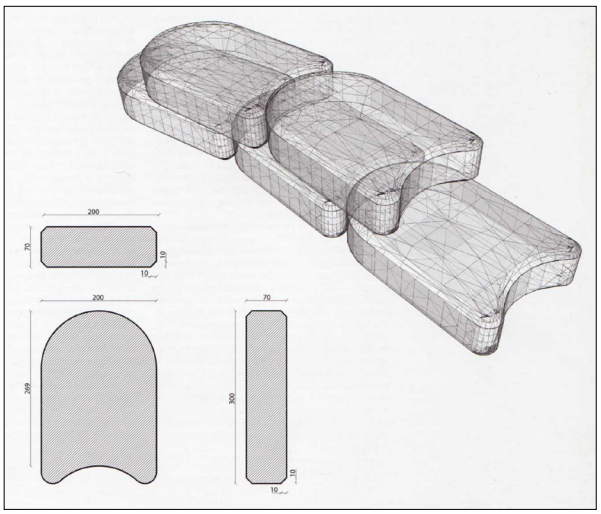
Infine l'involucro interno di forma "libera", la struttura pressostatica interna alla "lanterna" esterna in vetro, è realizzata con una pellicola EFTE (membrana di fluoropolimeri) di 150 µm di spessore, che copre una superficie di 186 mq, leggera, traslucida ed organicamente plasmata, con caratteristiche di elevata resistenza nel tempo, su cui sono stati trascritti frasi di solidarietà tratte dai biglietti lasciati sul luogo dell'attentato. Con un processo di stampa digitale il testo è stato impresso su ogni settore di pellicola poi fissato a raggi UV. La struttura è sorretta da un tubolare zincato a fuoco, che crea un fissaggio stabile per la pellicola in EFTE. La geometria della pellicola è stata sviluppata in dipendenza della pressione dell'aria; infatti tra la cortina dei blocchi in vetro e la seconda pelle in efte sono alloggiati sia il sistema di illuminazione artificiale che trasforma il monumento in





un oggetto luminoso durante la notte, sia gli impianti che mantengono in depressione l'intercapedine, sostenendo così l'intero involucro serigrafato, ottenuto in fabbrica mediante la saldatura di 72 pannelli.





Fonti bibliografiche

Zanchi F., in MATERIA n.56/2007, *Trasparenze*, Motta Editore, pg.64
DETAIL n.10/2007, *Materiali Traslucenti*, pg.1160
Tatano V. (a cura di), *Oltre la trasparenza. Riflessioni sull'impiego del vetro in architettura*, Officina Edizioni, 2008, pg. 90
Campioli A., Zanelli A. (a cura di), *Architettura tessile. Progettare e costruire membrane e scocche*, serie "I libri di Arketipo-Monografie", IlSole24Ore, 2009, pg. 318

Fonti iconografiche

Foto di Esau Acosta tratte da MATERIA 56/2007

Centrum Bavaria Bohemia
Schönsee - Germania

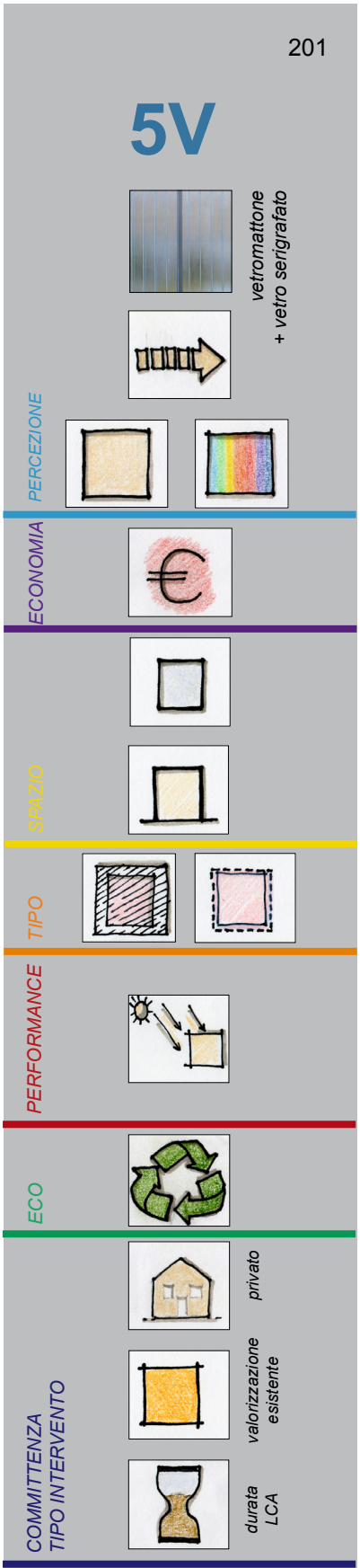
LOCALIZZAZIONE	Schönsee - Germania
DATA DEL PROGETTO	XVII secolo (edificio originale) 2003; 2004>2006
PROGETTISTA	Brückner & Brückner Architekten
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	-
COMMITTENTE	Stadt Schönsee
IMPRESA ESECUTRICE	-
DESTINAZIONE D'USO	CULTURALE: museo, infopoint, esposizioni
DATI DIMENSIONALI	superficie lorda costruita 565 mq
COSTO INTERVENTO	€ 1.900.000,00



Descrizione del progetto

L'intervento interessa un piccolo complesso risalente al XVII secolo presso Schönsee, una cittadina in Baviera al confine con la Boemia, lungo la "strada del vetro". Esso ospita un centro culturale pensato per stimolare e rilanciare le relazioni culturali fra Germania e Repubblica Ceca.

Formato da tre eterogenei volumi di pietra, l'organismo edilizio era, i origine, una fabbrica di birra comune; dismessa da oltre cinquant'anni, era in uno stato di totale abbandono che l'aveva trasformata rapidamente in rovina, a causa della perdita della copertura, di infiltrazioni d'acqua e di dissesti statici nelle murature. La soprintendenza avviò una prima campagna di restauri per il consolidamento delle murature e per il rifacimento della copertura nell'ala ovest. Successivamente intervenne il progetto di Brückner & Brückner Architekten che si presenta come congruente con le caratteristiche costitutive del manufatto e capace



di innescare un processo di valorizzazione esteso al luogo, con vantaggio per l'intera comunità. Nasce così il CeBB, diviso in quattro aree tematiche più uno spazio virtuale internet: il "bb-central", l'atrio, il "bb-forum", spazio polivalente, il "bb-dialog", per seminari, ed il "bb-info". Sfruttando l'occasione del tetto crollato e la necessità di uno spazio aggiuntivo i progettisti hanno creato un'addizione che estrude in verticale il profilo esistente in corrispondenza dell'ala est, attraverso un nuovo volume che si inserisce ed emerge dalla "scatola" preesistente di pietra, creando così lo spazio del "bb-media". La nuova superfetazione, in modo analogo a quella ricavata in corrispondenza della torre, ha struttura in calcestruzzo ed è rivestita di lastre di vetro con forma rettangolare allungata (30x150 cm) di colore verdognolo. Agendo con la strategia dell "catola nella scatola", all'interno dell'involucro in pietra esistente, è stato inserito un nuovo volume in calcestruzzo armato, strutturalmente indipendente ancorato al muro in pietra, declassato a puro rivestimento, per mezzo di barre metalliche.
Il volume emergente è rivestito di lastre di vetro e caratterizzato da una copertura di tegole di vetro fabbricate appositamente da un produttore locale. Le tegole trasparenti sono retroilluminate con un sistema di fibre ottiche di vetro, che di notte permettono alla copertura di mutare di colore.



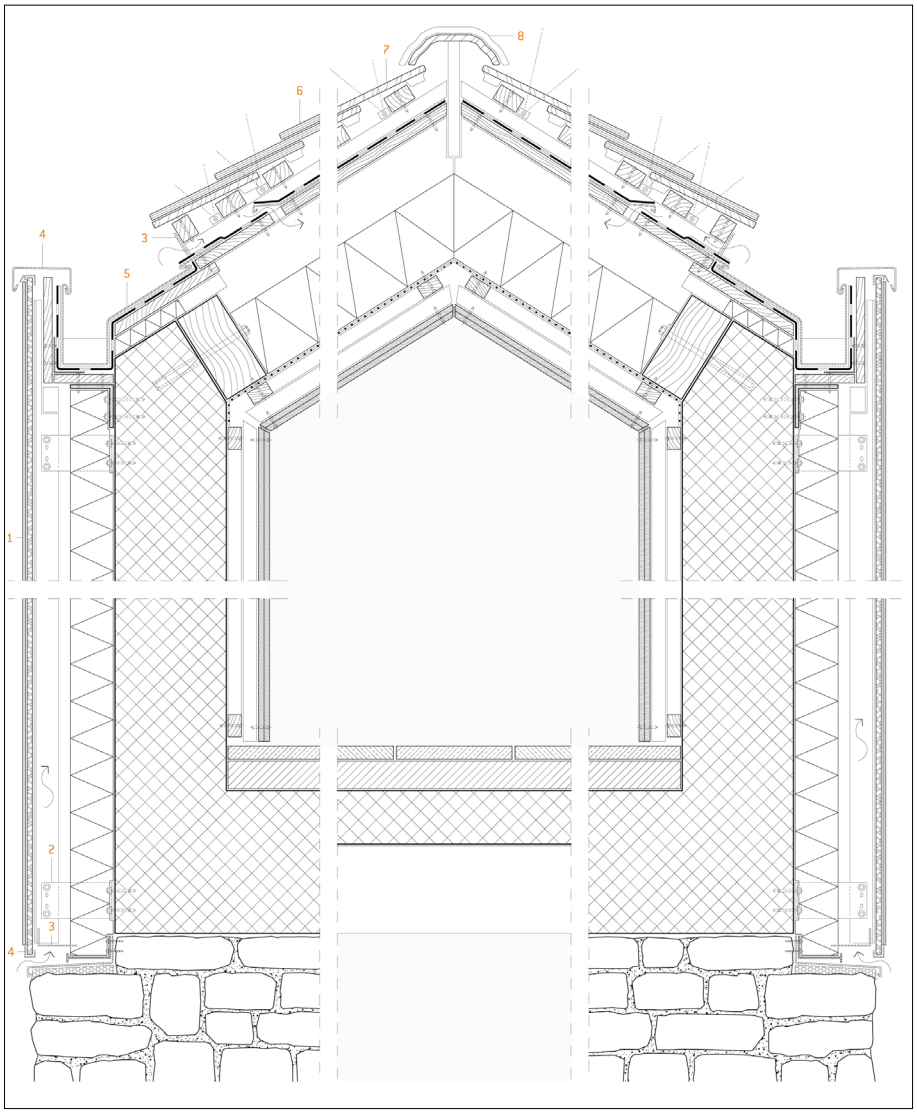
Tecnologia per l'involucro traslucido

L'intervento si caratterizza per due aspetti tecnologici di involucro traslucido: da un lato il rivestimento del volume emergente come ampliamento dell'edificio esistente, dall'altro la sua copertura. Il rivestimento verticale è realizzato in lastre di vetro temprato di sicurezza, di dimensioni 1500x300x6 mm, di colore verde sono serigrafate per

mezzo di un processo di stampa in più fasi con un pattern astratto, con un'immagine raffigurante lastre orizzontali di vetro. Così trattate esse formano una superficie piana, quasi priva di fughe, che, con il suo aspetto monolitico, appare come un moderno proseguimento del muro di pietra su cui poggia. Le lastre sono montate a giunti sfalsati su un supporto continuo formato da un pannello portante costituito da granuli di vetro espanso riciclato abbinati ad uno speciale legante, che lo rende molto leggero e resistente. L'unione quindi dello strato di rivestimento a quello portante crea un pannello sandwich che garantisce, anche in caso di danneggiamento superficiale, la sicurezza anticaduta.
La copertura di questo nuovo blocco è realizzata con una struttura isolata, con pannelli di lana di vetro, e ventilata, con un sottostruttura in listelli di legno fra i quali sono poste le fibre ottiche in vetro che creano la retroilluminazione, mutevole durante la notte, del particolarissimo manto in tegole di vetro sp. 14 mm, fabbricate appositamente da un produttore locale, a richiamo di un elemento tipico dei fienili dell'Alto Palatinato, spesso dotati di manti trasparenti per l'illuminazione dei sottotetti.



Sezione verticale dell'involucro:
1. chiusura opaca:
- lastra di vetro temprato di sicurezza serigrafato, 1500x300x6 mm
- lastra portante di granuli di vetro espanso riciclato, sp. 12 mm
- profilo a T di supporto di alluminio con fissaggio invisibile dei pannelli di vetro, 100 mm
- isolamento termico di pannelli di lana di vetro, sp. 100 mm
2. sottostruttura a L di alluminio di ancoraggio alla parete portante con interposizione thermostop, 80x140 mm
3. griglia di ventilazione microforata
4. scossalina di rame
5. gronda di rame
6. copertura a falde:
- tegola di vetro, sp. 14 mm
- listelli di legno con retroilluminazione tegole con fibra ottica di vetro, sp. 40 mm
- controlistelli di legno, sp. 25 mm
- assito di legno, sp. 25 mm
- guaina impermeabilizzante
- ventilazione, sp. 120 mm
- isolamento termico pannelli di lana di vetro, sp. 160 mm
- barriera al vapore
- listelli e controlistelli di legno, 40x40 mm
- doppia lastra di cartongesso, sp. 25 mm
7. tegola di laterizio colore nero
8. colmo di laterizio colore nero





Dettaglio delle tegole in vetro di copertura

Fonti bibliografiche

Malighetti L., *Muro di vetro*, in ARKETIPO n.29/2008, *Cultura*, il Sole24Ore, pg.60

Fonti iconografiche

Foto di Peter Manev tratte da ARKETIPO 29/2008

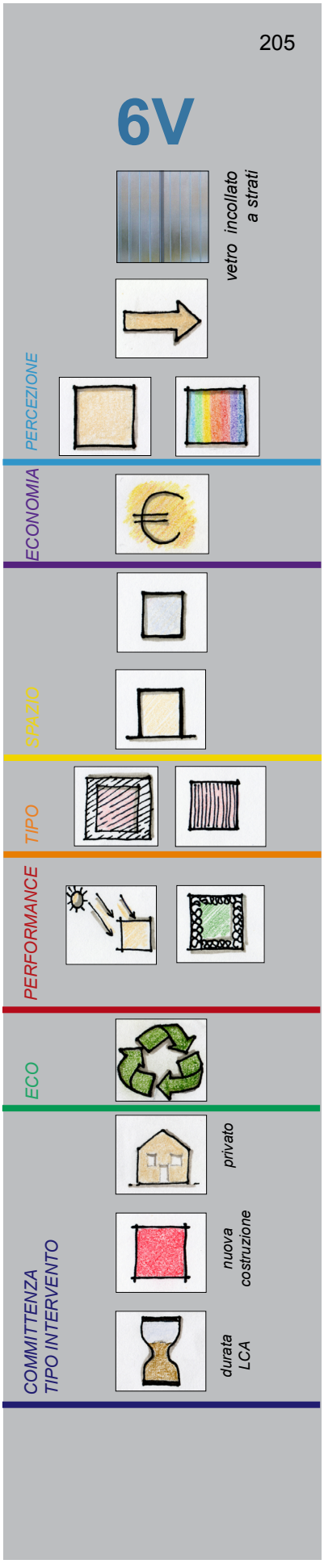
Laminata - House of Glass
Leerdam - Olanda

LOCALIZZAZIONE	Koningin Emmalaan 118, Leerdam - Olanda
DATA DEL PROGETTO	maggio 1995>maggio 1999 giugno 1999>luglio 2001
PROGETTISTA	Krunenberg van der Erve architects/ Gerard Krunenberg, Paul van der Erve
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	-
COMMITTENTE	CWL Koopwoningen, Leerdam
IMPRESA ESECUTRICE	Radix & Veerman bv, Woerden (edile); Saint-Gobain Glass Netherlands (vetri)
DESTINAZIONE D'USO	RESIDENZIALE
DATI DIMENSIONALI	340 mq
COSTO INTERVENTO	€ 850.000,00



Descrizione del progetto

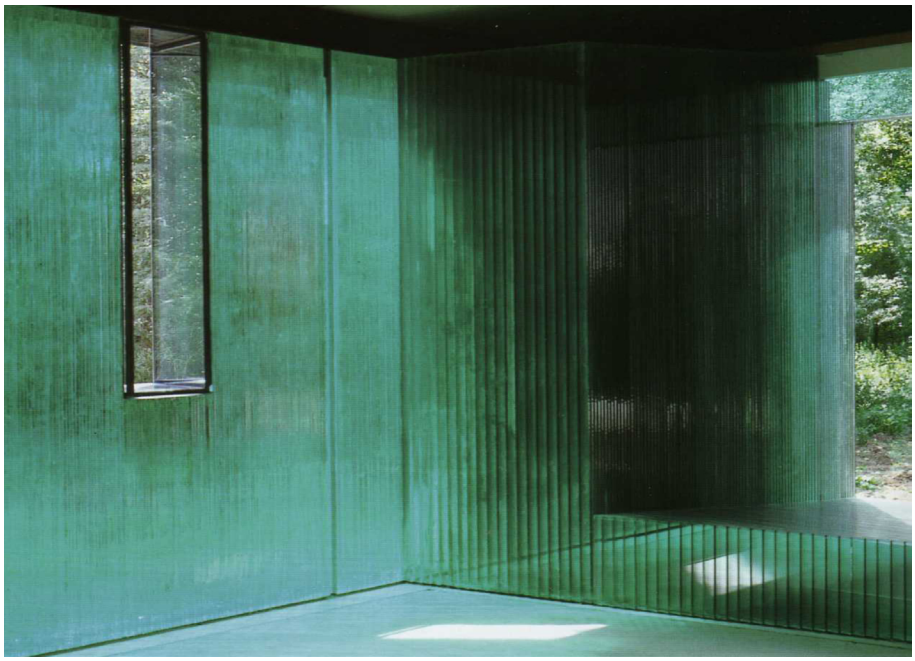
La casa di vetro di Gerard Kruunenberg e Paul Van der Erve, è il risultato di un iter progettuale insolito. Vincitore di un concorso indetto nel 1995 dal CWL - Central Woinngbeheer Lingesteden, una housing corporation di Leerdam, in occasione delle celebrazioni del quarantesimo anniversario della sua fondazione -, il progetto è stato portato a compimento grazie alla perseveranza dell'associazione.
Nonostante il disinteresse da parte delle aziende e amministrazioni locali a realizzare l'opera, la CWL, fermamente convinta dell'eccezionale qualità estetica e dell'originalità tecnologica del progetto, è riuscita a concretizzare la ricerca dei due giovani architetti olandesi, assicurandosi la stretta e indispensabile collaborazione della Saint-Gobain, fornitrice delle lastre di vetro.

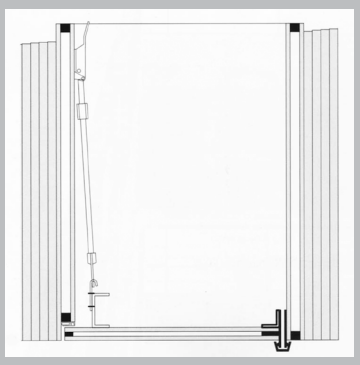


Tecnologia dell'involucro traslucido

Concettualmente la casa nasce da un gesto semplice e scultoreo. Un parallelepipedo puro, composto da 2.000 lastre di vetro incollate insieme di piatto, idealmente diviso in due distinti blocchi massicci da una linea spezzata. Dal loro slittamento è stato creato lo spazio fulcro del progetto, il lungo corridoio che attraversa per intero la casa e che, come un sentiero, con il suo andamento irregolare, rimanda alla frattura generatrice. Il gesto successivo, ovvero lo scavo, l'asportazione dei volumi dalla massa vitrea, crea e definisce gli spazi abitativi della casa, fluttuanti in una dimensione non convenzionale, densa di suggestioni dettate dalla luce variabile e dallo spessore incostante dei muri. Essi creano un effetto graduale di spazialità passando dall'opacità densa e protettiva della muratura più spessa e terminando nella limpida trasparenza delle ultime lastre.



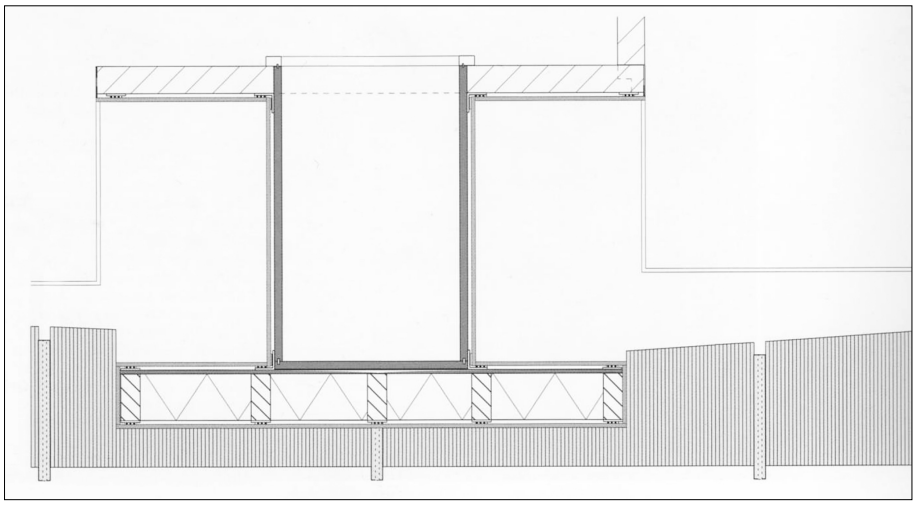




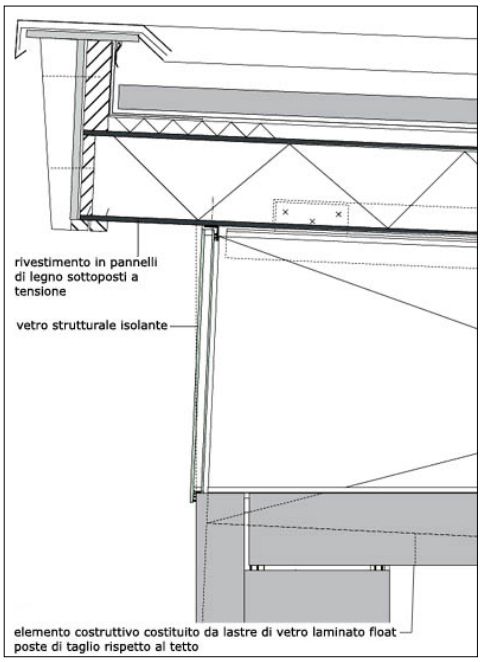
Dettaglio della finestra composta esternamente da vetro isolante incollato in situ. Gli elementi in acciaio ionox e in alluminio sono stati incollati direttamente sopra gli elementi di vetro.

Ribaltando totalmente l'idea della pelle dell'edificio contemporaneo, in cui il vetro viene utilizzato per la sua leggerezza, trasparenza, bidimensionalità, il progetto rappresenta una rivoluzione tettonica. Il materiale perde la sua fragilità, diviene grave, acquista massa e volume, si fa muratura alla stregua del calcestruzzo. Come per il legno lamellare il vetro supera i propri limiti costruttivi garantendo il suo utilizzo in ambiti e funzioni sino ad ora mai praticati. La struttura portante della casa, infatti, è costituita da circa 13.000 lastre di vetro incollate tra di loro direttamente in situ su un basamento di calcestruzzo e coperte da un tetto composto da pannelli di legno compensato. La natura sperimentale del sistema ha reso necessario l'ausilio di numerose ricerche portate avanti dalla NTO - Organizzazione Olandese per la ricerca scientifica applicata -, in modo da appurare la reale fattibilità del suo utilizzo come unico materiale da costruzione.

La resistenza del sistema è assicurata dall'unione delle lastre. La sua natura fragile e la scarsa flessibilità sono state annullate grazie all'ausilio di una colla siliconica bicomponente, resistente ai raggi UV ed elastica in modo permanente, la quale garantisce allo stesso tempo minimi spostamenti tra le lastre, l'elasticità dell'insieme e una solidità pari a quella del calcestruzzo. Dal punto di vista fisico-tecnico, il sistema assicura un buon isolamento termico e acustico (sempre che lo spessore del muro superi i 25 cm), in grado nei mesi estivi di assorbire e dissipare il calore senza trasferirlo al suo interno, mentre durante l'inverno, combinato con il riscaldamento centralizzato a pavimento, il sistema garantisce a tutti gli ambienti della casa una piacevole temperatura.



Sezione di dettaglio della parete di tamponamento utilizzato per gli ambienti dello spogliatoio e della camera da letto: sono state opacizzate grazie all'utilizzo di pannelli di legno rivestiti da elementi di vetro smaltato a colori.





Dettaglio del sistema di attacco della parete esterna al tetto.

Fonti bibliografiche

D'Angelo D., in Materia n.41/2003, pg. 36

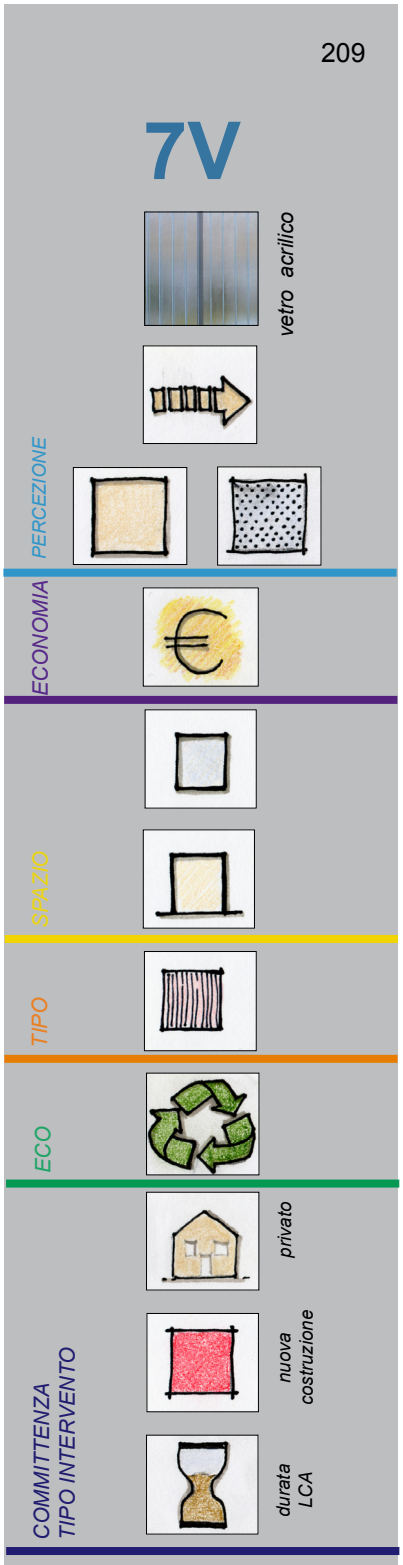
Fonti iconografiche

Foto di Christian Richters tratte da MATERIA 41/2003

Flagship store e quartier generale REISS
Londra - Inghilterra

LOCALIZZAZIONE	Londra - Inghilterra
DATA DEL PROGETTO	2007>2008
PROGETTISTA	Squire and partners
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	A, Mangiavacchi, Y. Chan, T. Gledstore, M. Larizadeh, M. Levinson, A. Medland, F. Renton, T. Sheridan, M. Squire, S. Steed
COMMITTENTE	Reiss Ltd.
IMPRESA ESECUTRICE	-
DESTINAZIONE D'USO	commerciale/uffici
DATI DIMENSIONALI	-
COSTO INTERVENTO	£ 16.000.000,00





Descrizione del progetto

La nuova sede centrale del marchio di moda Reiss sorta recentemente a Londra in prossimità di Oxford street concentra diversificate funzioni in un unico volume: ai primi tre livelli si distribuiscono gli spazi del flagship store, cui si sovrappongono le aree per lo sviluppo e la progettazione, gli spazi per il taglio, l'amministrazione generale e l'attico per David Reiss.

Il concorso, indetto per inviti a quattro architetti britannici, mirava a trovare per il marchio un'immagine di grande effetto.
Lo studio londinese Squire & Partner emerge per un concetto di grande originalità: raduna diverse funzioni in uno spazio chiuso da un velo traslucido di lastre di vetro acrilico disposte verticalmente. Di giorno in relazione alla visuale del passante e all'incidenza della luce, il giunto verticale dei pannelli a diversa larghezza e spessore conferisce a questa quinta-filtro il carattere puramente tecnologico di un codice a barre o lo scintillio di una seta plissettata. Maggior effetto si ha di notte quando le barre di led a regolazione singola, disposte dietro ogni pannello, e l'elevata resa luminosa del materiale, trasformano la facciata in una quinta di luce traslucente.



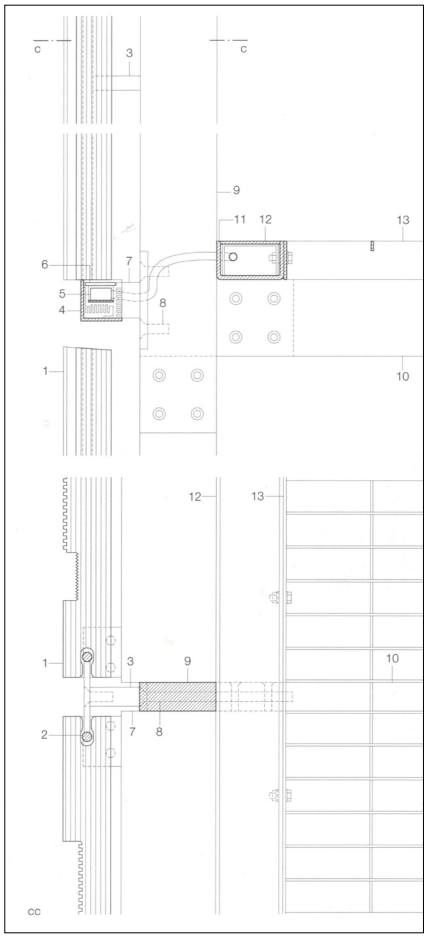
Tecnologia per l'involucro traslucido

La facciata è stata concepita come un filtro dinamico e traslucido. Inizialmente l'idea era quella di una facciata di vetro dietro la quale i pannelli creano uno schermo delicato in grado di muoversi e cambiare colore, come tessuto dietro uno schermo di vetro, in grado di cambiare con le stagioni. Tuttavia, questa si è evoluta attraverso il processo

di progettazione per diventare qualcosa di molto più innovativo. Per superare le limitazioni relative al vetro in se, i progettisti si sono spinti nella ricerca di lavorazioni e materiali alternativi con processi di produzione non solo in tutta Europa, ma anche in Estremo Oriente, arrivando al vetro acrilico, lavorato in verticale per imitare l'effetto del tessuto drappeggiato su tutta la facciata.

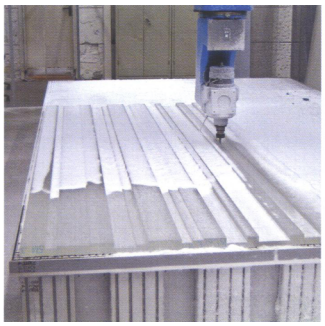
Il vetro acrilico lavorato ha un valore di trasmissione luminosa molto elevato, elemento determinante per lo sviluppo dell'idea iniziale di una facciata iridescente visibile dalla vicina Oxford Street, effetto valorizzato di notte dai led di cui è dotato ogni pannello. La facciata è composta da un triplo strato di vetro, capace di partecipare all'isolamento termico dell'involucro sia in estate che in inverno.

Il team di progettazione è riuscito a creare un materiale prezioso partendo dal vetro acrilico standard attraverso processi di lavorazione altamente qualificati. La creazione di un raffinatissimo design per esaltare il brand Reiss. Questo processo ha preso più di tre anni di intensa attività di ricerca e sperimentazione,, per creare una facciata senza precedenti e progettata su misura, essa rappresenterà il marchio Reiss a Londra e il resto del mondo.

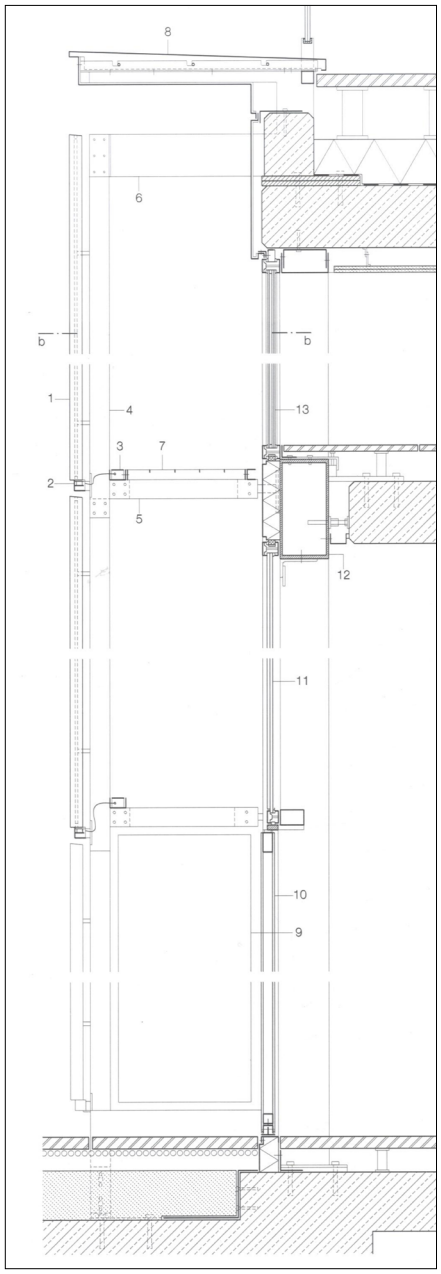


Dettaglio in sezione verticale dell'involcuro
1. pannello di vetro acrilico 30-50 mm con differenti superfici e diversi spessori di materiale
2. asta di fissaggio laterale in acciaio inox diam 7 mm
3. fissaggio asta
4. copertura del fissaggio LED, L 42/42 mm spazzolato
5. elemento LED
6. copertura LED in vetro
7. mensola in acciaio di supporto al vetro acrilico
8. fissaggio a viti in acciaio inox
9. profilo di facciata verticale
10. distanziatore orizzontale
11. cavidotto in profilo in acciaio 40/70 mm
12. copertura cavidotto 60/5 mm
13. passerella manutenzione in graticcio 40 mm vernicaito a polvere









Sezione verticale dell'involucro:
1. pannello in acrilico 50-30 mm
2. copertura fissaggio LED L42/42 mm spazzolato
3. cavidotto in profilo in acciaio U 40/70 m, coperto
4. profilo facciata verticale in piatti d'acciaio 30/80 mm verniciato a polvere
5. distanziatore di barre di acciaio
6. trave portante a sbalzo in barre di acciaio 30/170 mm
7. passerella di manutenzione in graticcio
8. copertina perimetro tetto in lamiera di alluminio
9. chiusura laterale intercapedine di facciata in vetro temperato
10. porta di ingresso con vetro di sicurezza 8+8, telaio in acciaio
11. facciata negozio in vetrata di sicurezza 11+11 mm temperato
12. trave di bordo in acciaio
13. facciata uffici in vetrata isolante 6+6 mm vetro di sicurezza+intercapedine 16 mm +vetro di sicurezza 6 mm
14. montante in acciaio 200/80 mm
15. asta di fissaggio laterale in acciaio inox diam 7 mm fissata alla struttura di facciata

Fonti bibliografiche

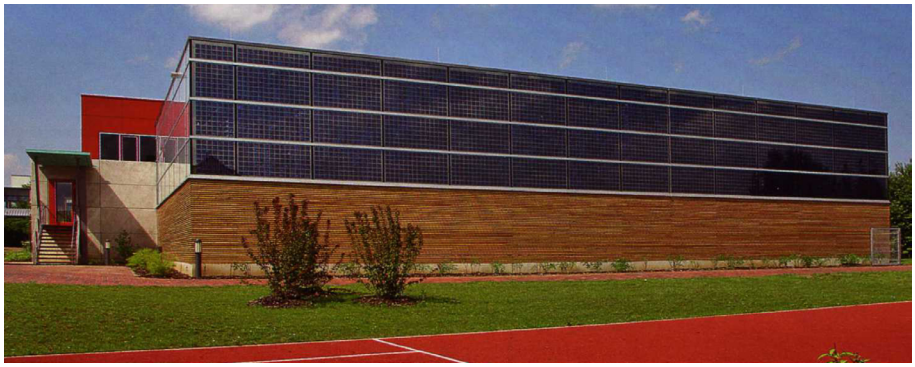
DETAIL n.05/2008, *Materiali plastici*, pg.498

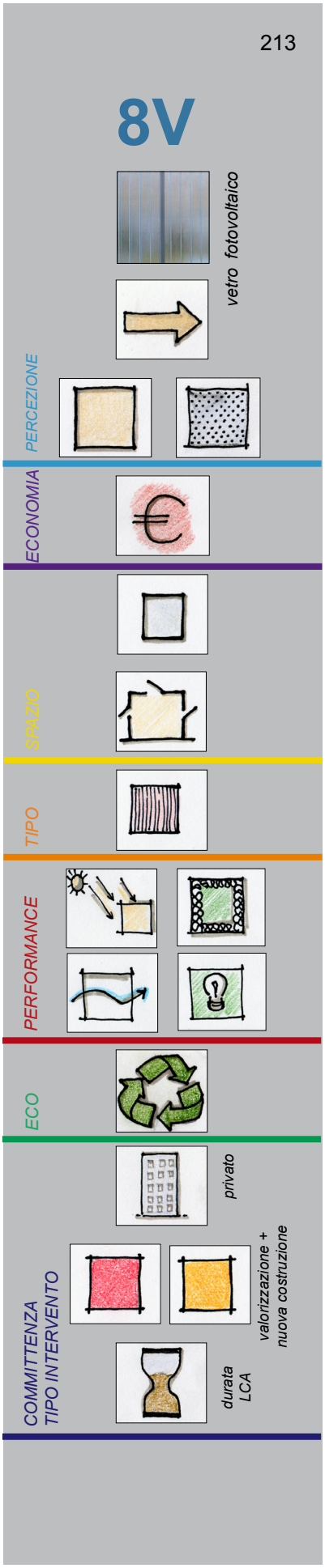
Fonti iconografiche

Foto di Will Pryce tratte da DETAIL 05/2008

Ampliamento Palazzetto dello Sport Regensburg - Germania

LOCALIZZAZIONE	Regensburg - Germania
DATA DEL PROGETTO	gennaio 2002>marzo 2003 aprile 2004
PROGETTISTA	Tobias Ruf building services body
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	-
COMMITTENTE	Municipality of Regensburg
IMPRESA ESECUTRICE	-
DESTINAZIONE D'USO	sportivo
DATI DIMENSIONALI	superficie lorda 664 mq; volume interno lordo 5.365 mc
COSTO INTERVENTO	€ 1.800.000,00



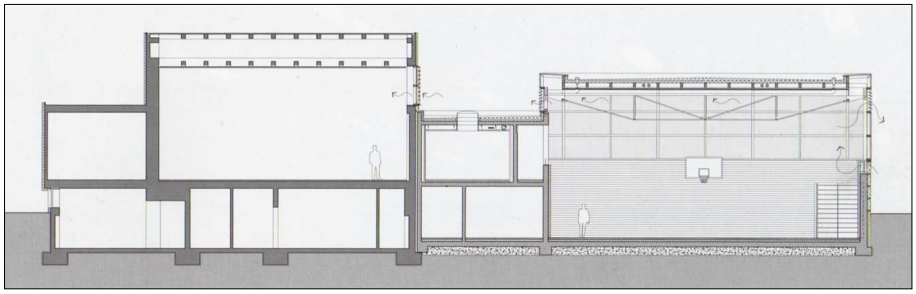


Descrizione del progetto

Il progetto riguarda la realizzazione del nuovo Palazzetto dello sport per il quartiere Burgweiting a Regensburg a servizio degli alunni della scuola e degli atleti delle federazioni sportive locali. Per questo motivo l'opera è stata progettata come ampliamento dell'edificio scolastico preesistente.

Il fabbricato, dalla forma estremamente semplice e lineare, assicura alti livelli qualitativi e crea condizioni di comfort luminoso ed igrotermico ottimali per lo svolgimento delle attività sportive. L'edificio si propone di massimizzare l'uso della luce solare per ottenere un'adeguata illuminazione interna, in ogni momento del giorno ed in qualsiasi condizione meteorologica, e garantire l'assoluta assenza di abbagliamento. Il controllo dell'irraggiamento ha avuto il duplice scopo di regolare il benessere luminoso e ridurre i guadagni solari provenienti principalmente da sud, cioè dal fronte con sviluppo lineare maggiore. La facciata inoltre integra un sistema di ventilazione naturale, composto da aperture di sezione libera pari a 1,5 mq su fronti opposti per lo scambio d'aria, e offre una regolazione della temperatura

ambientale che consente di raggiungere il comfort adeguato sia nella stagione estiva che in quella invernale. Il flusso naturale di aerazione è attivato mediante gradiente termico ed è indipendente dalla direzione e dalla velocità del vento. Le aperture di ingresso dell'aria poste nel basamento, realizzato con una fascia massiva in calcestruzzo rivestito di lamelle di legno, sono dotate di sensori termici e di flap ad elevato isolamento a vuoto con struttura in legno lamellare di larice. I flap invece di fuoriuscita dell'aria sono integrati nelle finestre a sporgere con profilo a incasso, posti nella parte alta dei prospetti realizzata con superficie vetrata. L'edificio grazie a questi sistemi che riducono l'utilizzo di impianti meccanici di termoregolazione e minimizzano l'uso di energia, rispetta i limiti sul consumo energetico imposti dall'EnEV (Energie Einspar Verordnung).





Sezioni trasversale e longitudinale dell'edificio

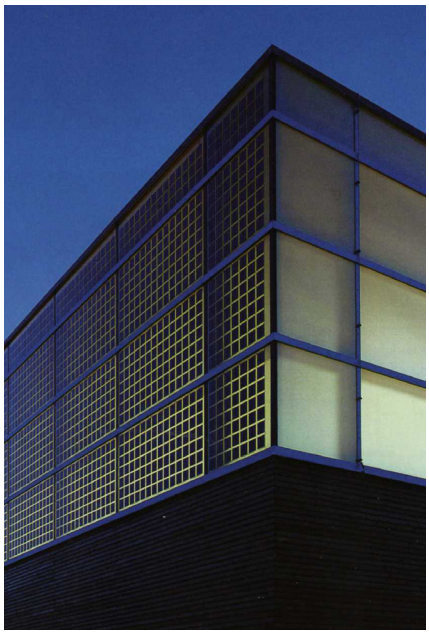
Tecnologia per l'involucro traslucido

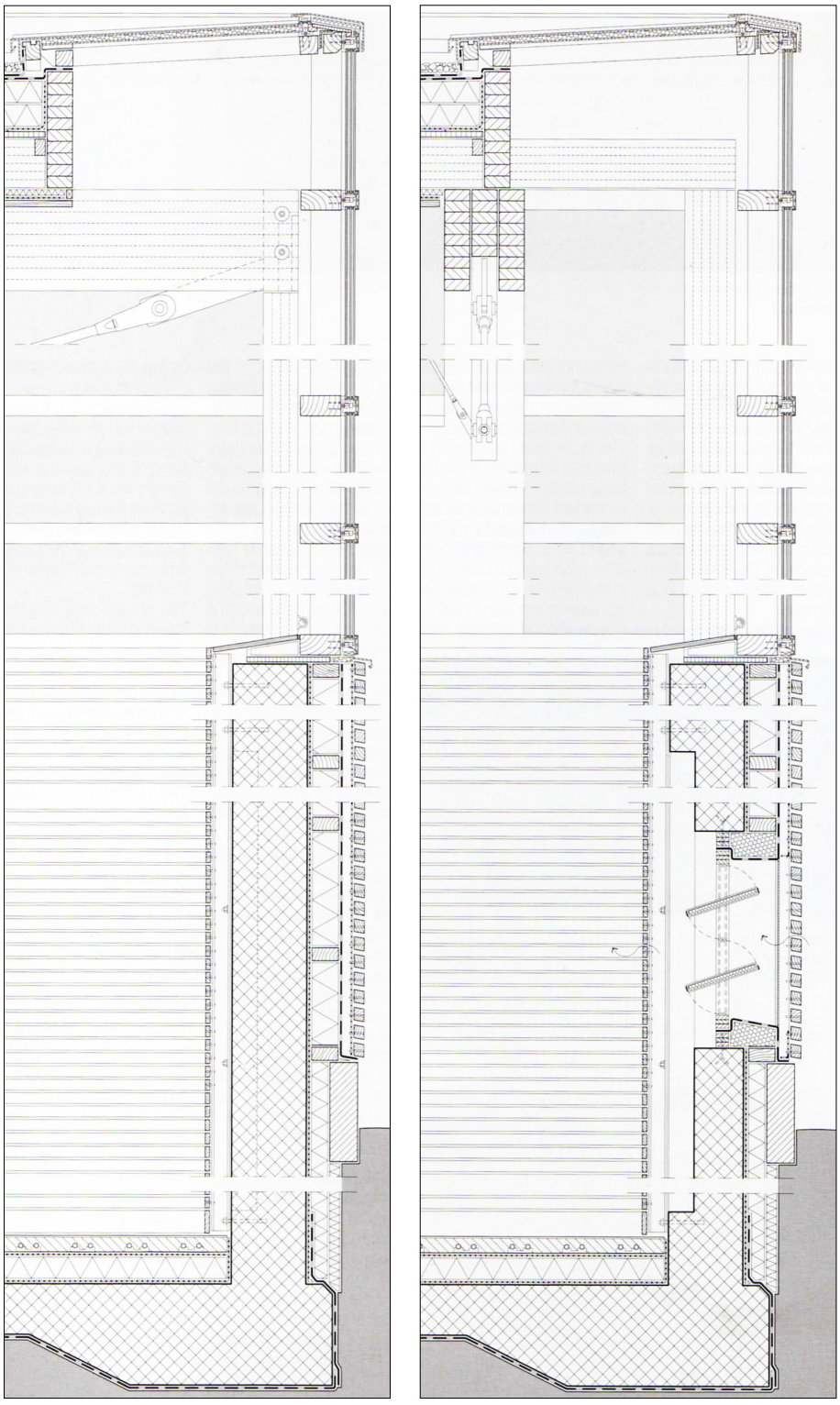
La fascia superiore dell'involucro è realizzata con vetrate dalle caratteristiche differenti in funzione dell'orientamento. In tutti i casi la superficie costituisce una protezione dall'irradiazione estiva, dai fenomeni di abbagliamento e dalle dispersioni invernali, garantendo il comfort luminoso con il solo utilizzo della luce naturale. La facciata sud è dotata di una tecnologia innovativa di vetri isolanti.

La stratigrafia prevede che tra i primi due vetri di sicurezza parzialmente temperati siano poste celle di silicio policristallino fissate con resina a una distanza reciproca di 20 mm, misura che, su base sperimentale, garantisce l'illuminazione ottimale interna. Il vetro interno è un vetro di sicurezza stratificato con uno strato di protezione al calore che, con

celle fotovoltaiche, riflette l'irradiamento raggiungendo un coefficiente g di 0,146. La camera d'aria è riempita con krypton e la giunzione dei bordi, che consente il passaggio dei cavi, è a tenuta stagna. Inoltre, allo scopo di aumentare il livello di illuminazione interna, sono inseriti tra i vetri due fogli plastici chiari e opachi in PVB. Il sistema così composto consente di raggiungere un valore di coefficiente di trasmittanza pari a 1,1 W/mqK. La facciata è composta complessivamente da 56 moduli fotovoltaici, per una resa complessiva di 10,07 kWp. Le facciate est e ovest sono realizzate con vetri a diffusione luminosa con un fattore di trasmissione di luce diretta praticamente nullo e un coefficiente di trasmissione di luce diffusa pari a 0,30, consentendo un'illuminazione omogenea.







Sezioni verticali dell'involucro a sud e est/ovest:
- serramento con fotovoltaico: serramento in alluminio a vetro a doppia camera, lastra parzialmente temperata, cellule di silicio policristallino, lastra parzialmente temperata, gas kripton, lastra con strato di protezione al calore U=1,1 W/mqk
- serramento in alluminio con vetro a doppia camera a diffusione luminosa U=0,9 W/mqk
- chiusura verticale: doghe di legno lamellare su montanti metallici, camera d'aria, guaina impermeabilizzante, listelli di legno con interposto isolamento termico sp. 100 mm, barriera al vapore, parete in c.a. , controparete interna antiurto in doghe di legno su montanti metallici

Fonti bibliografiche

Rota E., Perrotta F., in ARKETIPO n.35/2009, *Sport*, il Sole24Ore, pg.76

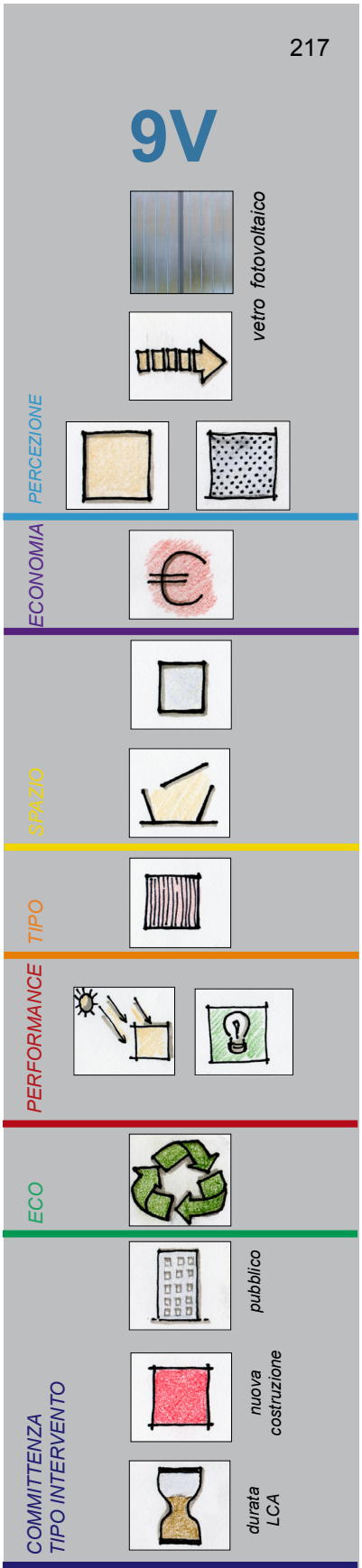
Fonti iconografiche

Foto di Peter Ferstl tratte da ARKETIPO 35/2009

GEMEINDZENTRUM
LUDESCH - AUSTRIA

LOCALIZZAZIONE	RAFFEISENSTRASSE 56, LUDESCH, VORARLBERG - AUSTRIA
DATA DEL PROGETTO	2002; 2004>2005; CONSEGNA FOTOVOLTAICO 2006
PROGETTISTA	HERMANN KAUFMANN ZT GMBH
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	Strutture: Merz Kaufmann Partner GmbH, Dornbirn e
COMMITTENTE	Stadt von Ludesch
IMPRESA ESECUTRICE	Mader & Flatz Ziviltechniker GmbH,Dornbirn (AUT) Impianti elettrici: Synergy Engineering & Consultin GmbH Responsabile ecologia: Karl Thorgele Costruttore: Albrecht Bau – und Projectmanagement
DESTINAZIONE D'USO	UFFICI (MUNICIPIO)
DATI DIMENSIONALI	350 mq superficie della piazza coperta con fotovoltaico, sup. edificio 3.135 mq, volume 14.500 mc
COSTO INTERVENTO	€ 4.500.000,00



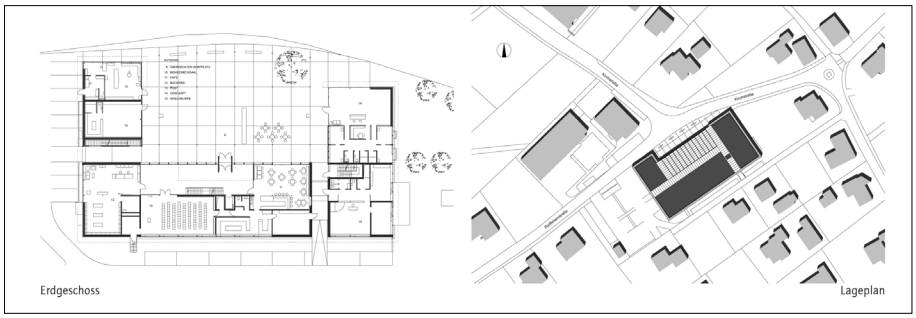


Descrizione del progetto

L'edificio si trova al centro del paese, facilmente raggiungibile da diverse direzioni, e si presenta come una struttura utilizzabile per diversi scopi, pensata come luogo di incontro tra persone e servizi. Si prefigge di creare un forte senso di identità e di contrastare la forza centripeta che ha connotato la crescita 'lontano dal centro', caratteristica di questo tipo di comunità locale.

Il progetto prende in considerazione non solo i criteri classici adeguati all'uso ma anche la compatibilità sociale e la disposizione degli spazi, lo sviluppo urbano e i principi di sostenibilità intesa come impiego

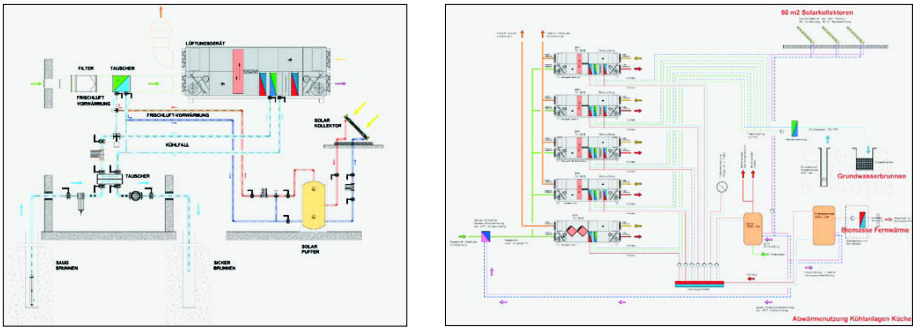
economico e razionale delle risorse limitate e, di conseguenza, di materiali ecologici reperiti in prevalenza localmente.
Realizzato secondo gli standard della casa passiva, il centro comunale, sviluppato su due piani, si compone di piccoli blocchi raccolti intorno a una piazza coperta.





Tecnologia della copertura esterna traslucida
L'energia e il senso di responsabilità ecologica sono alla base della forma che l'edificio assume: il sistema di ventilazione riduce la spesa energetica, l'isolamento delle superfici rispetta i più recenti standard in termini di ottimizzazione, biomassa e fotovoltaico impiegati per il riscaldamento rispettano l'ambiente. La corte centrale presenta una copertura con pannelli solari che svolgono il doppio ruolo, di produzione e di protezione solare.
Ludesch ha voluto creare un modello di costruzione sostenibile. Con il suo livello di consumo molto basso, il centro è in accordo con gli

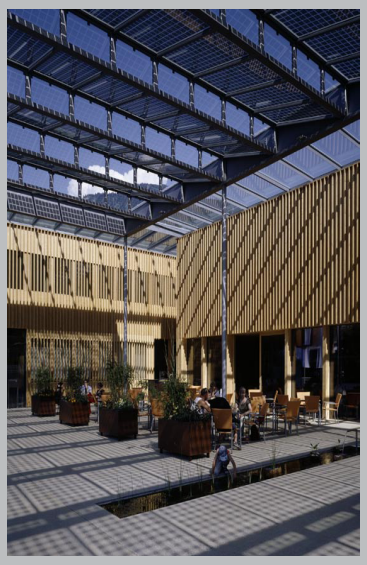
ultimi standard per gli edifici passivi. Il fabbisogno termico rimanente è soddisfatto dal locale consorzio per l'utilizzo delle biomasse. La ventilazione controllata, con recuperatori di calore e la presenza puntuale di terminali di induzione dell'aria, assicurano un alto livello di igiene. Un sistema a falda acquifera copre l'intero fabbisogno per il raffrescamento. Con un'area di 350 mq, gli elementi fotovoltaici traslucidi coprono la piazza e generano una quantità elevata di elettricità, tanto che l'eccesso di produzione confluisce nella rete pubblica. L'abete argentato regionale, impiegato nella costruzione e nell'isolamento è stato ottenuto da materiali di recupero. E' stato evitato l'uso di PVC e di prodotti contenenti solventi o formaldeide. Il costo più alto risultante dall'impiego di materiali eco-compatibili è stato ridotto all'1,8% dei costi di costruzione al netto, ammontando a 4,6 milioni di euro. Nella costruzione del muro esterno, sono stati impiegati pilastri in legno massiccio di 70/300 mm, con isolamento in cellulosa negli elementi murari ed isolamento in lana di pecora negli strati di servizio.



Schema del sistema energetico: energia solare, geotermia e biomasse

- Volume totale interessato dall'intervento : 14.500 m3
- Dimensione complessiva dell'area: 4.745 m2
- Area verde: 1.461 m2
- Superficie coperta: 1.053 m2
- Superficie utile (netta): 3.135 m2
- Superficie lorda riscaldata: 3.052 m2
- Fabbisogno termico per riscaldamento: 13,8 kWh/m2/annui
- Fabbisogno termico per raffrescamento: 7,5 kWh/m2/annui
- Temperatura esterna normale: - 15 °C
- Temperatura media interna: +20 °C

- Consumo di energia per la costruzione (energia impiegata): minore di 18 kWh/m2 (pari a circa il 50% in meno rispetto a cantieri tradizionali)
- Tipologia di produzione energetica: Energia solare e biomasse
- Caratteristiche dei pannelli solari della piazza coperta: 16.000 kWh pannelli fotovoltaici inclinati translucidi
- Costi di gestione previsti: circa 11.300 Euro/annui
- Costo dell'intervento (netto): 5,6 Milioni di Euro
- Maggiori oneri per uso di materiali ecologici in confronto a soluzioni standard:+1,9 %







Fonti bibliografiche
ZAFFAGNINI T. (2006). "Architetture ad alta efficienza energetica per la comunità". UFFICIO TECNICO. vol. n.12 dicembre 2006, pp. 40-49
ISSN: 0394-8293.
[22/03/10 12:10:55] Theo Zaffagnini: ZAFFAGNINI T. (2007). "Il nuovo Gemeindezentrum di Ludesh in Austria. Un esempio di coerenza tra pianificazione e progettazione energeticamente sostenibile". In: BARUCCO M.; TRABUCCO D.A CURA DI. "ARCHITETTURA_ENERGIA". p. 155-163, MONFALCONE (GO): EdicomEdizioniZ
http://www.detail.de/rw_5_Archive_En_HoleArtikel_5788_Artikel.htm
Brandolini S., *Vorarlberg, 2 modelli in 1*, Ottagono n°213, 2008, pp. 178-181
Fonti iconografiche
Foto dell'autrice

Istituto universitario di arti e scienze umanistiche Grenoble - Francia

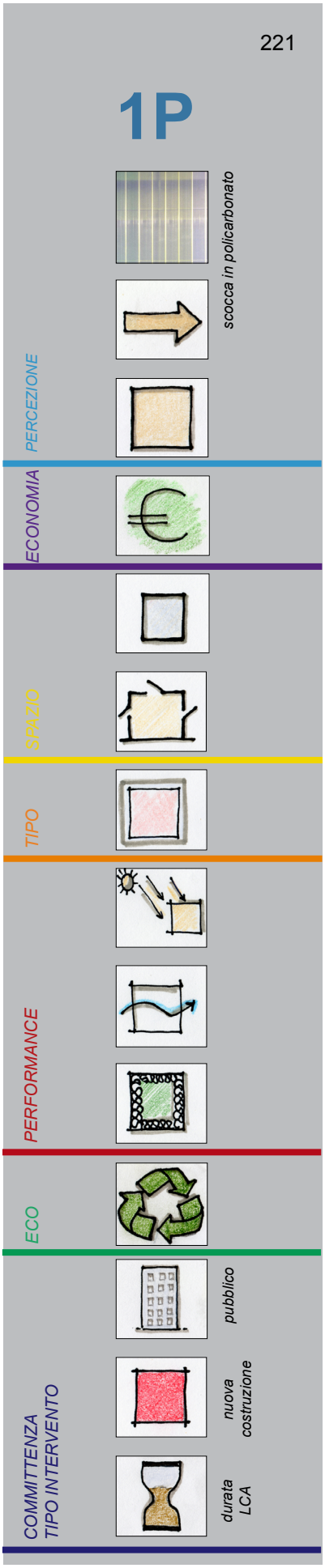
LOCALIZZAZIONE	Grenoble - Francia
DATA DEL PROGETTO	1995 - 2001
PROGETTISTA	Anne Lacaton & Jean Philippe Vassal
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	S.Menaud, E.Delage, P.Y.Portier
COMMITTENTE	Universitat Pierre Mendes, Grenoble
IMPRESA ESECUTRICE	Bayer Sheets Europe (pannelli policarbonato), Ducry SA, St, Maurice de Gourdant
DESTINAZIONE D'USO	DIDATTICO/UNIVERSITARIO
DATI DIMENSIONALI	300.000 mq
COSTO INTERVENTO	-



Descrizione del progetto

L'intervento di ampliamento del polo universitario di Grenoble è stato realizzato in due fasi. Inizialmente venne costruito il settore occidentale, al quale cinque anni dopo è stato aggiunto un ulteriore corpo con struttura analoga, ma più piccolo.

Lo spazio a nord e a sud delle facciate degli edifici e l'intero complesso sono stati collegati, al piano primo, tramite una doppia pelle semitrasparente in pannelli di policarbonato ondulato. Tre passerelle sopraelevate, racchiuse all'interno della seconda pelle, hanno il ruolo di collegamento tra i due edifici sovrastando la corte interna. Gli edifici si aprono sul campus e sull'ambiente circostante attraverso le sue facciate traslucide.



La struttura portante degli edifici è costituita da semplici pilastri in calcestruzzo prefabbricato, all'interno dei quali è stato inserito l'isolamento termico. La seconda pelle è invece messa in opera su una struttura a montanti e traversi in alluminio. Dettagli elaborati furono rifiutati in fase progettuale a favore di una maggiore spazialità e libertà interna e soprattutto per mantenere una elevata qualità a livello luminoso.



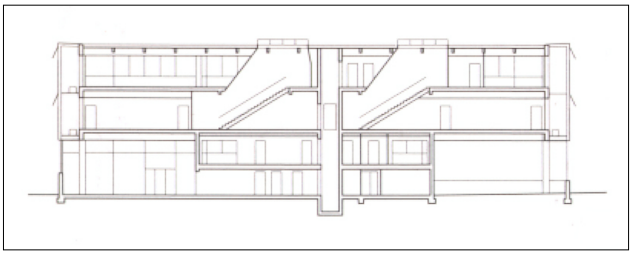
Tecnologia per l'involucro traslucido

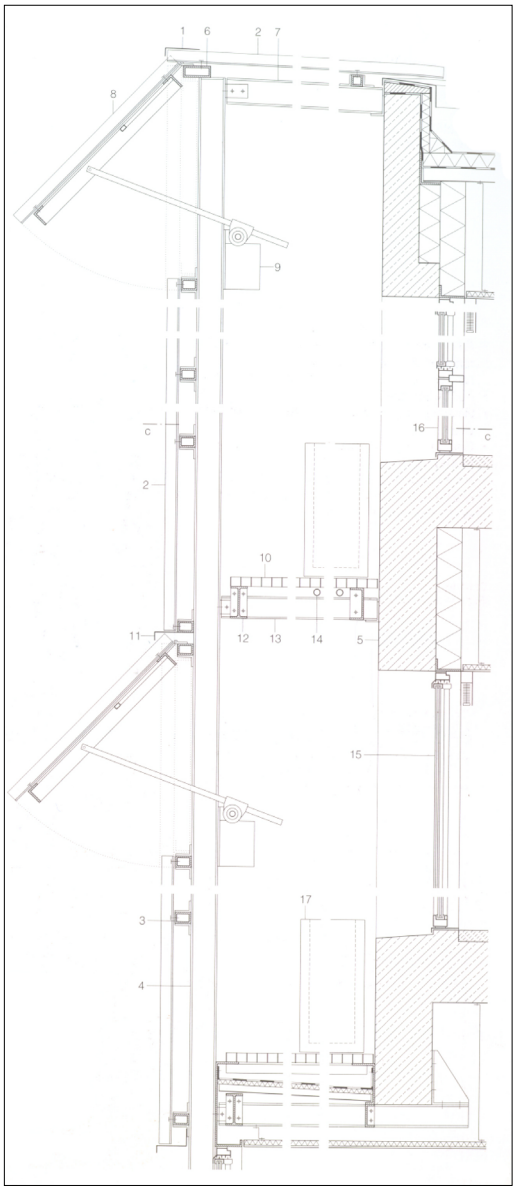
La vista verso l'esterno, attraverso le facciate principali, è filtrata da vegetali che alloggiano negli spazi creatisi tra la facciata e il secondo rivestimento: veri e propri giardini d'inverno tra il rivestimento interno, costituito da serramento scorrevoli in alluminio, e quello esterno in policarbonato, al quale è stata applicata anche una pellicola di schermatura ai raggi UV. La ventilazione dell'intercapedine di facciata è garantita dalle finestre a nastro alte ad anta apribile inserite nella seconda pelle in policarbonato.

I lati si differenziano grazie alla scelta delle essenze arboree; a nord sono infatti stati piantati diversi tipi di bambù, mentre a sud, zona maggiormente soleggiata, sono state collocate piante di bougainvillée.









Sezione verticale sull'involucro
1. profilo di bordo in policarbonato trasparente termoformato con strato di protezione dalle radiazioni UV
2. lastre ondulate di policarbonato trasparente con strato di protezione alle radiazioni UV 177/51/3 mm
3. sottostruttura in tubolare di alluminio 70/50/4 mm
4. pilastro in profilato di acciaio zincato HEA 120
5. veletta in calcestruzzo armato
6. tubolare di acciaio zincato 100/50 mm
7. trave in profilato di acciaio zincato HEA 120
8. finestra a visiera esterna: lastre ondulate, come 2, su telaio in profilato in alluminio
9. motore elettrico per l'azionamento
10. grigliato in acciaio 40 mm
11. lamiera in acciaio sagomata
12. trave in profilato di acciaio zincato IPE 140
13. trave in profilato di acciaio zincato HEA 100
14. tubazione di impianto di riscaldamento
16. finestra scorrevole in alluminio con vetro isolante
17. pannello sottofinestra con vetro isolante
18. contenitore per piante

Fonti bibliografiche

Herzog T., Lang W., Krippner R., *Atlante della facciate*, UTET, Torino, 2005

AA.VV., *Istituto universitario*, in DETAIL n.12/2002, pg. 1583

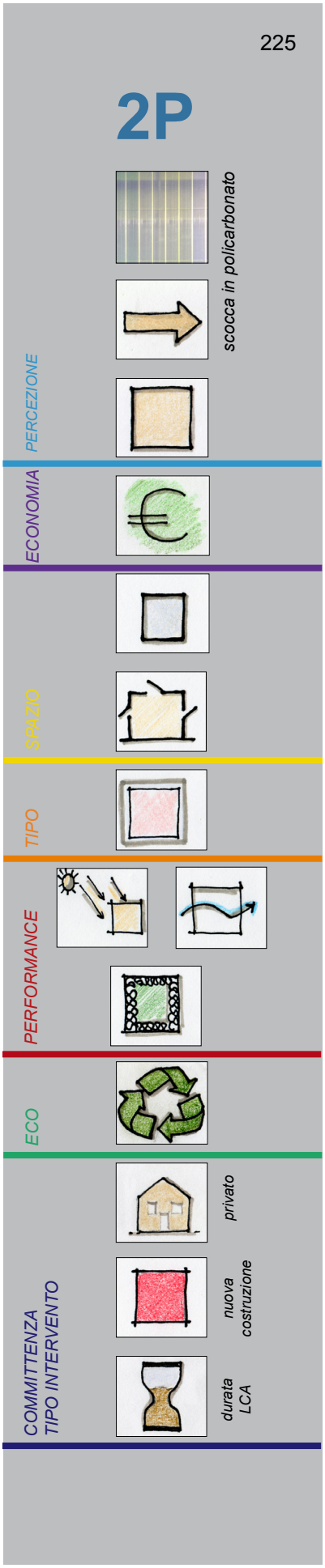
Fonti iconografiche

DETAIL n. 12/2002, pg. 1583-87

Casa e Atelier Lang-Kröll Gleibenberg - Germania

LOCALIZZAZIONE	Gleibenberg - Germania
DATA DEL PROGETTO	2000 - 2001
PROGETTISTA	Florian Nagler Architekten
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	S.Lambertz, F.Lukasch, M.Pätzold
COMMITTENTE	Gabriele e Peter Lang Kröll
IMPRESA ESECUTRICE	Dankerl Bau GmbH (basamento cls); Dorrer Bau AG (orditura legno e pannelli OSB)
DESTINAZIONE D'USO	RESIDENZIALE MONOFAMILIARE/ATELIER
DATI DIMENSIONALI	1000 mq terreno; 268 mq sup. interna calpestabile; 1197 mc volume lordo
COSTO INTERVENTO	€ 188.000,00





Descrizione del progetto

Ogni elemento di casa Lang-Kröll richiama l'architettura vernacolare del paesaggio in cui l'edificio si inserisce: copertura a falde, scandole di legno per il manto,integrazione del volume all'orografia rurale e distinzione dei volumi di basamento (massivo) e di coronamento (ligneo), attraverso l'inconsistenza materica del volume in policarbonato traslucido. Se formalmente è prevalso il concetto di mimesi, la scelta dei materiali si è basata invece sul concetto di edificio tecnologico ma a basso costo. Elevato rendimento energetico, arte e basso costo quindi confluiscono in questo intervento di nuova costruzione interpretando le richieste del committente. Si dovevano quindi conciliare le esigenze di lavoro di un'artista e quelle di una famiglia con quattro figli. La

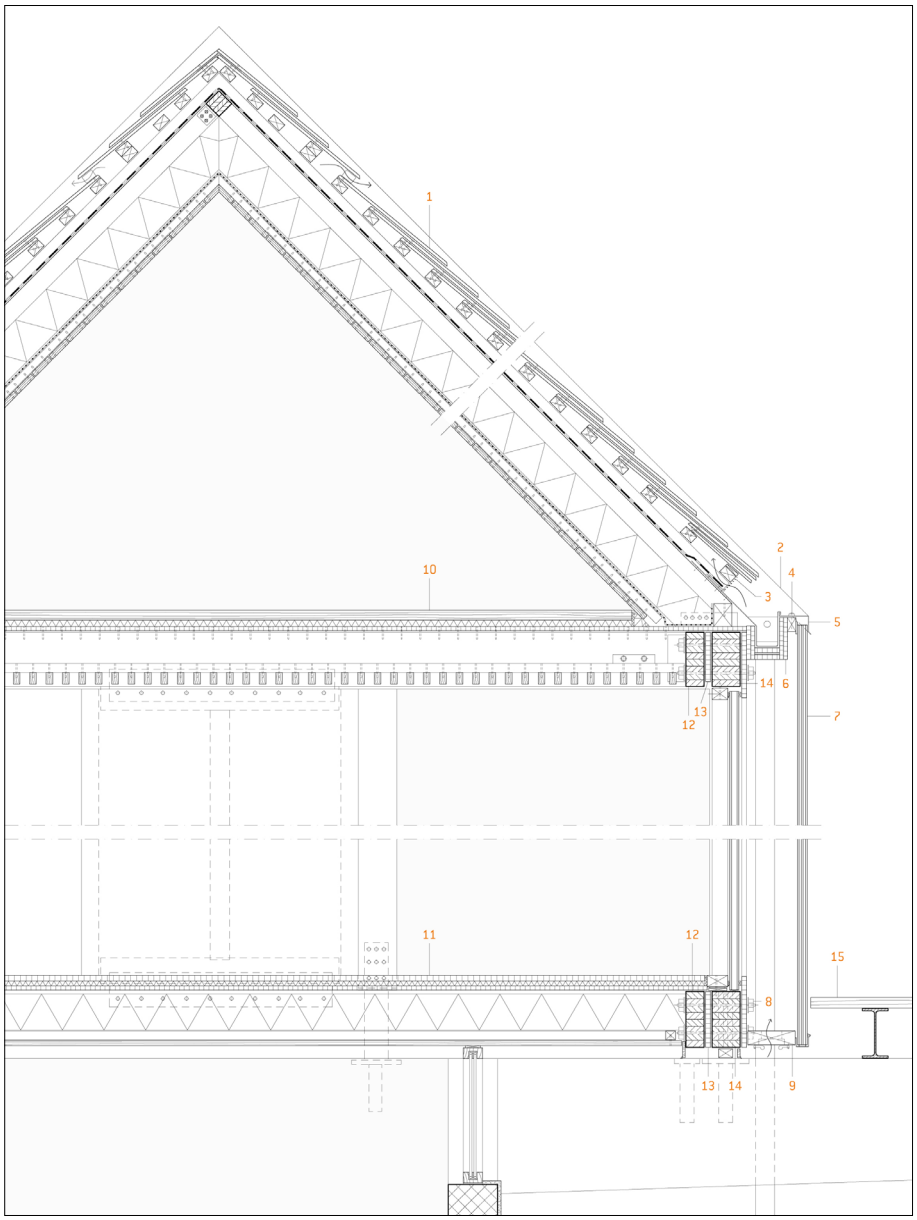


necessità quindi di un progetto *low cost* ha toccato ogni aspetto della progettazione, in particolare l'involucro in materiale plastico ha contenuto i costi di costruzione (insieme ai tempi!) e di gestione, oltre a trasformare il volume in una lanterna di notte e in una piacevole "tenda" traslucida di giorno.

Tecnologia per l'involucro traslucido

L'involucro è composto di due pelli distanziate tramite un sistema di zanche di acciaio inossidabile piatte e aste, al fine di consentire una larghezza d'intercapedine idonea alla circolazione dell'aria: all'esterno la pelle è realizzata in policarbonato a tre lastre traslucido coestruso con protezione UV; all'interno la pelle ripete l'opalescenza lasciando intravedere l'orditura lignea di supporto alla facciata e i telai delle finestre, talvolta intervallata da una parete opaca in pannelli in OSB (Oriented Strand Board - pannello strutturale di legno a scaglie orientate). L'alternarsi così fra esterno ed interno di traslucido-trasparente-opaco è di grande effetto scenografico. A livello energetico l'intercapedine fra le due pelli di facciata consente di gestire la ventilazione naturale: l'aria penetra dal basso circolando nell'intercapedine per essere poi estratta nella parte superiore della facciata dalle bocchette circolari, raffrescandone le superfici nella stagione estiva. Le bocchette durante i rigidi inverni locali vengono chiuse manualmente. L'involucro traslucido è responsabile della diffusione luminosa in ogni locale e dell'effetto chiaro scuro che fa sembrare le finestre come dei quadri sul paesaggio. Nello specifico la pelle esterna traslucida è realizzata con pannelli di policarbonato alveolare di 40 mm di spessore a tre pareti di colore

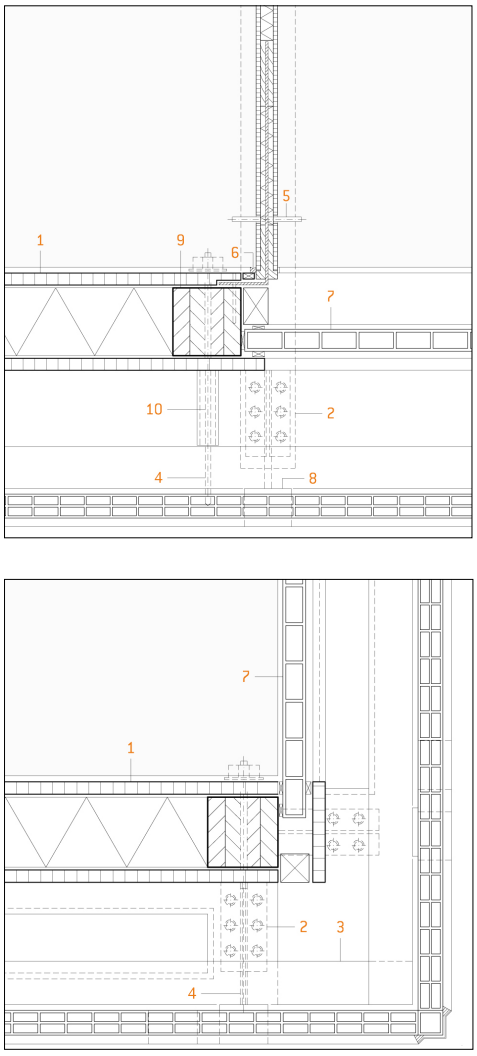
cristallo. Il profilo e il sistema di posa sono stati scelti valutando i carichi indicati dalla norma DIN 1055 T4 per il tamponamento verticale e dunque valutando la velocità del vento, l'altezza del suolo e la pressione a cui era sottoposta la facciata. Il profilo è stato studiato appositamente per un montaggio facile, veloce e resistente agli agenti atmosferici ed è stato dotato di protezione anti-UV coestrusa sul lato esterno. Il labbro di chiusura predisposto sul lato esterno aumenta l'impermeabilità dell'incastro e impedisce infiltrazione di sporco. I pannelli resistono agli urti e alle temperature estreme da -40°C a +130°C. Una doppia scanalatura per staffe di ancoraggio consente, soprattutto con pannelli molto lunghi, un fissaggio sicuro e scorrevole alla struttura portante.



Sezione trasversale dell'edificio sull'involucro
1. stratificazione della coprtura
2. risalto di bordo in lamiera
3. rete di protezione per uccelli e insetti
4. fissaggio a vite stagno all'infiltrazione di acqua
5. profilato in alluminio piegato
6. canale di gronda in lamiera di zinxo-titanio
7. pannello nervato di policarbonato trasparente a tre lastre con incastro maschio-femmina, protezione UV su lato estreno, sp. 40 mm
8. staffa zincata di ancoraggio della facciata
9. profilo id legno con fori di aerazione, 60x220mm, con elemento di chiusura a chiavistello
10. stratificazione del solaio sottotetto
11.stratificazione del solaio del primo piano
12. profilo B0/240 classse BS 14
13. pannello OSB spessore 22 mm
14. trave d legno lamellare classe BS 14 120x240 mm

228

Sezione orizzontale sull'involucro
1. parete perimetrale esterna:
- pannello OSB sp. 25mm
- pannello termoisolante WLG 035 sp. 120mm
- pannello OSB sp. 22mm
- intercapedine d'aria sp. 220mm
- pannello nervato di policarbonato trasparente a tre lastre con incastro maschio-femmina, protezione UV sul lato esterno, sp. 40mm
2. staffa zancata di ancoraggio
3. profilo in legno 60x80 mm
4. vite da legno a testa quadra
5. bullone
7. pannello nervato in policarbonato
8. staffa piatta di acciaio inossidabile
9. profilo di legno lamellare classe BS11, 120x120mm
10. tubolare di acciaio zincato 40x2 mm





Fonti bibliografiche

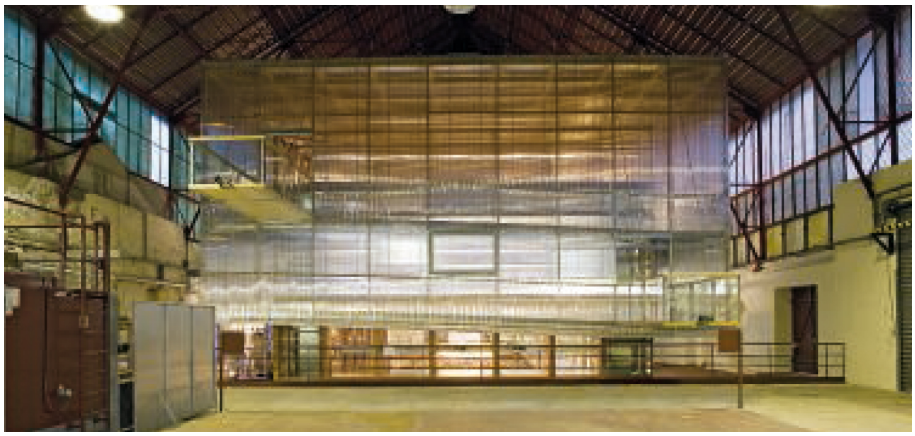
Mombelli R.L. , in ARKETIPO n.11/2007, *Edifici trasparenti*, ilSole24Ore Editore, pg. 64

Fonti iconografiche

Foto di photographer/artur e Florian Nagler Architekten tratte da THE ARKETIPO 11/2007

Museo del cristallo
Saint Louis lès Bitche - Francia

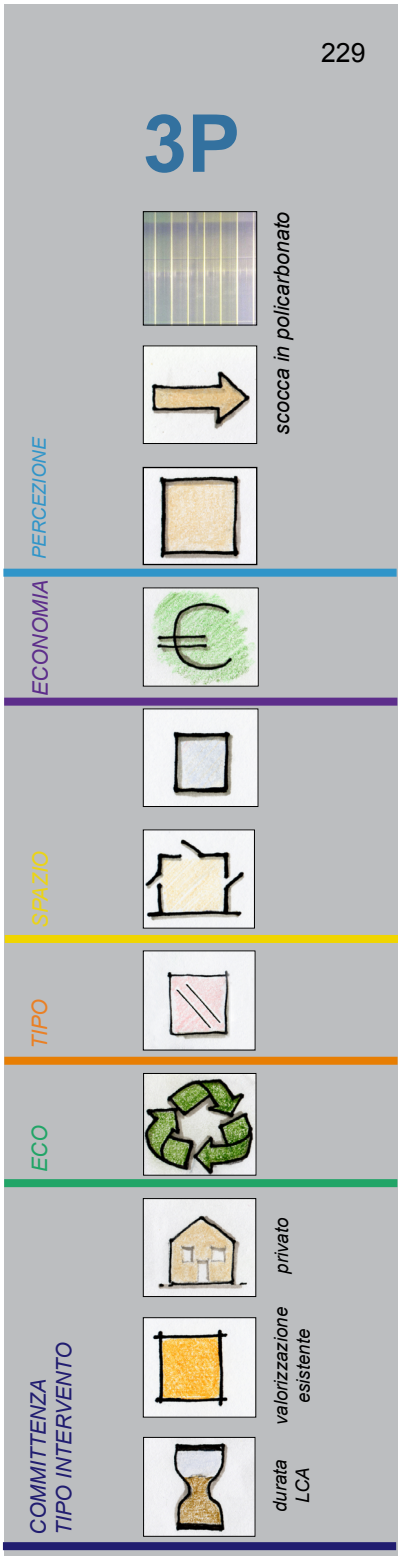
LOCALIZZAZIONE	Saint Louis lès Bitche - Francia
DATA DEL PROGETTO	2003>2006 - 2006>2007
PROGETTISTA	Intègral Lipsky+Rollet Architectes/ Florence Lipsky, Pascal Rollet
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	C.Fleury, L.Thierry, P.Dèlis, M.Meyer
COMMITTENTE	Association for “Saint Luois Cristal/Lumière en pays de Bitche”; “Cristal Saint-Louis” Hermès International
IMPRESA ESECUTRICE	Sotravest
DESTINAZIONE D’USO	culturale/museo
DATI DIMENSIONALI	sup. area espositiva 945 mq, grande scatola di 19,50 m di lunghezza; 14,75 m di larghezza; 10,58 m di altezza
COSTO INTERVENTO	€ 1.780.000,00



Descrizione del progetto

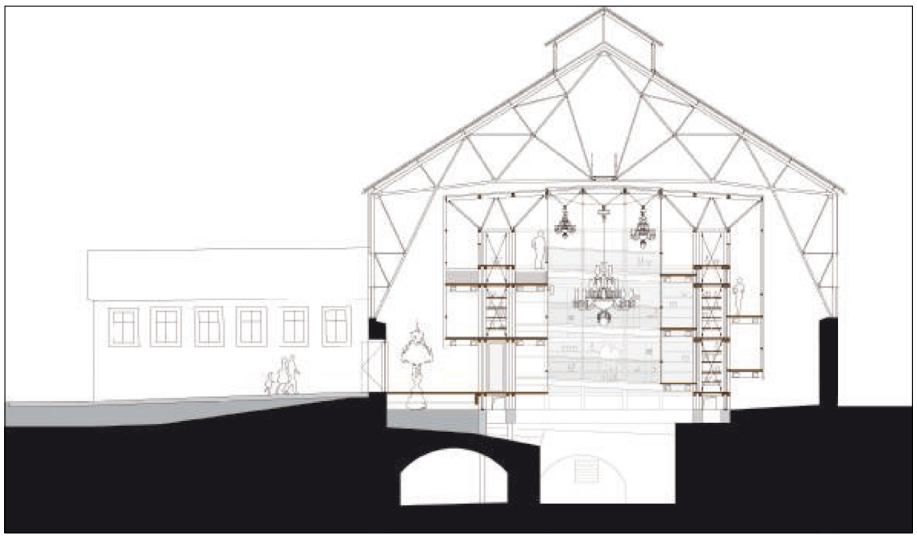
La fabbrica del Cristal Saint-Louis, oggetto dell’intervento di Florence Lipsky e Pascal Rollet, è un’antichissima vetreria attiva dal 1571. Si trovaa Saint Louis lès Bitche, un piccolo villaggio in Lorena, e fa parte di quel corpo di insediamenti produttivi fondati con lo scopo di rafforzare il panoramaindustriale francese all’epoca dell’Ancien Régime. Nella progettazione del museo del cristallo, Lipsky e Rollet hanno utilizzato questo approccio didattico, collocando l’area espositiva vera e propria all’interno dell’area produttiva, in modo che la fabbrica stessa possa fare parte del museo e che il percorso museale coincida sia con l’esposizione degli oggetti di cristallo sia con quella della maniera in cui la materia viene forgiata.

L’unione tra mostra di oggetti e fabbrica avviene attraverso la creazione di una struttura scatolare autoportante posizionata all’interno della fabbrica stessa, proprio sopra l’antico forno. Secondo Florence Lipsky e Pascal Rollet, il posizionare il museo sul sito industriale è



simbolicamente molto forte, perché si offre al pubblico una lettura simultanea dell'oggetto esposto e della sua produzione all'interno della fabbrica.
Il museo vero e proprio è nella scatola autoportante, che risulta completamente svincolata sia dai muri perimetrali sia dalla copertura dell'edificio originale sia dalla struttura dello spazio che la contiene e funziona come una macchina pienamente integrata nel processo industriale, avvalendosi di affacci sulle aree di pertinenza degli operai che lavorano il cristallo.
Il cammino del visitatore è sequenziale e offre scorci particolari per guardare e scoprire il cristallo; all'interno del percorso museale, molto scenografiche sono le passerelle sospese proiettate nel volume del capannone da dove è possibile osservare i soffiatori di cristallo all'opera.
La visita termina nella parte superiore del museo, in uno spazio aperto ideato per ospitare mostre temporanee e piccole fiere.





Tecnologia per l'involucro traslucido

La struttura scatolare contenuta nella grande hall è un parallelepipedo che misura 19,50 m di lunghezza e 14,75 m di larghezza, raggiunge un'altezza di 10,58 m ed è concepita come un meccano di travi e pilastri 15x15 cm: se, in futuro, per ragioni industriali, fosse necessario liberare lo spazio occupato dalla mostra per installare, per esempio, un nuovo forno, sarà possibile farlo, perché si potrà facilmente smontare la struttura che altro non è che un assemblaggio di carpenteria.

Le vetrine e le mensole vengono illuminate tramite lampade tubolari fluorescenti e spot LED incassati all'interno di binari realizzati nelle mensole, chiusi tramite lastre di plexiglas smerigliato, che funge da diffusore. In questo modo, la luce prodotta non crea riflessi sulle superfici delle realizzazioni in cristallo. Per le vetrine più piccole, invece, sono presenti faretti alogeni.

Nella progettazione, gli architetti si sono trovati di fronte a una serie di problematiche operative: gli spazi ridotti per l'ingresso e la movimentazione dei materiali; la necessità di garantire il facile smontaggio e la rimozione della struttura; la possibilità di mantenere operativa la produzione durante la cantierizzazione. Da queste considerazioni è nata la scelta di una struttura scatolare di legno di pino, trattato con vernice intumescente, ricoperta da una diafana e geometrica chiusura di policarbonato ondulato. La struttura lignea, travi e pilastri a sezione rettangolare, è realizzata a incastro con tasselli metallici che ancorano le passerelle. La copertura è sostenuta da un sistema di tiranti e puntoni metallici ancorati alla struttura portante mediante piastre di acciaio. A questa maglia di travi sono appesi montanti e traversi che sostengono le lastre verticali di policarbonato e ai quali sono ancorate le passerelle pedonali che fungono da elementi di irrigidimento.

Questo tipo di struttura permette di seguire un ordine rigoroso di smontaggio procedendo all'inverso rispetto alle fasi di montaggio e garantendo la continua stabilità della costruzione. Rimuovendo prima l'involucro verticale, si procede, poi, alla rimozione delle travi in copertura ormai scariche; infine, si smontano le passerelle e la struttura espositiva.

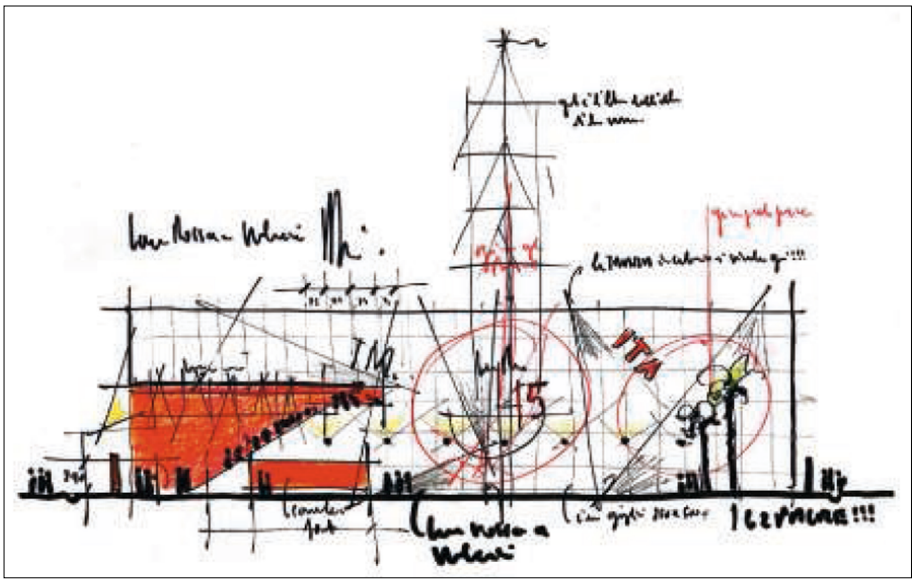


Fonti bibliografiche
PAVESI A.S., Riflessi di cristallo, in ARKETIPO n.20/2008, ilSole24ore, Milano

Fonti iconografiche
Foto di Pual Raftery-VIEW tratte da ARKETIPO 20/2008

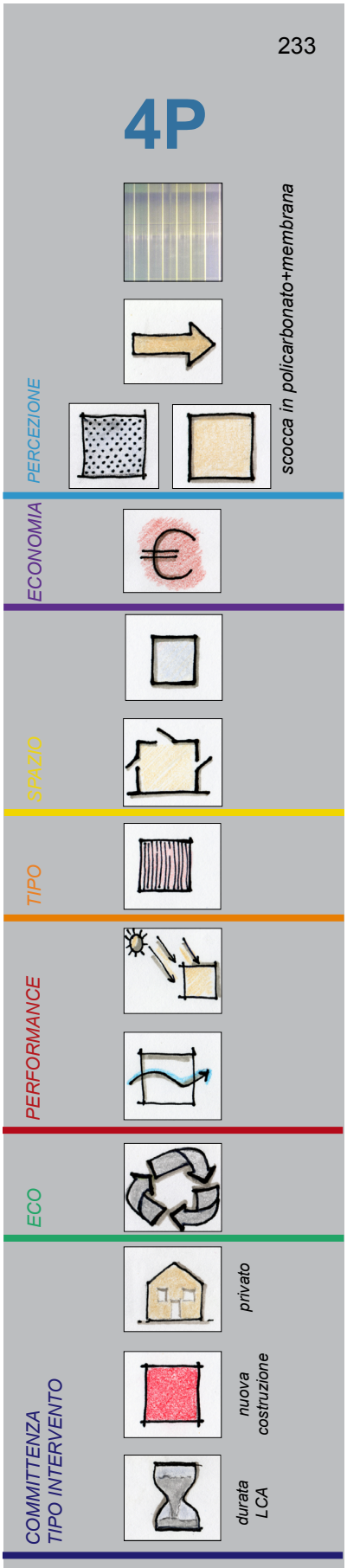
Base operativa Luna Rossa Challenger Valencia - Spagna

LOCALIZZAZIONE	Valencia - Spagna
DATA DEL PROGETTO	2005>2006
PROGETTISTA	Renzo Piano building workshop
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	E.Baglietto, O.Teke, F.Cappellini
COMMITTENTE	Prada Spa
IMPRESA ESECUTRICE	Tensoforma trading Srl, Metra Spa, 3M
DESTINAZIONE D'USO	PRODUTTIVO/COMMERCIALE (spazio fieristico + auditorium per 800-2000 persone)
DATI DIMENSIONALI	21.700 mc di volume costruito
COSTO INTERVENTO	-



Descrizione del progetto

La base operativa di Luna Rossa Challenger a Valencia , in occasione della trentaduesima edizione della Coppa America, il più antico ed importante evento velico, si contraddistingue per l'originalità del sistema scelto per l'involucro. Semplice nella sua concezione strutturale (una facciata continua), geniale nella scelta degli elementi di tamponamento e di finitura. L'idea non poteva prescindere dal contesto di riferimento e dagli 'oggetti' che lo animano: inevitabile quindi è il riferimento alle vele, che, nelle caratteristiche tipiche di elevata resistenza meccanica, leggerezza, indeformabilità, tenuta all'acqua e all'aria, e semitrasparenza da un lato e buona lavorabilità dall'altro, diventano la pelle dell'edificio. Da qui l'applicazione del trasferimento tecnologico dal campo nautico a quello architettonico. L'involucro, che si presenta in perfetto stile Prada (sponsor) si configura come una sorta di *patchwork* di rande e fiocchi opportunamente tagliati e riassemblati.

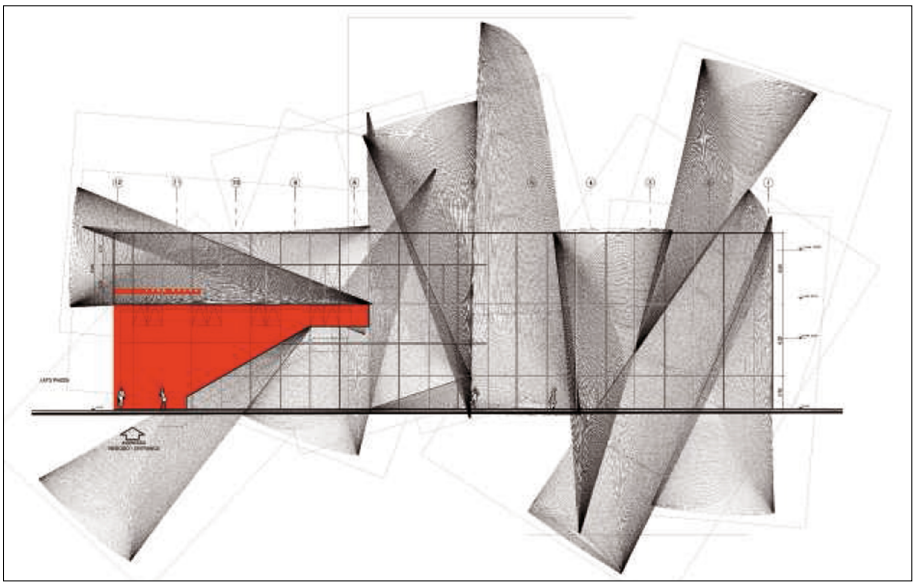


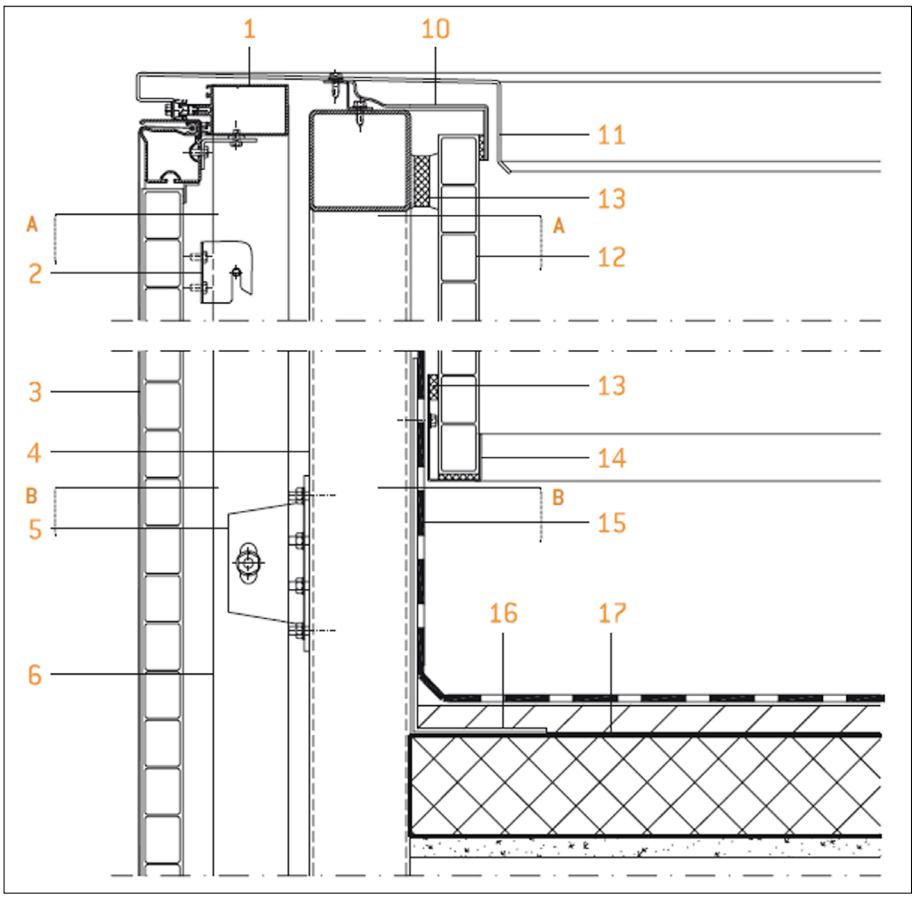
Per realizzazre i 485 pannelli che ricoprono i 3.300 mq delle facciate sono state utilizzate 50 vele (12 rande e 38 fiocchi) recuperate dalle imbarcazioni del team di Luna Rossa.



Tecnologia per l'involucro traslucido

L'involucro è realizzato con una membrana tessile (vele), opportunamente tesata e fissata a un profilo in alluminio, che costituisce il telaio del pannello di tamponamento, essa è accoppiata, mediante biadesivo acrilico, a pannelli di policarbonato alveolare. Il pretensionamento trasforma la membrana in un elemento strutturale a rigido. I pannelli di policarbonato forniscono una minima (in relazione al clima di Valencia, con prolungati periodi caldi, demandati completamente all'impianto di climatizzazione) resistenza termica al sistema di chiusura perimetrale. Per le sue caratteristiche ottiche (variabili in funzione del tipo, della trama e della densità delle fibre che l costituiscono), la vela si comporta come un perfetto componente per il controllo del flusso luminoso degli ambienti.Questi pannelli traslucidi infatti garantiscono un adeguato livello di illuminamento, con un buon livello di luce diffusa ovunque. La quantità e la qualità della luce naturale dipendono dalla tipologia e dal coefficiente di trasmissione luminosa delle membrane realizzate in fibre di kevlar e carbonio (le vele tipo randa hanno una trasmissione luminosa bassa pari TL 10%, mentre i fiocchi garantiscono un TL 50%. Inoltre durante il giorno la permeabilità visiva verso l'interno è pressochè nulla; durante le ore notturne, invece, per effetto dell'illuminazione artificiale interna, l'edificio si trasforma in una grande sorgente luminosa.





Sezione verticale sull'involucro
1. cappello di lamiera preverniciata
2. ganci di sosopensione del pannello tessile
3. pannello membrana/ vela accoppiato a policarbonato sp.40mm
4. sottostruttura
5. staffa per il fissaggio dei profili verticali
6. montante in alluminio 75x50mm
7. squadretta di stabilizzazione del pannello/vela
8. corrente in alluminio 75x50mm
9. scossalina
10. guaina di protezione
11. staffa di tenuta del pannello in policarbonato
12. pannello in policarbonato
13. guarnizioni
14. profilo inferiore di contenimento di lamiera zincata





Fonti bibliografiche

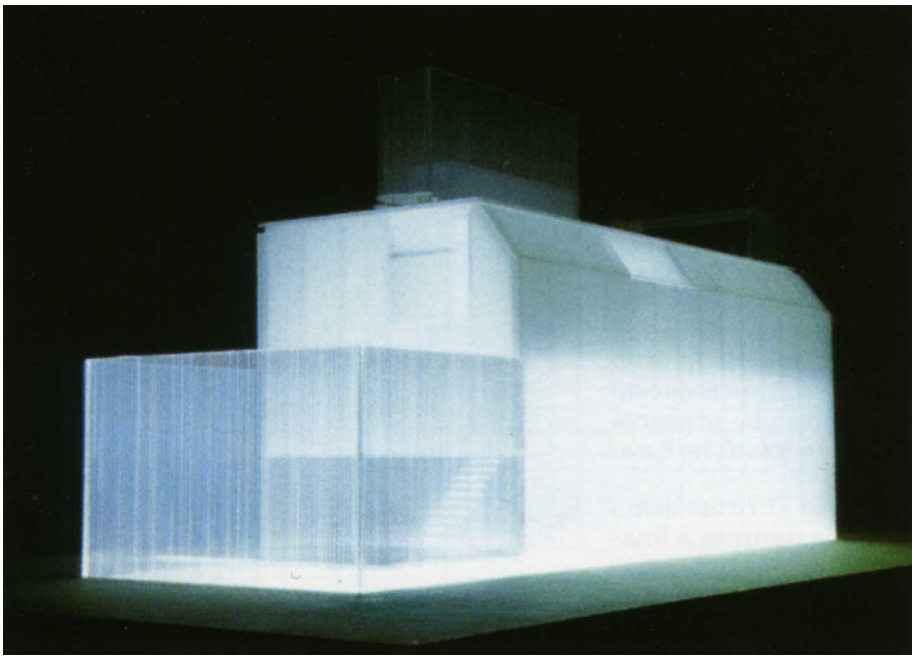
POLI T., *Leggero e indeformabile come una vela*, in Arketipo n.4/2006

Fonti iconografiche

Foto di Enrico Cano e Tensoforma tratte da ARKETIPO 4/2006

Plastic House
Tokyo - Giappone

LOCALIZZAZIONE	Nakameguro, Meguro-ku, Tokyo - Giappone
DATA DEL PROGETTO	ottobre 2001 > maggio 2002
PROGETTISTA	Kengo Kuma & associates + Kajima design
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	Hiroshi Nakamura
COMMITTENTE	privato
IMPRESA ESECUTRICE	-
DESTINAZIONE D'USO	residenziale monofamiliare
DATI DIMENSIONALI	lotto 151,30 mq; sup. coperta 83,34 mq; sup. edificio 87,77 mq (p.terra), 83,34 mq (p.primo), 82,56 mq (p.secondo)
COSTO INTERVENTO	-

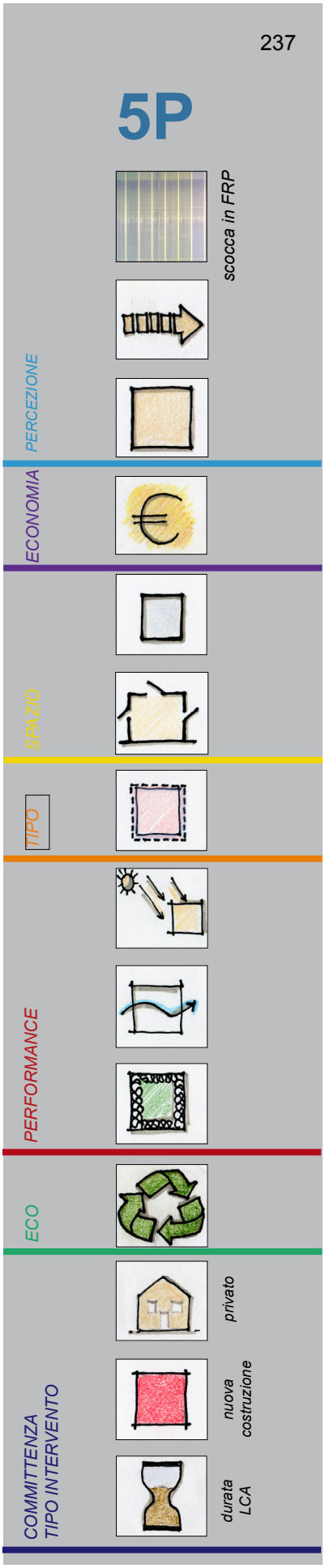


Descrizione del progetto

Kengo Kuma sostiene che "la conoscenza della città è soprattutto di tipo visivo e avviene sul piano privilegiato del prospetto architettonico, l'involucro appunto, sede in cui si condensa la materia e si esplica l'immagine del paesaggio urbano".

L'esempio della 'casa di plastica', realizzata nel centro di Tokyo per una coppia di artisti, madre e figlio, rafforza l'assunto per cui "non è la pianificazione a determinare l'immagine della città, bensì la sua qualità visiva".

In primo luogo la scelta di un materiale decisamente moderno non deve trarre in inganno, poiché le sue caratteristiche sono assimilabili a due materiali di uso comune nell'architettura giapponese: il bambù e la carta di riso, diffusamente impiegata nelle pareti divisorie interne.





Tecnologia dell'involucro traslucido

Il pannello di uretano FRP di spessore 4 mm è stato accuratamente selezionato dall'architetto per la sua notevole flessibilità e per una qualità ancora una volta visiva, che l'assimila al materiale lamellare spesso impiegato dallo stesso Kuma nei suoi progetti precedenti.

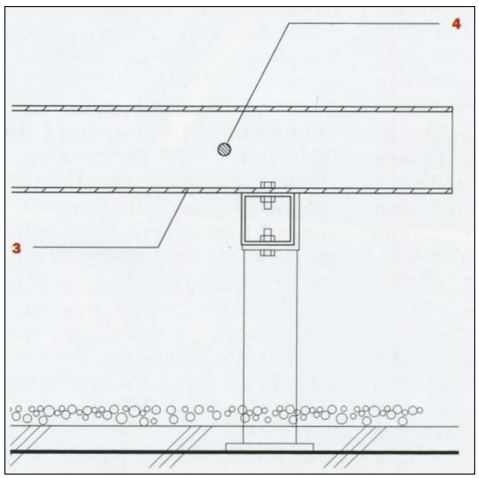
Le fibre in esso contenute hanno permesso il raggiungimento di quel risultato estetico, costantemente perseguito dal progettista, che rappresenta la matrice della sua opera e l'immagine della sua città ideale. Essa è caratterizzata dalla presenza di superfici filtro, dalla stratificazione dei materiali e dal tipico processo di dissoluzione dell'edificio nella trama traslucida dei prospetti.

La perseveranza con cui l'architetto reitera lo stesso materiale, componendo l'insieme dell'edificio per addizione dell'elemento base, la ritroviamo applicata fin nel dettaglio costruttivo.

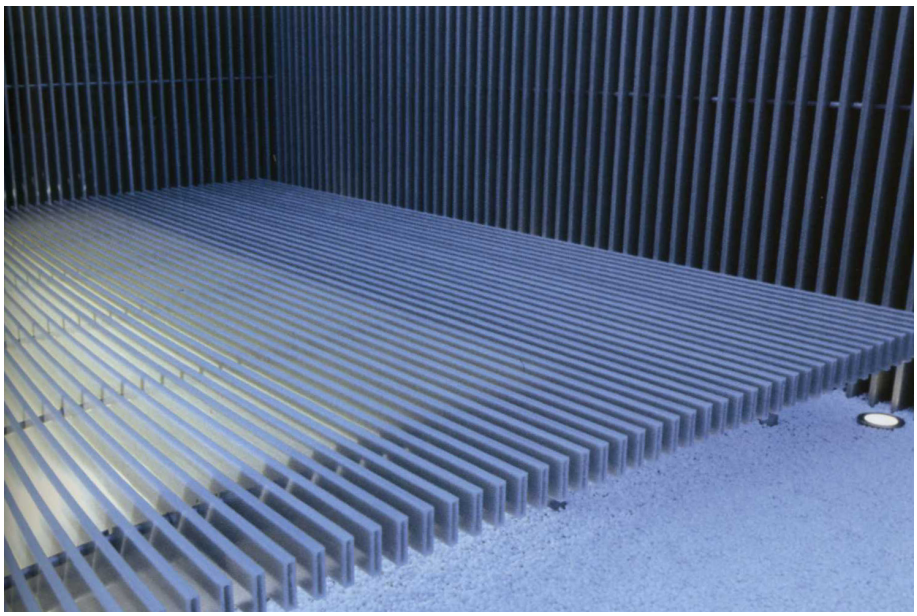
A parte la struttura portante in acciaio con elementi a C giuntato ai pannelli di rivestimento interni ed esterni (a quest'ultimo, oltre al pannello in uretano spessore 4 mm, viene applicato uno strato traslucido protettivo), il sistema di fissaggio è stato appositamente studiato impiegando particolari viti di plastica e tasselli in gomma, assolutamente nusuali nel campo dell'edilizia.
Il rimando è ancora una volte alle antiche tecniche della tradizionale archotettura in legno, in cui la tecnologia artigianale si adatta all'uso di un unico materiale, sviluppando un linguaggo coerente, oltreché sotto il profilo tecnico anche sotto quello visivo.
Nella Plastic House alla sofisticata tecnologia costruttiva si contrappone un'estrema semplicità compositiva. L'edificio si sviluppa su un lotto ristretto di 83 mq, per un'altezza fuori terra di 5,46 m. Al piano terra l'ampio soggiorno disadorno prosegue all'esterno con la sala del tè priva di copertura, favorendo l'interscambio fra interno ed esterno. Al primo piano la zona notte è occupata da camere, dai bagni e dal segno forte della terrazza sospesa, agganciata alla struttura in acciaio attraverso un'ossatura metallica controventata e costituita da un sistema scatolare interamente realizzato in lamelle di uretano. Alla sommità il tetto terrazzato è finito con una pavimentazione galleggiante in legno di cipresso.



Vista e dettaglio del grigliato di aerazione del giardino sul retro della casa
1. FRP (rivestimento traslucido in uretano), bullone
2. angolare metallico
3. rivestimento traslucido in uretano
4. bullone







Fonti bibliofgrafiche
Nicotra F., in MATERIA n.42/2003, pg.60
DETAIL n.12/2002, pg. 1588
Zanelli A., Campioli A., *Architettura tessile.* ilSole24Ore, Milano, 2009
Fonti iconografiche
foto di Mitsumasa Fujitsuka tratte da MATERIA 42/2003

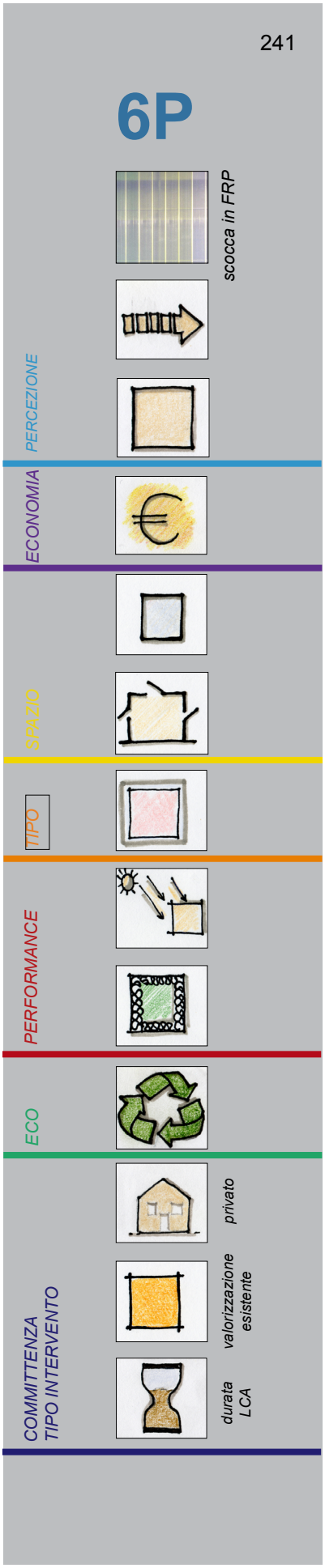
Blur Hotel
Beijing - Cina

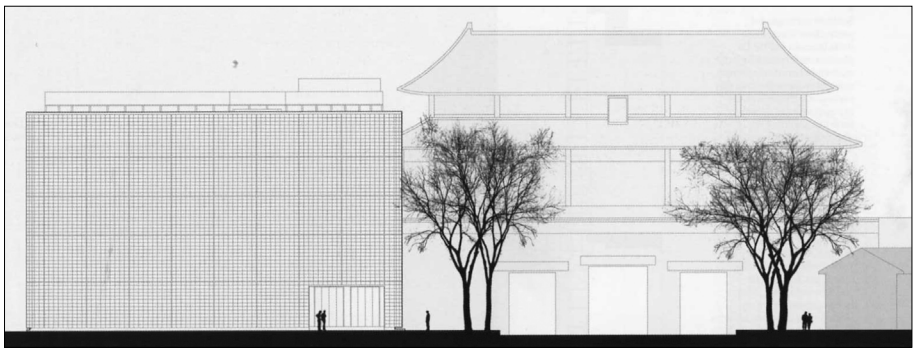
LOCALIZZAZIONE	Dongcheng district, Beijing, Pechino - Cina
DATA DEL PROGETTO	2004>2005 - 2005>2006
PROGETTISTA	studio Pei - Zhu/Pei Zhu, Tong Wu
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	L.Chuen, Z.Pengpeng, Z.Lijun, D.Lili, W.Min
COMMITTENTE	China Resource
IMPRESA ESECUTRICE	Beijing Zhongjian Hengji Gongcheng Co. Ltd.
DESTINAZIONE D'USO	ricettivo/hotel
DATI DIMENSIONALI	10.176 mq
COSTO INTERVENTO	-



Descrizione del progetto

Nella storia di Pechino la costruzione di corpi di fabbrica avulsi dal contesto della città storica della Pechino imperiale, definiti da Pei come "tumori", ha portato alla creazione di una downtown frammentata ed oramai irriconoscibile dagli abitanti. In risposta a questi problemi, il Blur Hotel, posto sul sito di quello che durante gli anni '60 era un vasto edificio governativo, è un esperimento di "*agopuntura urbana*". Piuttosto di operare e rimuovere il "tumore" (in altre parole demolire nuovamente l'edificio), lo Studio Pei-Zhu preferisce applicare un metodo meno invasivo per lasciare il manufatto edilizio al suo posto, neutralizzandone gli effetti negativi; il progetto cerca di integrare l'edificio esistente al suo intorno evitando operazioni di conservazione filologica ma piuttosto innescando tattiche per il rinnovamento dell'area.





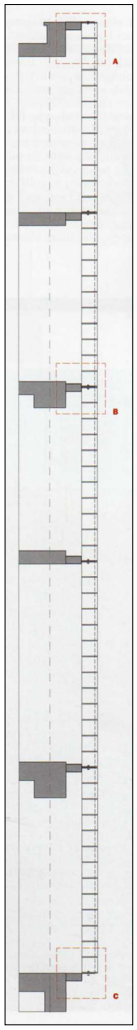
Attraverso semplici scavi e rimozioni parziali dei solai dell'edificio esistente, si viene a creare un'alternanza di corti verticali simulanti la concezione spaziale dei vicini hutong. Nella Pechino storica vi era una forte relazione tra il tessuto orizzontale delle case a corte e la strada, l'hutong; esso era il salotto, l'estensione della casa sulla strada. L'edificio esistente del Blur Hotel è così invaso da una scacchiera spaziale di pieni e vuoti, una replica del tessuto urbano altrimenti interrotto dalla presenza del manufatto.
Oltre alla sua trasformazione interna, la tattica d'intervento affronta il tema dell'aspetto esteriore dell'edificio, impacchettandolo morbidamente con una facciata continua e semi trasparente. Data la sua collocazione nel cuore di Pechino, nelle vicinanze della porta orientale della Città Proibita, la nuova facciata assume una rilevanza strategica per la visibilità dell'hotel: l'edificio è concepito come un landmark metropolitano in grado di animarsi nelle ore notturne, diventando elemento di riconoscimento dell'intera area di hutong.
Il mantenimento della maglia strutturale originale forza gli architetti a



concentrarsi nella ricerca di una nuova texture per l'edificio attraverso l'utilizzo di materiali speciali ed innovativi.
Lo scopo dello studio Pei-Zhu è quello di costruire un edificio leggero, trasparente ed invisibile.; è una presa di coscienza del sovraffollamento della capitale cinese.

Tecnologia per l'involucro traslucido

Il nuovo diaframma protegge il vecchio volume ed interviene come elemento divisorio tra spazio interno ed esterno; la maglia si deforma e si piega dolcemente in prossimità degli angoli e della parte centrale dell'edificio dove trova posto l'ingresso principale per i visitatori. La tecnica costruttiva del sistema di schermatura permette la creazione di uno spazio interstiziale, tra la facciata originale e la nuova pelle dell'edificio, in grado di accogliere il posizionamento del sistema illuminante. Permettendo alla luce di entrare ed uscire in ogni suo piano, l'edificio diventa un oggetto compatto ma permeabile al tempo stesso. I moduli di facciata sono realizzati attraverso l'utilizzo di FRP (Fiber Reinforced Plastic), un polimero costituito da una resina



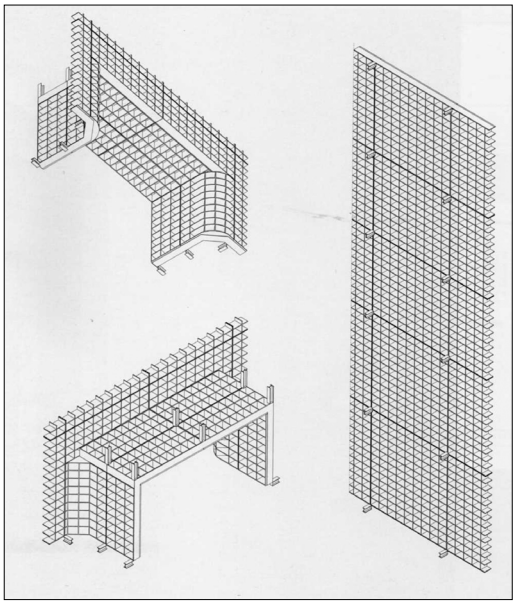


Particolare costruttivo dei moduli di facciata in FRP
1. elemento orizzontale larghezza 250mm, di connessione fra i piatti in ferro sp. 6mm; saldatura al profilato in ferro a I
2. bullone di ancoraggio nascosto
3. profilato in ferro con sezione a I saldato al piatto incassato
4. insegna luminosa larghezza 250mm, elemento verticale spesso 6 mm di connessione con il piatto in ferro
5. griglia in FRP di 400x300mm, spessore 300mm

termoindurente rigida e traslucida, solitamente utilizzato in campo aeronautico e navale per la creazione di scocche ed intelaiature dalle forme più complesse. La natura del materiale ed il processo di stampaggio hanno permesso la realizzazione di dimensioni variabili per i pannelli di facciata e la produzione di pezzi speciali per gli smussi d'angolo e dell'ingresso.

L'FRP, rispetto ad altri materiali di rivestimento, offre il vantaggio di accoppiare una leggerezza specifica ed un basso costo di manutenzione ad ottime performance strutturali ed ad una notevole resistenza alla corrosione ed agli agenti atmosferici. Dal punto di vista funzionale la nuova pelle svolge il ruolo di superficie protettiva frangisole per regolare l'illuminazione degli spazi interni e delle camere degli ospiti.

L'intera costruzione, mediante la configurazione della propria facciata, presenta una doppia vita rappresentata da un'immagine diurna, in cui si presenta come un volume unitario e compatto, ed una configurazione notturna, segnata da un particolare e suggestivo controluce che evidenzia le proprietà di trasparenza e la geometria dei pannelli di rivestimento; gli effetti di luce e le variazioni di colore della resina simulano materiali lapidei come la giada e l'alabastro e richiamano alle immagini delle tradizionali lanterne cinesi.



Fonti bibliografiche

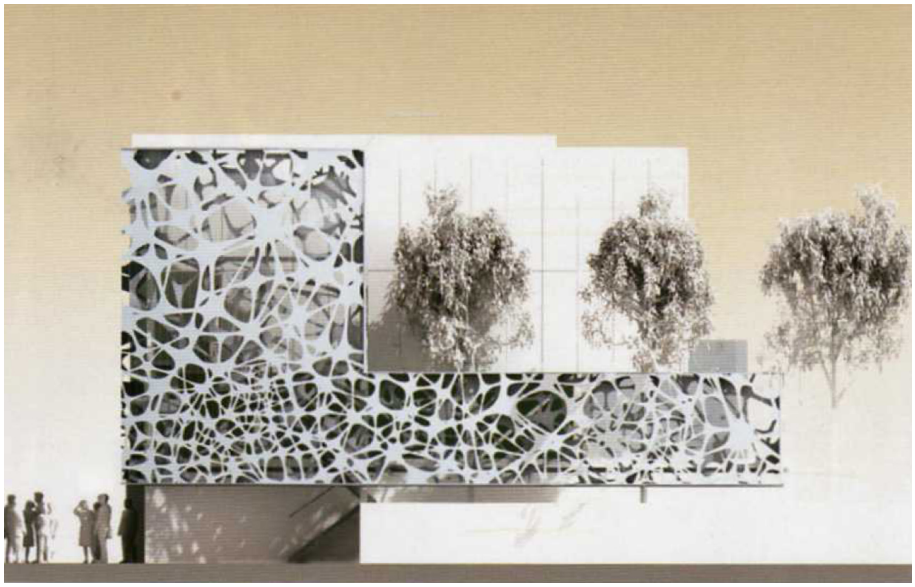
ZUTTIONI M., in MATERIA n.58/2008, pg. 120

Fonti iconografiche

Foto di Chen Yan tratte da MATERIA 58/2008

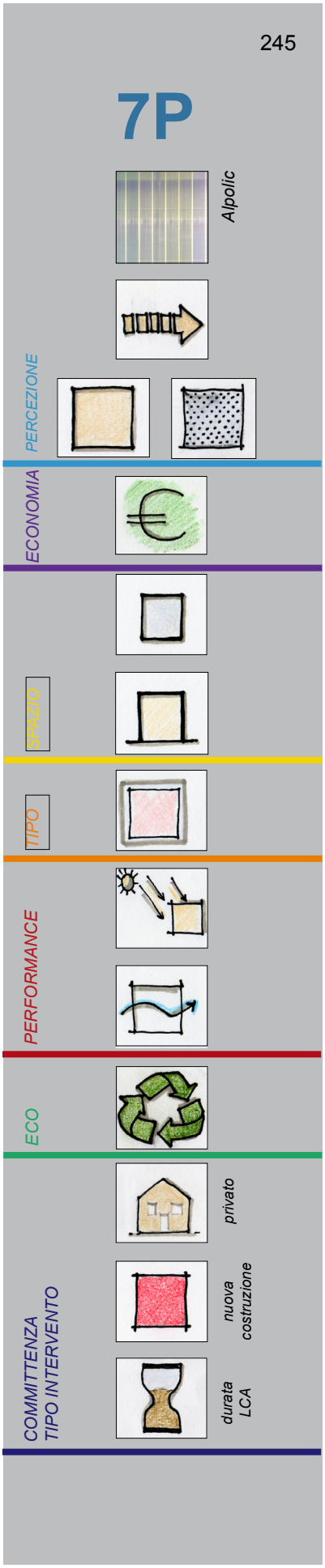
Airspace
Tokyo - Giappone

LOCALIZZAZIONE	Kitamgome Ota ku, Tokyo - Giappone
DATA DEL PROGETTO	2006>2007
PROGETTISTA	Studio M/Hijime Masubuchi (progetto edificio) Thom Faulders+Proces2/Sean Ahlquist (progetto involucro)
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	-
COMMITTENTE	privato
IMPRESA ESECUTRICE	Yamamoto Tech Co., Ltd.
DESTINAZIONE D'USO	RESIDENZIALE+UFFICI
DATI DIMENSIONALI	687 mq superficie edificio
COSTO INTERVENTO	200.000,00 yen

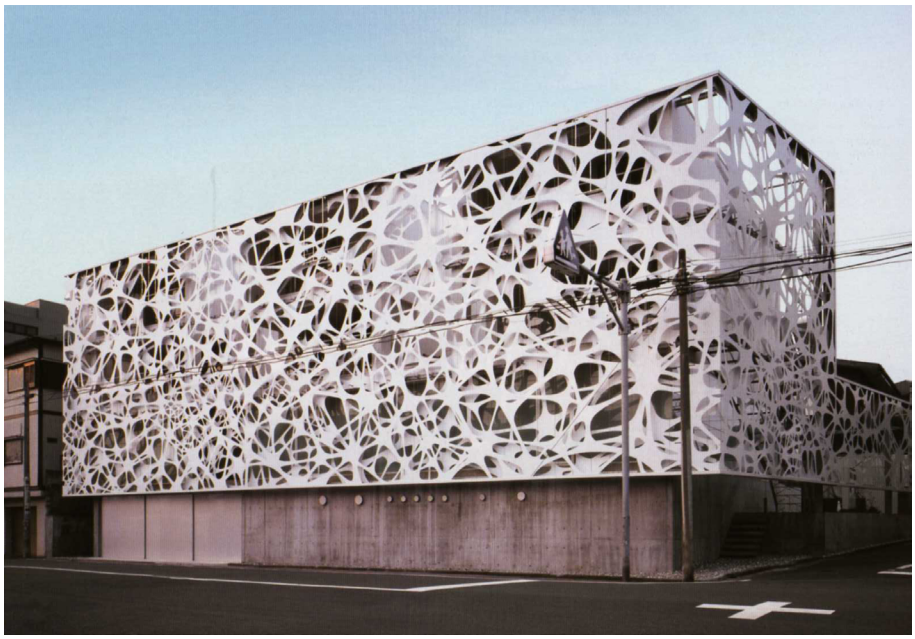


Descrizione del progetto

Airspace, è questo il nome dato all'edificio: un progetto semplice ma innovativo che solo un contesto urbano contraddittorio come quello della capitale giapponese poteva esaltare al meglio. Airspace, sito a Kitamagome Ota-ku, uno dei distretti della città, ha infatti due anime. Il progetto è figlio del lavoro incrociato di due architetti, in passato collaboratori, residenti in nazioni diverse, Giappone e America, i quali si sono occupati distintamente dei programmi architettonici costituenti l'edificio, interno ed esterno, mettendo in mostra sensibilità differenti e seguendo differenti approcci al tema. I livelli progettuali ottenuti sono stati successivamente sovrapposti, o meglio uno è venuto a contenere l'altro, ottenendo una architettura finale fortemente contrastata. Il contrasto che diviene così il vero carattere dell'edificio. Carattere che miscela minimalismo giapponese e ricerca tecnologica americana.



Airspace sorge su sito precedentemente occupato da un edificio a carattere residenziale e commerciale; particolarità della precedente architettura e del sito stesso era quella di avere, a differenza delle aree confinanti, una densa fascia verde lungo i lati perimetrali profonda 4 metri, che consentiva un continuo gioco di sguardi. Il vedere/non vedere, dalla strada o dall'edificio, permetteva all'universo pubblico e all'universo privato di incontrarsi sulla soglia lungo quel confine permeabile naturale costituito dalla vegetazione. Questo concetto e la memoria del verde, eliminato per permettere la costruzione del nuovo, sono alla base del progetto affrontato successivamente da Hajime Masubuchi/Studio M, per il volume architettonico e la progettazione degli interni di Airspace, e da Thom Faulders/Thom Faulders Architecture con la collaborazione di Sean Ahlquist/Proces2 per la pelle esterna del nuovo complesso architettonico. L'anima giapponese di Masubuchi viene a rispecchiarsi nella composizione lineare e chiara del volume architettonico che vede una suddivisione a pettine, intervallata dagli



spazi di collegamento, dei tre corpi che definiscono l'edificio.

Tecnologia dell'involucro traslucido

Una estetica minimalista, vuota, candida, caratterizza gli interni, l'attenzione al dettaglio, vetri extrachiari, muri leggeri e permeabili alla vista permettono idealmente quel continuo gioco di rimandi tra dentro e fuori, quella sfocatura che concede ad Airspace di riappropriarsi dei temi esistenti e precedenti la sua costruzione.

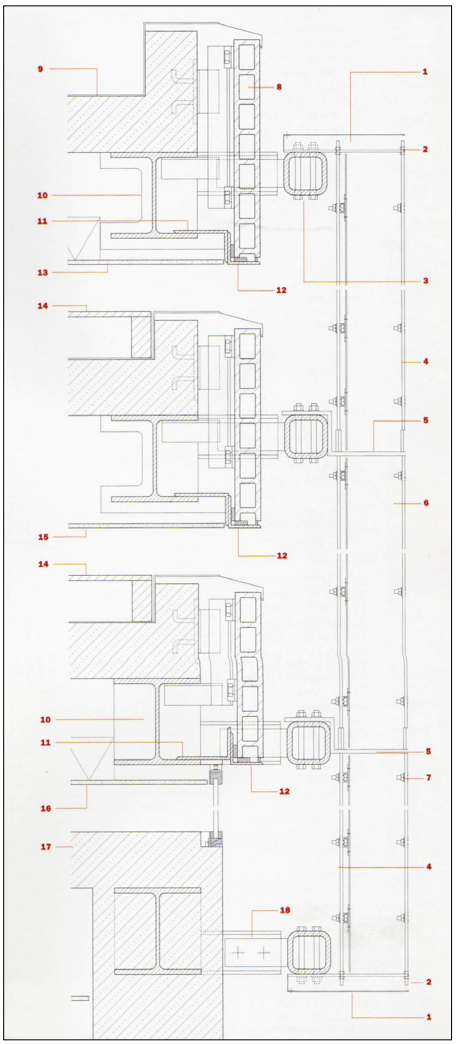
A enfatizzare ulteriormente tutto questo entra in gioco anche il secondo livello progettuale, quello affrontato da Thom Faulders con l'aiuto di Proces2.



La porosa densità della precedente cortina verde e la sua biomorfologia hanno infatti dato la direzione ideale ai progettisti. In tal modo si è venuta disegnando la complessa pelle esterna, una “buffer zone” compressa in 20 cm rispetto ai 4 m verdi precedenti, formata da un sistema a due strati sovrapposti. Un disegno, un tessuto, una epidermide non uniforme, generata da geometrie biologiche, diversamente densa che viene a creare una visione dinamica, tra quelli che sono gli spazi più privati e le zone più aperte all’esterno. Un ambiente cellulare patinato che riflette luci e rimanda ombre variando di volta in volta la percezione dell’abitante così come del cittadino metropolitano.

Una pelle disegnata e realizzata grazie al computer che ha ripreso, per ogni strato, geometrie parametriche cellulari che sono state successivamente “appiattite” su un piano per venire poi pannellate e montate. Il supporto scelto per realizzare i pannelli è un composito rigido composto da alluminio e materie plastiche: l’**Alpolic**. Materiale generalmente utilizzato per strutture protettive, per cartelloni pubblicitari cosí come per rivestimenti acustici. L’Alpolic è stato tagliato a disegno e applicato in facciata utilizzando una sottostruttura composta da sottili aste d’acciaio a cui i pannelli sono stati fissati con connettori regolabili. La doppia pelle così realizzata viene ad avvolgere completamente l’edificio, dando il tocco finale a quei concetti ideali che hanno guidato i progettisti lungo tutte le fasi di creazione. Airspace in tal modo diviene un felice compendio creativo tra differenti metodologie. Una architettura che non vuole essere momento di separazione tra le dimensioni minimali delle geometrie ortogonali interne e quelle complesse, legate al biomorfismo, esterne, ma piuttosto sintesi tra queste. Una reale dimostrazione di integrazione programmatica, culturale e architettonica.

Dettaglio di facciata
1. 75/40/5 mm profilo a U in acciaio galvanizzato
2. foglio in acciaio rivestito in poliuretano
3. profilo in acciaio galvanizzato
4. Alpolic sp. 4 mm
5. barra 44/9mm in acciaio galvanizzato
6. asta in acciaio inossidabile
7. mensola in alluminio
8. pannello in cls
9. pacchetto di copertura





Fonti bibliografiche

INCERTI G., in MATERIA n.58/2008, pg. 76

Fonti Iconografiche

Foto di Ryota Atarasi tratte da MATERIA 58/2008

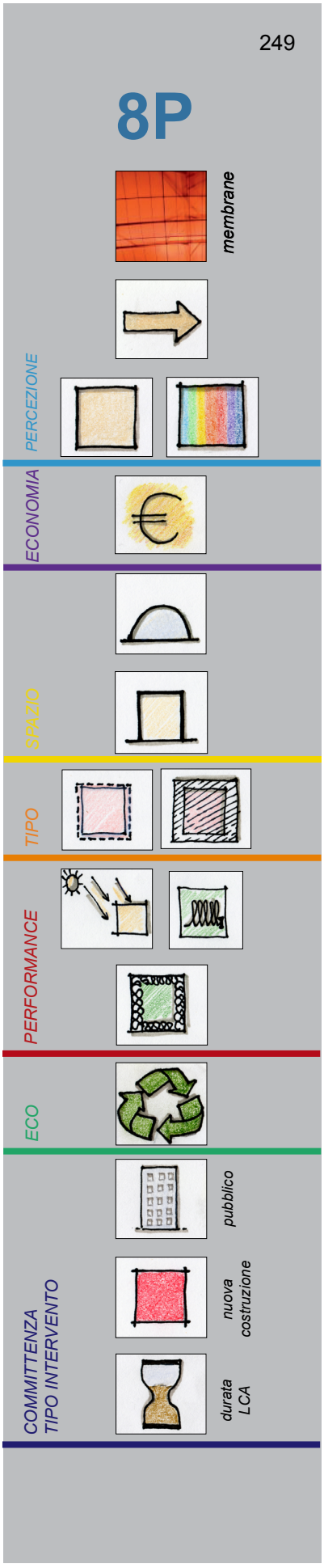
Centro natatorio nazionale "Water Cube" Beijing - Cina

LOCALIZZAZIONE	Beijing olympic green, Pechino - Cina
DATA DEL PROGETTO	luglio 2003 > gennaio 2008
PROGETTISTA	ptw + arup + cscec design John Bilmon, Mark Butler, Chris Boss, John Pauline / Tristam Carfrae, Rob Leslie-Carter, Peter Macdonald, Kenneth Ma / Zhao Xiaojun, Wang Min, Shang Hong
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	-
COMMITTENTE	BJSAM - governo popolare della municipalità di Pechino,BEIJING STATE-OWNED ASSETS MANAGEMENT CO., LTD
IMPRESA ESECUTRICE	Chine Estate Construction Engineering Corporation, Pechino
DESTINAZIONE D'USO	SPORTIVO
DATI DIMENSIONALI	177x177m, 31m altezza, sup. complessiva 70.000 mq, capienza 17.000 spettatori
COSTO INTERVENTO	€ 67,5 milioni



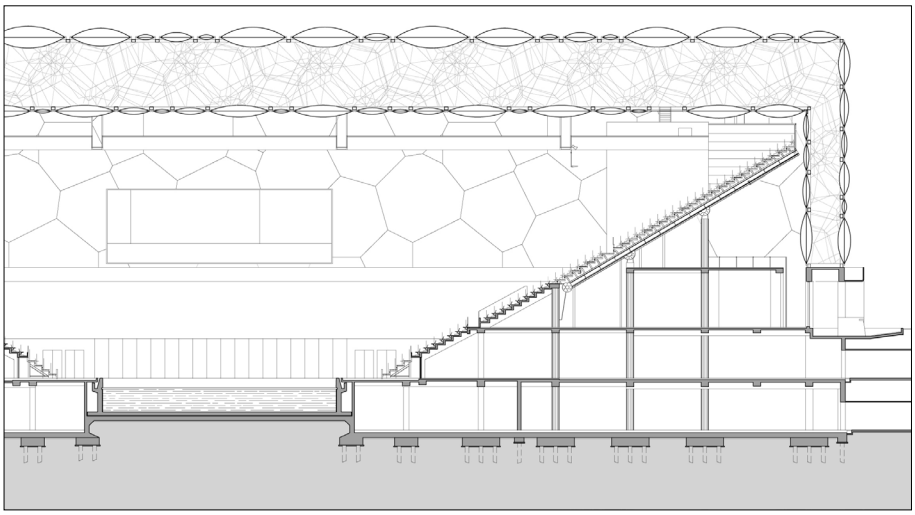
Descrizione del progetto

Nel Water Cube il concetto dell'acqua, rappresentato dalle bolle trasparenti in facciata, viene associato, mediante il semplice volume di forma quadrata, al concetto della piazza, all'idea originaria della casa nella tradizione e nella mitologia cinese. L'aspetto del centro acquatico è quindi quello di un cubo di molecole d'acqua, il Water Cube appunto. La texture dell'involucro fa pensare alle forme irregolari delle bolle di sapone, alla geometria dell'acqua in uno stato schiumoso, addirittura a



sistemi quali cristalli, cellule, aggregati molecolari. Il dettaglio di progetto si ritrova in composizioni similari studiate da Frei Otto: il risultato è la metamorfosi di una struttura naturale in una struttura culturale. La pelle dell'edificio, sia sul lato esterno che su quello interno, è composta da una miriade di cuscinetti gonfiabili costituiti da una doppia membrana di ETFE (Etilene TetraFluoroEtilene), un materiale plastico leggero e trasparente. Questo derma traslucente, che muta il proprio colore al variare della tonalità del cielo e dell'illuminazione interna, genera effetti visivi chimerici e può diventare schermo per giochi di luci e per proiezioni su grande scala.
La presenza di tante piccole cellule affiancate e l'uso dell'ETFE potrebbero ricordare altre realizzazioni, quali il progetto Eden in Cornovaglia, ma nella piscina di Pechino sono determinanti per il risultato finale sia il variare della dimensione e della forma dei cuscinetti che il disordine della loro disposizione (non più la ripetizione schematica di una figura sola). Lo studio Arup, ipotizzando di tagliare con piani virtuali la struttura spaziale della schiuma, ha sviluppato un nuovo tipo di telaio, ricavando un modello tridimensionale che è stato l'interfaccia di riferimento per tutti coloro che hanno lavorato sul progetto. In un impianto sportivo tradizionale, il sistema di facciata è applicato su una poderosa ossatura portante. Nel Water Cube, invece, la massa schiumosa cristallizzata svolge tre funzioni contemporaneamente: è struttura, è facciata, è involucro che racchiude e plasma lo spazio architettonico. L'intelaiatura metallica, di aspetto organico, quasi un tessuto osseo, realizza una cavità tra la pelle esterna e la pelle interna:

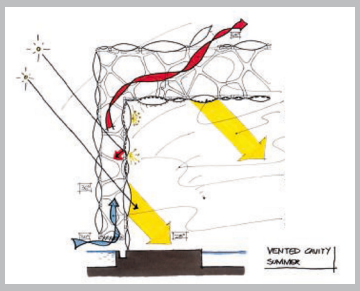




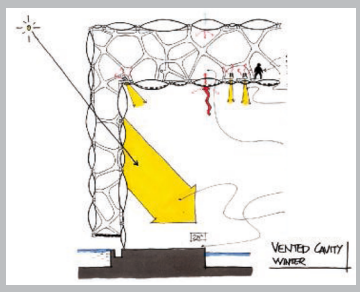
tale vano, che è di 3,6 m in parete e di 7,2 m in copertura, viene fatto funzionare in modo diverso, secondo le stagioni, per ottimizzare passivamente il comfort ambientale interno.
Il rivestimento plastico, senza massa, potrebbe dar adito a dubbi sul comportamento termico nelle varie situazioni climatiche: in realtà, proprio l'impiego dell'ETFE garantisce un buon controllo del passaggio di luce e calore. Questa caratteristica, sommata a un ponderato sfruttamento delle fonti energetiche rinnovabili, all'uso di materiali ecologici e all'oculato risparmio delle risorse idriche, consente al Water Cube di poter essere considerato un edificio "ecosostenibile".

Tecnologia per l'involucro traslucido

La pelle di Water Cube è realizzata in Teflon, costituito da strati multipli di un copolimero modificato che si chiama Etilene TetraFluoroEtilene (ETFE). In origine, questo materiale è stato sviluppato per l'industria spaziale, ma ha trovato possibilità di applicazioni in edilizia soprattutto grazie alla sua resistenza ai raggi ultravioletti e all'inquinamento atmosferico (non si irrigidisce, non ingiallisce, non si deteriora). I cuscinetti pneumatici vengono gonfiati con aria a bassa pressione, che consente di fornire potere isolante e resistenza ai carichi di vento. Sul perimetro, sono trattenuti da profili estrusi di alluminio, a loro volta fissati alla struttura principale: per il Water Cube la dimensione di tali elementi di giunto è stata ridotta da 30 a 11 cm, grazie a un'ottimizzazione studiata ad hoc dalla ditta costruttrice per rendere ancora più finemente articolata la pelle esterna. L'alta resistenza del materiale alla lacerazione consente di arrivare a un allungamento a rottura pari al 300-400%, cosicché è possibile sopportare eventuali grandi deformazioni della struttura portante. Un'altra fondamentale caratteristica è l'autopulizia sotto l'azione della pioggia: questo riduce a livelli molto bassi i costi di manutenzione.

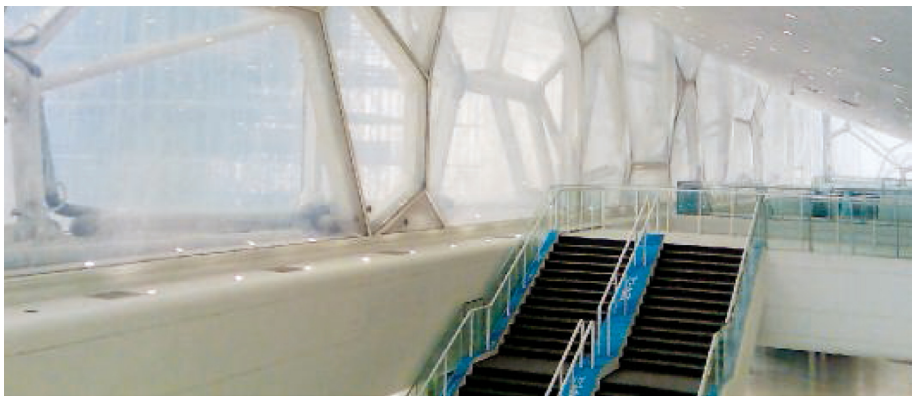


Comportamento estivo
L'aria calda, risalendo all'interno dell'intercapedine, fuoriesce in copertura. L'ingresso della luce solare viene ridotto per evitare fenomeni di abbagliamento (soprattutto in alcune aree). Aria fresca può entrare dalle lamelle al piede della facciata,ventilando la cavità interna.



Comportamento invernale
L'intercapedine dell'involucro viene chiusa: l'edificio si comporta come una serra con alti valori di isolamento. Le masse inerziali della struttura di calcestruzzo armato del basamento e dell'acqua delle vasche assorbono calore.
Il guadagno energetico tramite la radiazione solare è maggiore delle perdite di calore subite.

Il Teflon è un materiale riciclabile al 100%, inoltre, dal punto di vista ambientale, è decisamente consigliabile sia per l'alto grado di isolamento e di controllo della radiazione solare sia per il basso livello di energia incorporata (meno dell'1% rispetto a sistemi trasparenti tradizionali).
Le pellicole sul lato dell'intercapedine di facciata sono stampate a punti d'argento, servono a ridurre l'ingresso delle radiazioni solari dall'esterno e le perdite di energia dall'interno: l'intensità della campitura varia dal 10 al 65%, a seconda del grado di schermatura richiesto. In particolare, agli angoli dell'edificio la struttura metallica è chiaramente visibile. Il rivestimento in cuscini di ETFE presenta ottime proprietà isolanti e consente al volume di comportarsi come una grande serra. Il 90% dell'energia solare che arriva sull'involucro viene trattenuta: essendo le piscine organismi con impianti di riscaldamento continuamente in funzione, l'obiettivo è usare il potere del sole per riscaldare passivamente l'ambiente interno e l'acqua delle vasche. È stato stimato che, grazie a questo sistema, si ha la possibilità di ridurre il consumo di energia della piscina non agonistica di circa il 30%.
L'energia solare che attraversa la pelle trasparente, grazie alle caratteristiche dell'ETFE, consente di raggiungere all'interno alti livelli di luce naturale, con un comfort visivo ottimo.Inoltre per ridurre al minimo il carico sull'acquedotto e sulle condotte fognarie, sono stati sviluppati procedimenti per riusare o riciclare l'80% dell'acqua raccolta dalla copertura e usata nelle vasche.



Fonti bibliografiche

DETAIL n. 12/2007, pg.1469
Nezosi D., *Bolle olimpiche*, in Arketipo n.21/2008
Modulo n.342/2008, pg. 569

Fonti iconografiche

PTW+ARUP+CSCEC, Ben McMillan, Yan Yang for Vector Foiltec China e Vector Foiltec tratte da ARKETIPO 21/2008

Centro Zenith
Eckbolsheim, Strasburgo - Francia

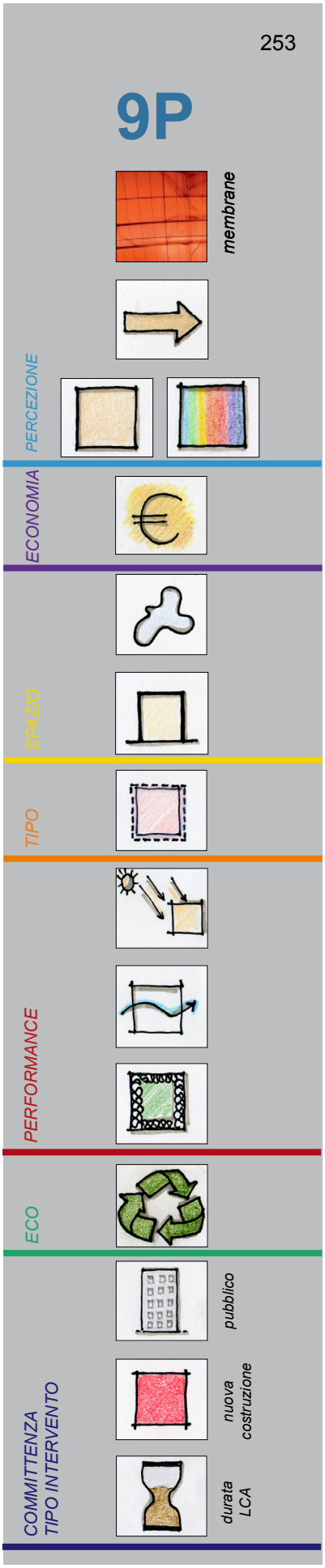
LOCALIZZAZIONE	Eckbolsheim, Strasburgo - Francia
DATA DEL PROGETTO	ottobre 2003 aprile 2006 > gennaio 2008
PROGETTISTA	massimiliano e dorianan fuksas
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	-
COMMITTENTE	C.U.S - Communitè urbaine de Strasbourg
IMPRESA ESECUTRICE	Pertuy Contruction, Strasburgo
DESTINAZIONE D'USO	culturale (sala da concerti più grande d'europa)
DATI DIMENSIONALI	sup. lorda 20.142 mq; sup. netta 16.564 mq
COSTO INTERVENTO	€ 50 milioni costo complessivo di cui € 41,9 milioni di costo per l'edificio



Descrizione del progetto

Lo Zenith rivela immediatamente l'intento progettuale degli architetti Massimiliano e Doriana Fuksas: creare una scultura nel paesaggio, carica di dinamicità grazie alla sua forma ellittica e capace di magnifici effetti di luce arancione grazie alla traslucenza dell'involucro tessile. Si tratta del 18° Zenith realizzato in Francia da quando, alla fine degli anni Settanta, il Ministero della Cultura e della Comunicazione ha promosso la qualificazione degli spazi dedicati agli spettacoli dal vivo, consultando i professionisti dello spettacolo e redigendo insieme a loro una serie di requisiti essenziali per la progettazione di nuovi spazi per la musica, capaci di conciliare le esigenze di grande afflusso di persone che caratterizza gli spettacoli rock e pop con quelle di alte performance acustiche e di comfort visuale richieste per le più svariate.

La sala è concepita come nucleo scuro, protetto da un guscio duro, plasmato su linee di differenti raggi di curvatura, studiate per ottimizzare il rapporto tra massima capienza e migliore visuale, e costruito di calcestruzzo armato per controllare al meglio le performance acustiche. L'involucro, invece, è leggero, colorato, traslucente, tessile: con questa



scelta, Fuksas sembra voler riallacciare un legame con la materialità dei due primi Zenith realizzati dagli architetti Chaix e Morel a Parigi nel 1984 e a Montpellier nel 1986, entrambi con struttura metallica e rivestimento di membrana. Tramite questa seconda pelle sottile, di colore arancione, sensibile alla luce diurna e capace di accendersi nel paesaggio notturno, Fuksas ricrea a Strasburgo la magica atmosfera degli spettacoli viaggianti e l'effimera sensazione che, da sempre, si prova sotto i loro caratteristici tendoni.

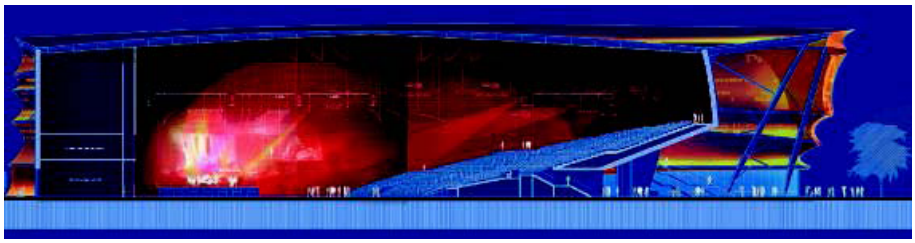


Tecnologia per l'involucro traslucido

L'involucro traslucido in questo progetto ha quindi i caratteri di un felice connubio e di una vera e propria innovazione tecnico-costruttiva.

La forma plastica e statica del guscio cementizio è avvolta da cinque anelli di acciaio dalla forma ellittica articolati in altezza con eccentricità sempre differenti. Il tessuto arancione, collegato come un nastro agli anelli d'acciaio e a più sottili cavi di tensionamento, avvolge la grande sala avvicinandosi e allontanandosi dal guscio di calcestruzzo e creando così uno spazio intermedio carico di dinamicità.

Le differenti inclinazioni delle antenne di acciaio di sostegno della tensostruttura sono responsabili anche della forma più o meno inclinata della pelle tessile. In corrispondenza degli ingressi, lo spazio porticato si amplia fino ad assumere la profondità di 12 m e il tessuto che lo delimita si allontana dal guscio dell'auditorium. Gli andamenti sinusoidali necessari a soddisfare i vincoli statici della tensostruttura a membrana sono, quindi, completamente re-interpretati: ci appaiono come netti cambi di direzione del tessuto, esternamente percepibile come un'unica superficie arancione scolpita da rientranze e sporgenze sempre curve sull'orizzontale, quanto spigolose sulla verticale.

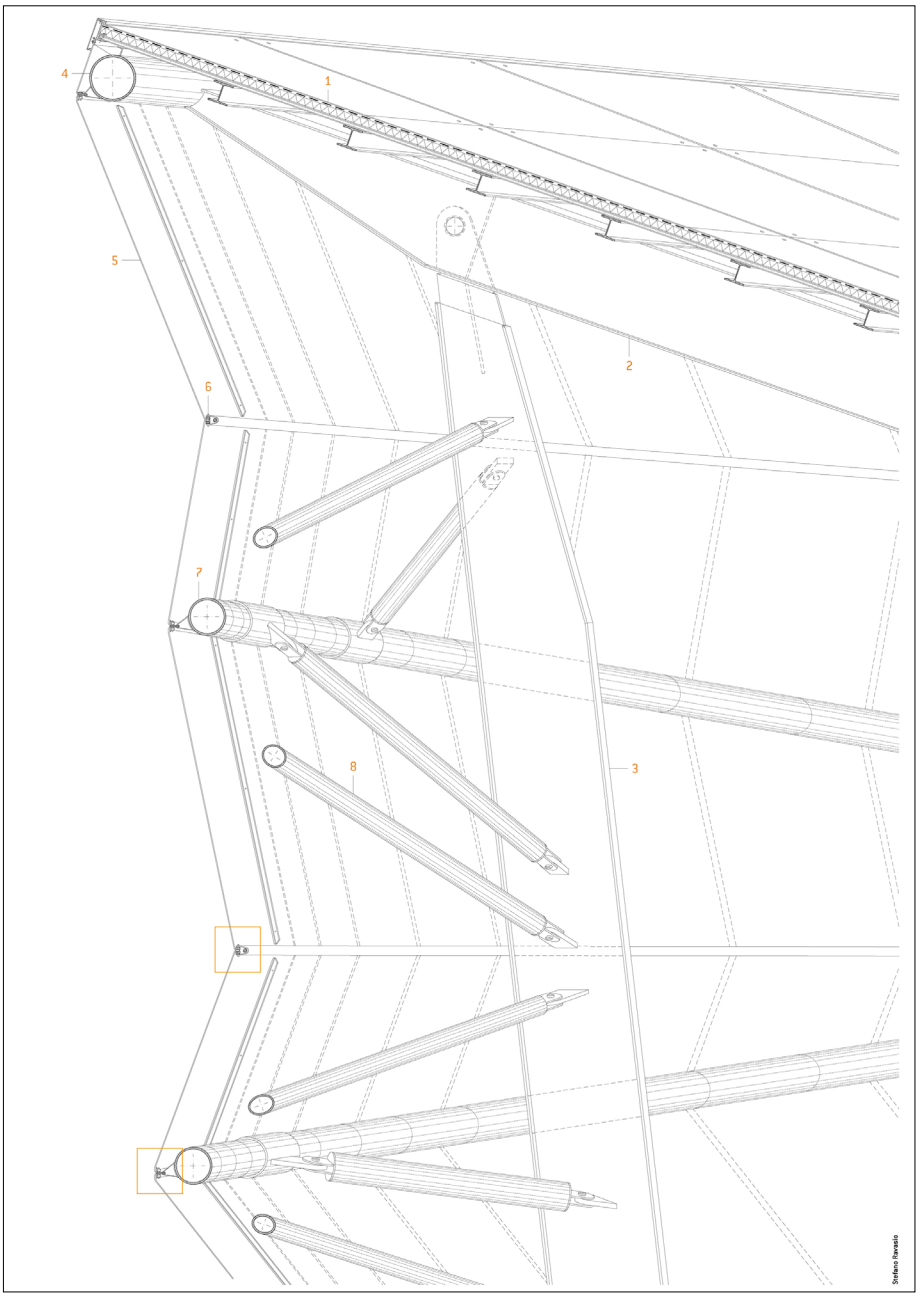


Oltre alle più diffuse membrane multi-componente di poliestere/PVC e di fibra di vetro/PTFE, è di recente applicazione la membrana di vetro/silicone, impiegata per l'involucro dello Zenith di Strasburgo, caratterizzata da una grande resistenza tensile, tipica dei tessuti di fibra di vetro, a cui si uniscono le proprietà di idrorepellenza e resistenza al fuoco proprie del silicone e, non ultimo, la sua grande malleabilità. Quest'ultima caratteristica facilita la cucitura a caldo dei ferzi del tessuto in fabbrica, realizzabili mediante l'applicazione di una sorta di striscia biadesiva a base siliconica sui lembi del tessuto da unire, e rende meno problematici la piegatura, lo stoccaggio e l'assemblaggio finale. Il tipo di tessuto utilizzato per l'involucro dello Zenith di Strasburgo è di vetro/silicone, caratterizzato da un peso di 685 g/mq, da una resistenza tensile > 5000 N / 5 cm sia lungo la trama che lungo l'ordito, da una resistenza allo strappo traperzoidale.
> 400 N sia in trama che in ordito e, infine, da una traslucenza di 12.6% dovuta alla pigmentazione arancione del tessuto.



256

Sezione verticale sull'involucro
1. impalcato di copertura con travi HEA240
2. trave principale scatoalre
3. pilastro di acciaio a sezione scatolare
4. 5° anello perimetrale di colmo del tetto con profili a tubo cavo ø500mm
5. membrana tessile in vetro/ silicone
6. cavo di gola della tensostruttura in trefolo di acciaio ø38mm
7. anello di acciaio a sezione circolare ø46mm
8. bielle di acciaio



Fonti bibliografiche

ZANELLI A., Luminosità tessile, in Arketipo n. 21/2008, ilSole24Ore, pg.44

Font iconografiche

Foto di Moreno maggi e Airdiasol tratte da ARKETIPO 21/2008

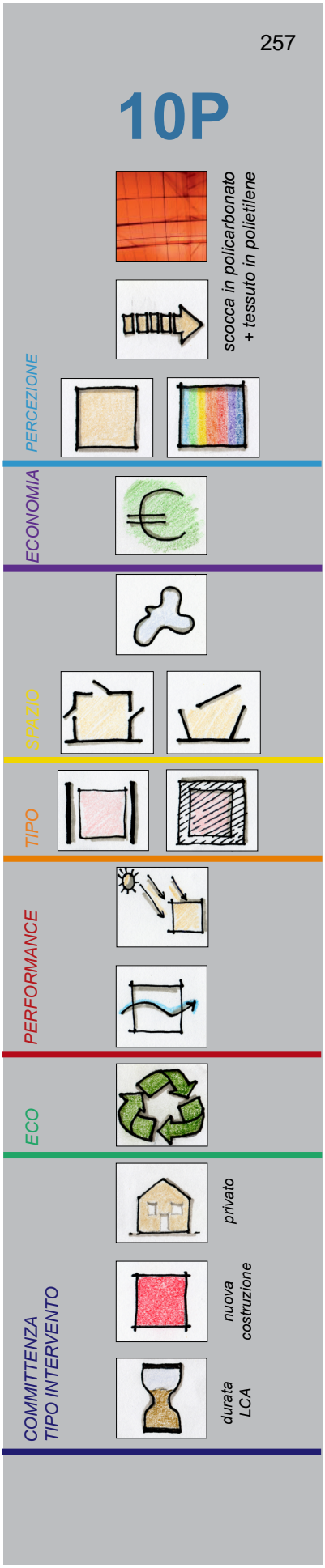
Wall House
Santiago - Repubblica del Cile

LOCALIZZAZIONE	Santiago - Repubblica del Cile
DATA DEL PROGETTO	2004 > 2007
PROGETTISTA	FAR frohn & Rojas Marc Frohn, Mario Rojas Toledo
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	-
COMMITTENTE	privato
IMPRESA ESECUTRICE	-
DESTINAZIONE D'USO	RESIDENZIALE MONOFAMILIARE
DATI DIMENSIONALI	230 mq superficie coperta, 5.787 mq area verde
COSTO INTERVENTO	€ 135.000,00 (circa € 600/mq di costruito)



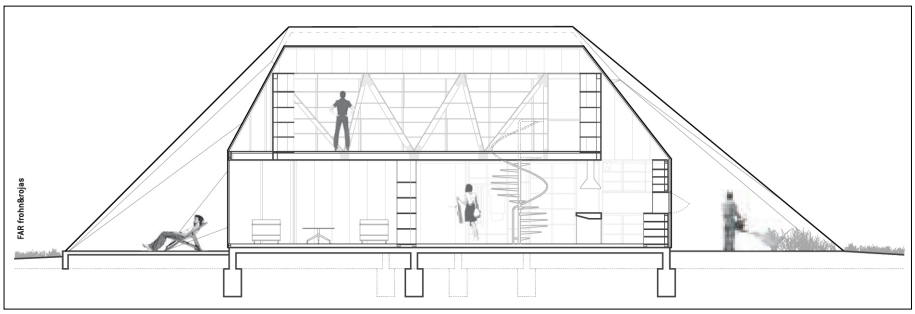
Descrizione del progetto

Una casa d'abitazione, situata all'interno di una rigida lottizzazione al limite della città di Santiago del Cile, è l'opera prima di un gruppo di giovani architetti di diverse nazionalità di nome FAR. Gli architetti hanno denominato questo progetto Wall House, quando invece l'unico vero "muro" della casa è costituito dall'alta vegetazione che delimita su tutti i lati il terreno del lotto e che si erge come una barriera visiva e acustica alla vita suburbana dell'intorno. Nasce proprio da questa considerazione l'idea progettuale che sta alla base delle scelte concettuali e materiali che hanno portato alla costruzione di una casa unifamiliare isolata di circa 230 mq a un costo di circa 600 euro/mq. L'idea è semplice quanto efficace, non solo dal punto di vista economico e costruttivo, quanto per la ricchezza di ambienti che riesce a organizzare e per la spazialità



nuova che riesce a proporre.
Una serie di strati di differenti densità, peso e permeabilità alla luce naturale si sviluppa in tutte le direzioni verso il giardino circostante. Il progetto si allontana completamente dalla diffusa equivalenza casa = scatola protettiva e i suoi progettisti sembrano non avvertire quella paura preconcetta di sperimentare in essa materiali e forme non pienamente metabolizzati dal tempo e dalle abitudini.
Una rete di polietilene e un tessuto di poliestere intrecciato con nastri di alluminio, una scocca continua di lastre di policarbonato alveolare interrotta da grandi vetrate scorrevoli, una serie di chiusure verticali e piastre orizzontali di compensato di legno, tavolati per casseforme e travi di legno lamellare e, infine, un piccolo e unico nucleo di calcestruzzo armato: questi sono gli elementi costruttivi messi in gioco. Come in un gioco, la caverna di calcestruzzo, gli scaffali portanti, l'involucro traslucido e la pelle morbida compongono un volume permeabile all'esterno quanto facile da realizzare, anche senza ricorrere a manodopera specializzata. A parte il nucleo di calcestruzzo, tutti gli altri elementi sono stati progettati scegliendo materiali poco costosi, con soluzioni di dettaglio facili da approntare, quasi al limite del fai-da-te, e altrettanto leggeri da montare.





Tecnologia dell'involucro traslucido

Il vero e proprio involucro esterno della casa, la cosiddetta "scocca lattiginosa", sigilla il volume della casa creando una luminosità diffusa, sapientemente sfruttata nei mesi più freddi per accumulare la radiazione solare.

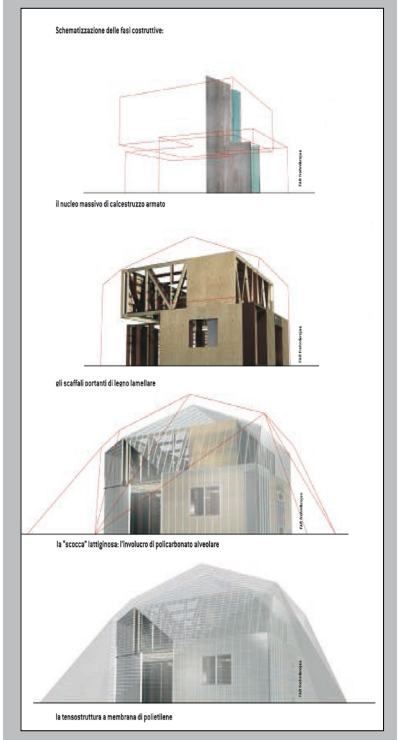
Tale involucro continuo, ma sempre sfaccettato come un diamante, realizzato in lastre di policarbonato alveolare montate su profili di acciaio zincato, si incontra poi con grandi vetrate: ampi serramenti scorrevoli al piano terra e piccole aperture a ribalta nella parte più alta del secondo piano, sapientemente collocate per innescare un benefico raffrescamento nella stagione estiva. È proprio in questo periodo che entra maggiormente in gioco anche lo strato più esterno della casa, ossia la tensostruttura a membrana. La sua funzione è, essenzialmente, quella di schermo solare e di barriera protettiva all'ingresso degli insetti, molto presenti in quella zona.

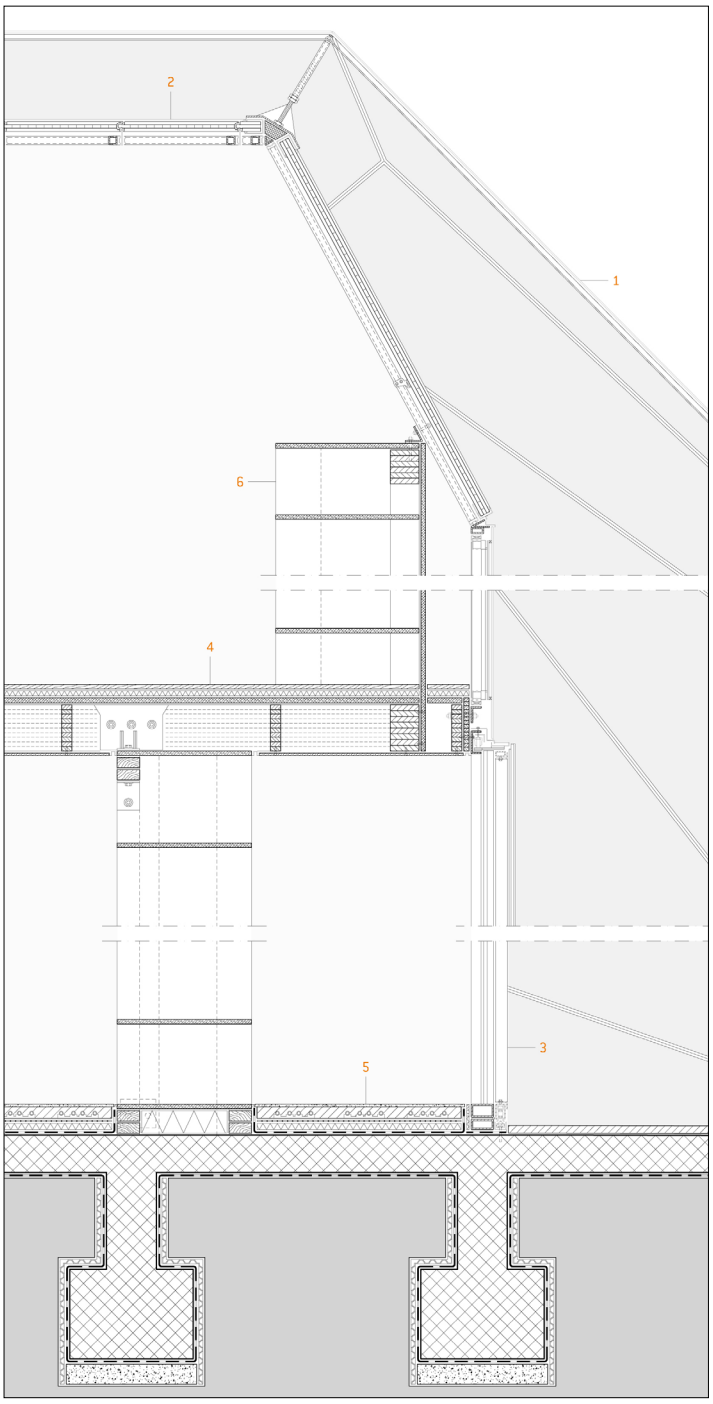
Tra la scocca di policarbonato e la membrana esterna si creano spazi di differente ampiezza e vivibilità, tutti quanti pensati come ampliamenti estivi della casa stessa, quando gli abitanti possono godersi uno spazio aperto che, andando oltre l'involucro di policarbonato, rimane interno alla membrana e dunque protetto.

La peculiare conformazione dell'involucro offre lo spunto per sottolineare che, allargando lo sguardo a comparti industriali più avanzati rispetto a quello edilizio, il progettista oggi può trovare occasioni interessanti per trasferire in architettura materiali e tecnologie già disponibili.

In questo caso, una rete frangivento di polietilene, di provenienza del settore dei tessuti tecnici per l'agricoltura, e un tessuto di poliestere confezionato appositamente con strisce di alluminio, prodotte e derivate dal settore degli isolanti per macchinari industriali, sono stati confezionati insieme secondo un disegno che ottimizza l'apporto solare in ingresso sia d'inverno che d'estate.

La membrana di polietilene, così come la scocca di lastre di policarbonato alveolare traslucido, sono elementi tecnici "mono-componente", costituiti cioè da un solo elemento chimico. Ciò ne facilita sia il possibile riciclo che l'eventuale smaltimento.





Sezione verticale sull'involucro
1. membrana: ferzi di tessuto di poliestere intrecciato con strisce di alluminio riflettenti la radiazione solare + ferzi di rete di polietilene di protezione da insetti
2.scocca di pannelli in policarbonato alveolare a tre camere intelaiati su profili a C di acciaio zincato, sp.40mm
3. serramento scorrevole
4. solaio a secco del primo piano in compensato e legno lamellare
5. solaio a terra in calcestruzzo armato a vista
6. partizioni interne in scaffali di legno lamellare

Fonti bibliografiche

Zanelli A., *Membrane e scocche,* in Arketipo n.27/2008, pg. 58
DETAIL n.05/2008, pg. 478
Zanelli A., Campioli A., *Architetura tessile,* ilSole24Ore, Milano, 2009
THE PLAN n.38/2009, pg.86

Fonti iconografiche

Foto di Cristobal Palma tratte da ARKETIPO 27/2008

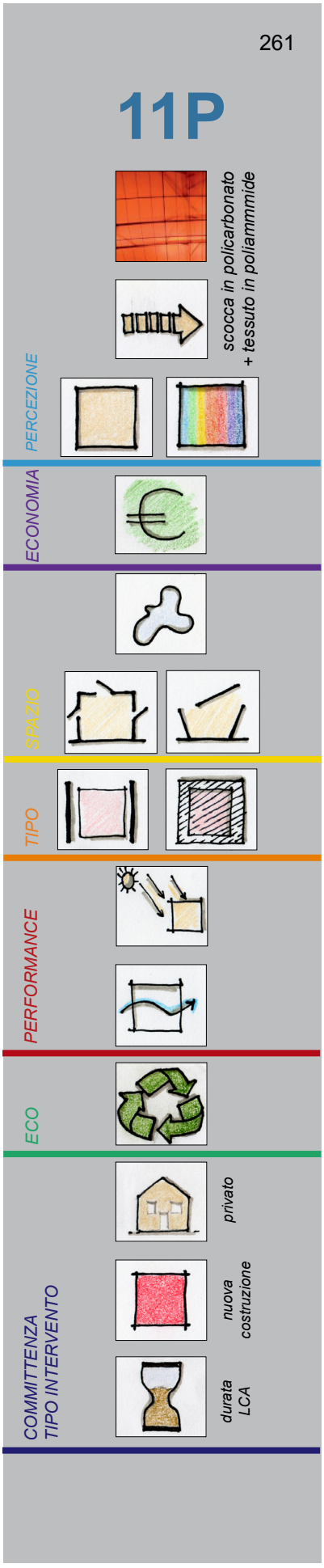
Barak House
Sommiéres - Francia

LOCALIZZAZIONE	Sommiéres - Francia
DATA DEL PROGETTO	1999 > 2001
PROGETTISTA	R&Sie... Francois Roche, Stephanie Lavaux
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	Alexandre Boulin, Olivier Legrand
COMMITTENTE	Ami & Judith Barak
IMPRESA ESECUTRICE	Christian Hubert Delisle
DESTINAZIONE D'USO	RESIDENZIALE MONOFAMILIARE
DATI DIMENSIONALI	160 mq
COSTO INTERVENTO	€ 168.000,00



Descrizione del progetto

Una natura fortemente costrittiva, una coppia di committenti coraggiosi, un architetto impegnato e radicale, due anni di lavoro paziente. Ed eccon comparire una vibrazione di colore chiaro nel paesaggio di olivi e muri di pietra a secco del sud della Francia dove si staglia imponente il castello medievale di Sommières. 'Frammento di paesaggio artificiale' piuttosto che oggetto architettonico, questa opera, realizzata con sistemi costruttivi tradizionali, si conforma alla particolar topografia del luogo attraverso l'uso di tecnologie e materiali mutuati dalle costruzioni agricole.



La fascia di rispetto attorno al castello, volta alla salvaguardia del patrimonio architettonico e paesaggistico della provincia di Nimes, permette di costruire solo in corrispondenza di un forte dislivello: uno scarto altimetrico di 4,5 m con una pendenza del 45%.
La genialità di Hubert Delisle, costruttore di installazioni per artisti, e l'uso del calcolatore consentono il controllo e la realizzazione di questa forma 'non disegnata'.

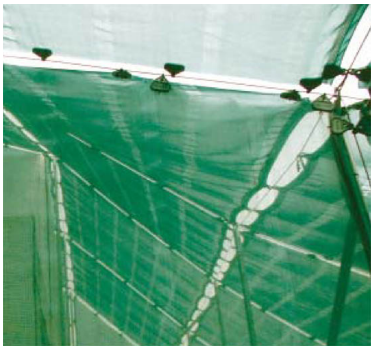


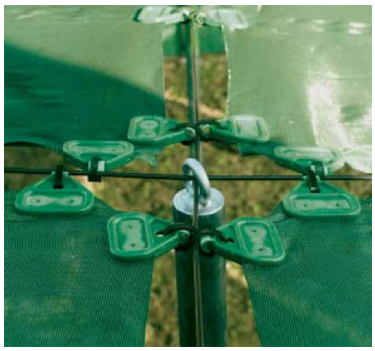
Tecnologia dell'involucro traslucido
Teli verdi di poliuretano (prodotti dalla ditta Emis), gli stesi usati per l'orticultura industriale nelle regioni calde, avvolgono e nascondono, con un sistema di cavi in fibra di carbonio e morsetti di plastica, la struttura metallica costituita da ben 72 pali tubolari in acciaio zincato di diametro 35mm e lunghezza regolabile da 30 a 300 cm.
Tra la tenda verde e il terreno si generano "una successione di luoghi interstiziali da colonizzare, di spazi in divenire". L'involto di teli flirta con la piegatura del terreno; tra di essi si rifugia l'abitazione. Sollevata la copertura fragile e provvisoria si svela il mistero: c'è una struttura solida e durevole in blocchi di calcestruzzo, pochi tramezzi e i solai di copertura.
Spazi aperti ma ombreggiati attendono di essere inglobati in future estensioni dell'abitazione stessa esaudendo così il desiderio di

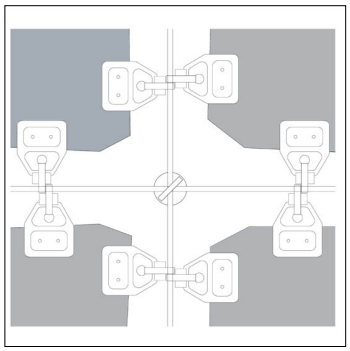
flessibilità espresso dai committenti. Particolare attenzione è stata posta per la progettazione degli aspetti climatici. L'involucro di teli verdi in pliuretano svolge infatti la funzione di 'tenda climatica': ombreggiando le pareti in calcestruzzo contribuisce a regolare la temperatura interna della costruzione in estate, in una regione particolarmente calda della Francia. In inverno il riscaldamento è affidato ad un sistema tradizionale che sfrutta la geotermia di superficie: la differenza di temperatura fra il terreno e l'aria esterna produce energia sufficiente a riscaldare un liquido che circola attraverso una rete di tubi al di sotto del pavimento. Questo progetto furtivo, dove l'innovazione si misura con la scelta dei materiali tradizionali piegati all'eresia di una volontà estetica che li contraddice, fa si che la casa Barak, quasi invisibile nel contesto naturale in cui sorge, non passi invece inosservata nel panorama virtuale della ricerca architettonica contemporanea.











Vista e dettaglio dei punti di aggancio della tela in materiale plastico.

Fonti bibliografiche ed iconografiche

Percoco M., in MATERIA n.42/2003, pg.82

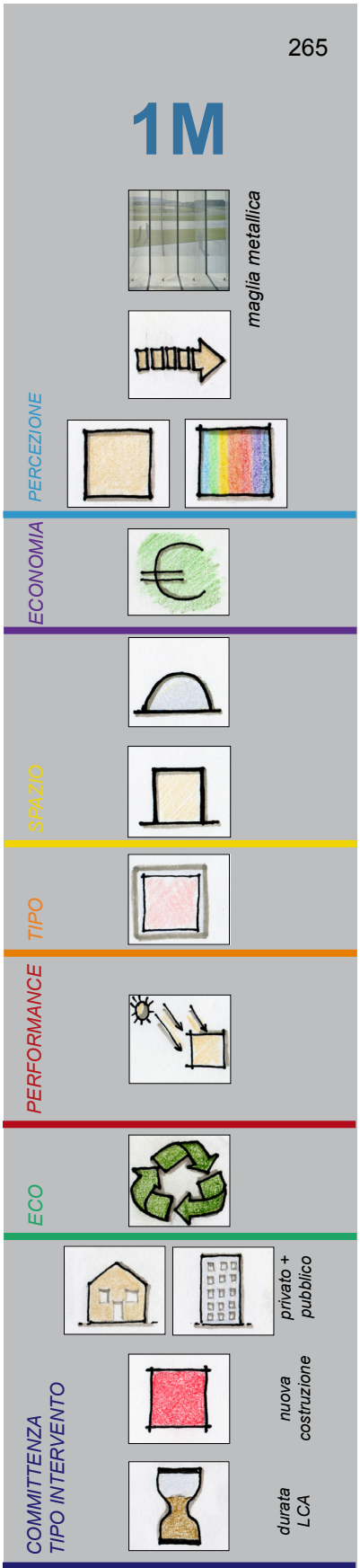
MUMUTH - Casa della musica e auditorium Graz - Austria

LOCALIZZAZIONE	Hugo Wolf Strasse, Graz - Austria
DATA DEL PROGETTO	1998>2003; 2006>2008
PROGETTISTA	UnStudio Ben van Berkel, Caroline Bos
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	Hannes Pfau, Miklos Deri, Kirsten Hollmann, Markus Berger, Florin Pischetsrieder, Uli Horner, Albert Gnodde, Peter Trummer
COMMITTENTE	privato: BIG Bundesimmobiliengesellschaft (costruzione) pubblico: KUG University of Music and Perfor ming Arts Graz (utilizzatore)
IMPRESA ESECUTRICE	Zeman & Co (strutture ferro), MA-TEC Stahl und Alubau (facciate), Prodinger Metalbau, GKD Gebr.Kufferath
DESTINAZIONE D'USO	CULTURALE/DIDATTICO
DATI DIMENSIONALI	6.200 mq
COSTO INTERVENTO	-



Descrizione del progetto

Qui a Graz, nel nuovo Musiktheater, siamo invitati ad entrare in un edificio celato da una seconda pelle, una leggera maglia metallica che scivola con linee curve sull'intero edificio. Oltre questa cortina di ferro il pubblico è da una scala monumentale a spirale che conduce al



secondo piano, dove si trova l'ingresso del teatro. La scalinata imita il movimento dell'onda e suggerisce la presenza di forze misteriose similmente alla musica che dà sonorità a forze essenzialmente mute. Per dare vita ad una sensazione è necessario esercitare una forza su un elemento, un punto dell'onda (Deleuze).
Nella città di Günther Domenig, autore della famosa Steinhaus, in cui non molto tempo fa si celebrò l'edificio realizzato da Peter Cook, la Kunsthaus, è un piacere assoluto passare dall'imponente neoclassico della Opernhaus a questo più esile Musiktheater. Nella sua eccessiva geometria non trova posto l'esagerazione, l'intenzione è quella di dare alla forma la legittimità del suo spazio, oltre il limite dell'utilità. L'esterno, costituito da una facciata enigmatica, velata, amplifica il senso di stupore che coglie all'interno. La struttura interna e la scatola stimolano i sensi tattili e visivi, che una volta animati predispongono il



pubblico ad una partecipazione estremamente emotiva. E' un edificio suggestivo dove si assisterà sempre ad un duplice spettacolo, quello in scena sul palcoscenico e quello rappresentato dall'architettura.

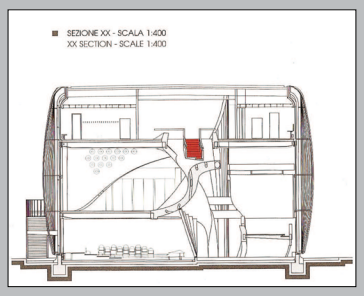
Tecnologia per l'involucro traslucido

L'involucro dell'edificio è composto da un rivestimento, che alterna vetrate basso emissivo a fasce opache in pannello sandwich in lamiera di acciaio coibentata, e da una seconda pelle curvilinea, quasi di forma 'bombata', in maglia di acciaio GKD omega 1520 con sistema di aggancio a scomparsa; nel mezzo una passerella lungo tutto il perimetro ad ogni piano, per la manutenzione e la pulizia di facciata.

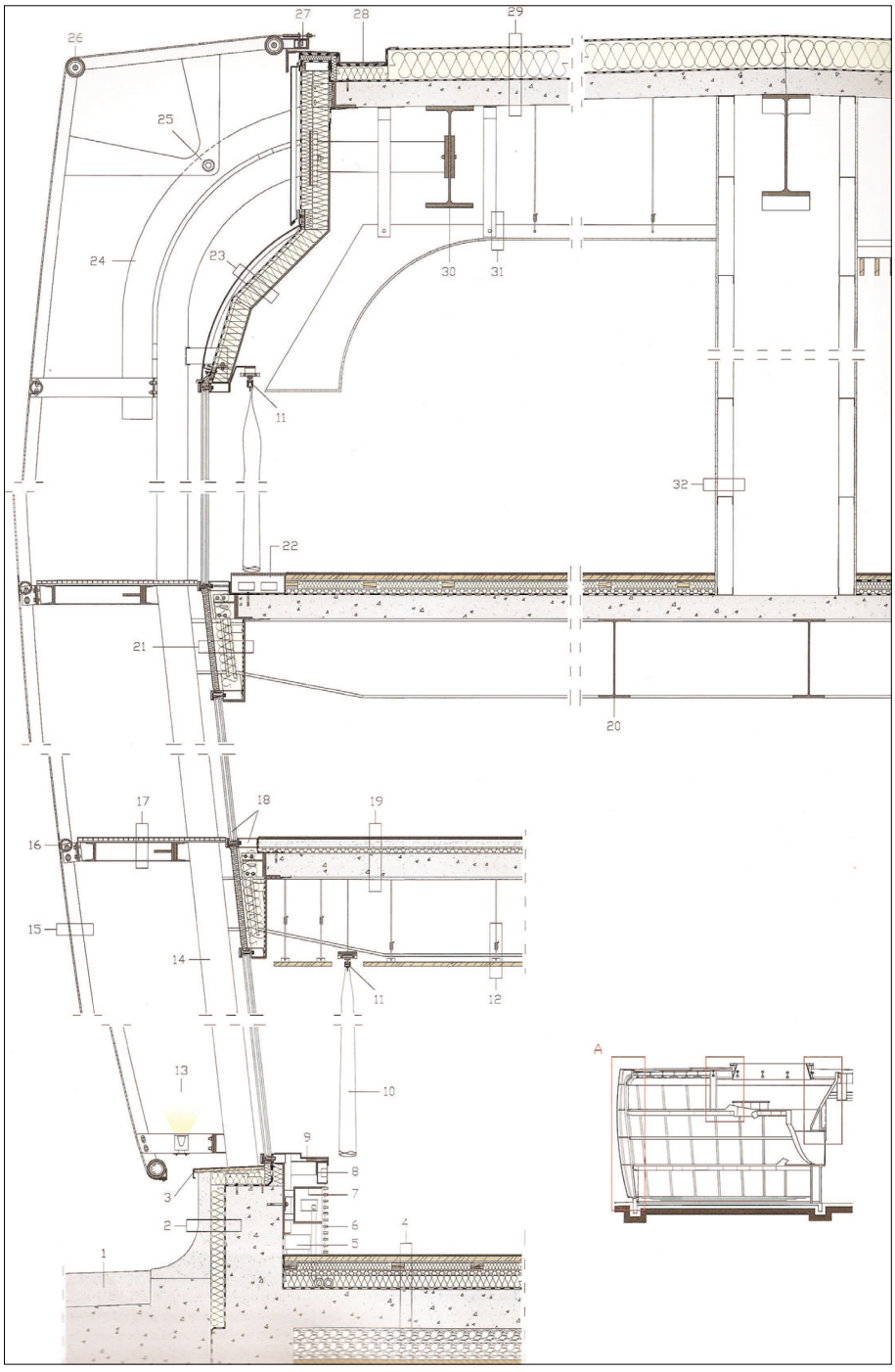
Secondo il progettista: "...l'esterno è una tela bianca, tema che consente di affrontare l'argomento della musica in modo nuovo. Il nostro interesse nel ristabilire un rapporto fra musica ed architettura, fin dall'inizio si era concentrato sugli aspetti condivisi dalle due discipline, come il ritmo, la continuità e la comunicazione. Le letture di Gilles Deleuze ci ha insegnato che esiste un elemento che non avevamo ancora studiato: la ripetizione. La ripetizione genera un aggregato di densificazioni, intensificazioni ed intervalli...lo abbiamo applicato alle facciate in vari modi per ottenere differenti effetti. L'impatto del suo aspetto è reso ancora più forte con il mutare della luce di giorno e di notte, oltre che dalla prossimità e dagli angoli di visuale, in quanto il rivestimento esterno della facciata consiste in una rete scintillante."

Infine l'involucro si trasforma in filtro, oltre che luminoso, colorato per la particolare colorazione dell'illuminazione notturna.





Sezione verticale sull'involucro
1-9 attacco e solaio a terra in cls
10-11 tendaggio per la schermatura e l'impatto acustico
12. controsoffitto in pannelli di MDF 25 mm con tiranti appesi in acciaio
13. lampada allo xenon per illuminazione esterna della facciata
14. struttura portante del sistema di facciata con colonne in acciaio
15. rivestimento di facciata con maglia di acciaio, struttura secondaria formata da montanti verticali in piatti di acciaio galvanizzato 86 mm assemblati
16. correnti in profilo tubolare in acciaio diam. 82mm di irrigidimento della facciata
17. passerella formata da griglia in acciaio galvanizzato 30 mm
18. facciata vetrata con infisso esterno in acciaio 60x18mm con vetrocamera basso emissivo 10/16/10+10mm



Fonti bibliografiche

Project Report e Safran Y.E., in THE PLAN n.32/2009, Centauro, Bologna, pg. 50

Fonti iconografiche

Foto di Christian Richters tratte da THE PLAN 32/2009

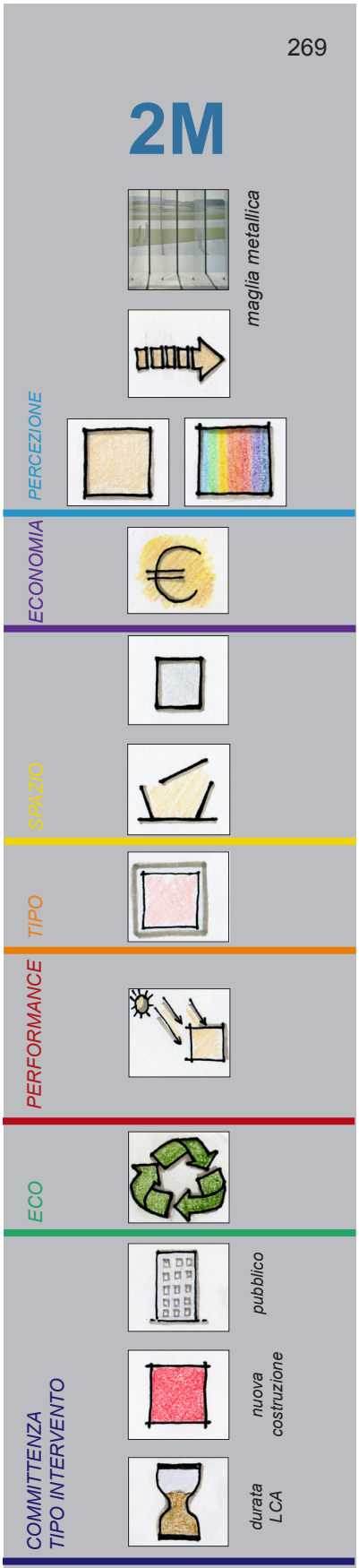
Edificio di Ingresso al Municipio Innsbruck - Austria

LOCALIZZAZIONE	Anichstrasse, 8, Innsbruck - Austria
DATA DEL PROGETTO	2002>2003
PROGETTISTA	Dominique perrault architecte
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	Reichert - Pranschke - Maluche Architekten
COMMITTENTE	Rathauspassage, Stadt Innsbruck
IMPRESA ESECUTRICE	GKD, Gebr. Kufferath, Koch Membranen
DESTINAZIONE D'USO	uffici+commerciale
DATI DIMENSIONALI	superficie area 1.650 mq, volume 7.500 mc
COSTO INTERVENTO	€ 2.500.000,00



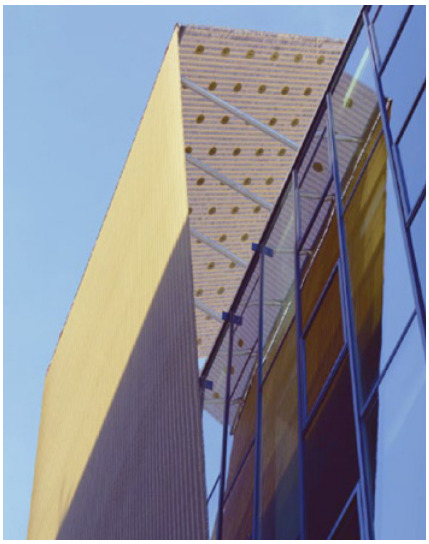
Descrizione del progetto

L'ultimo intervento riguardante il nuovo complesso municipale di Innsbruck doveva assolvere contemporaneamente alla funzione di centro commerciale e di ingresso alla nuova galleria del Municipio (Rathauspassage), oltrechè al Municipio stesso; parametri a cui non corrispondeva la costruzione preesistente. Il nuovo edificio ottimizza l'inserimento urbanistico del municipio poiché, fornendogli un nuovo ingresso, permette ai cittadini l'accesso da tutte le direzioni. La silhouette della torre di 28 m, che in un linguaggio contemporaneo



riprende e prosegue la tradizione turrita della città, si staglia alta nel cielo diventando un forte elemento identificativo e sottolineando, nella gerarchia urbanistica, il suo ruolo preminente.
Tre funzioni si sovrappongono: l'area dello shopping al piano terra e al primo livello, tre piani di uffici e infine due piani residenziali. La copertura vetrata della galleria al piano terra inquadra visivamente la torre del Municipio, all'interno dell'isolato. Le altezze di piano libere permettono un accostamento differenziato agli edifici circostanti, mentre l'arretramento dei due piani superiori consente all'edificio di rispettare la forma tipica dei tetti a capanna e dona agli appartamenti un ampio respiro sulla città. Questa torre di vetro moltiplica gli effetti delle riflessioni come un prisma di cristallo inserito nel cuore della città. Ne risulta un edificio sensibile e variegato, protetto sul fronte esposto a sud da un "velo" di maglia metallica. Quest'ultimo assolve non solo alla funzione frangisole, ma crea una facciata fortemente caratterizzata, che si impone sul ricco tessuto urbano circostante.





Tecnologia per l'involucro traslucido
In questo modo la profondità volumetrica e la capacità di reazione a svariate condizioni di luce si traducono in architettura e generano una pelle viva e vibrante. La maglia metallica è una tessitura di alluminio anodizzato oro, composta da un ordito principale di cavi Ø 3.5 mm, posti ad un interasse di 95 mm, e da una trama secondaria di cavi Ø 3 mm con interasse 4.7 mm. La maglia, il cui sviluppo totale è 25.6 m per una larghezza di 6.5 m, è fissa. Il suo bordo inferiore è costituito da una struttura rigida in acciaio che consente una connessione elastica all'edificio attraverso una serie di sistemi puntiformi. La connessione avviene generalmente attraverso piatti di acciaio che attraversano

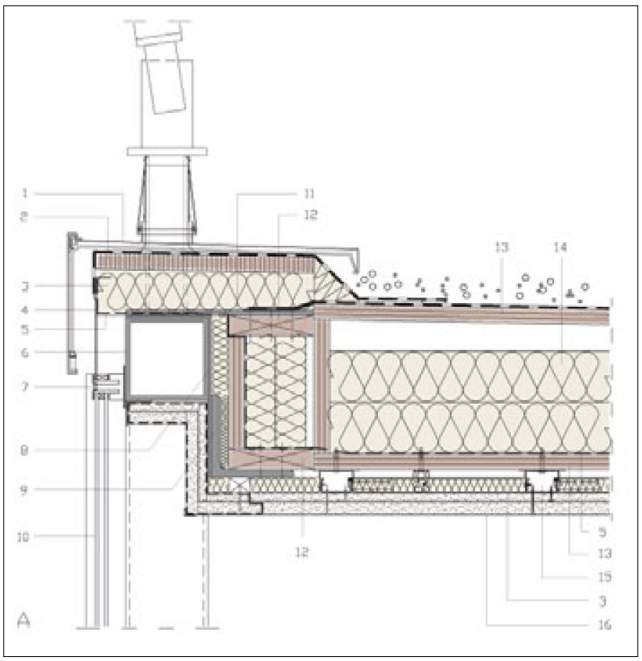
la struttura dei montanti della facciata in vetro. Nella zona superiore del tessuto sono stati fissati, mediante flange, i Pins-Snowstop per la protezione dalla neve, mentre in corrispondenza della linea di gronda, sul lato interno, sono state posizionate bande orizzontali termoscaldanti per evitare la formazione del ghiaccio.

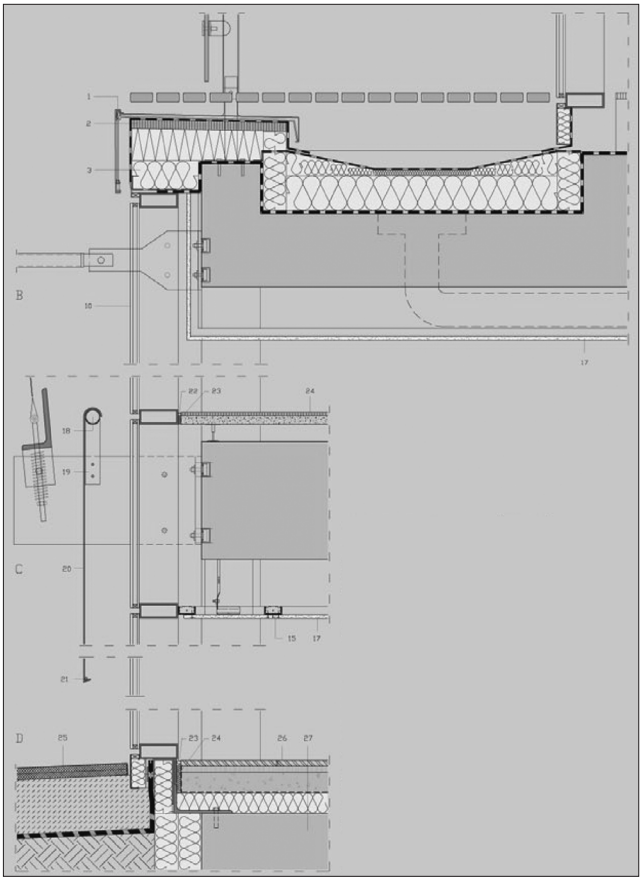




272

Sezione verticale sull'involucro
1. scossalina rivestita con lamiera di alluminio
2. tavole in legno 500x300 mm
3. lana minerale
4. squadretta di fissaggio
5. barriera al vapore in polietilene
6. profilo scatolare inacciaio
7. traverso dell'infisso sistema Schueco FW50+
8. lamiera piegata
9. profilo a L in acciaio
10. vetro di sicurezza temprato o laminato
11. barra piatta in acciaio ad ogni appoggio
12.elemento in legno
13. legno multistrato sp.30 mm
14. pannelli isolanti sp.80mm
15. struttura metallica del controsoffitto
16. lastre in cartongesso tipo Knauf REI90
17. lastra in cartongesso
18. tubolare zincato
19. elemento di fissaggio in acciaio zincato
20. maglia in alluminio sp.4mm, piegata e curvata, anodizzata color oro

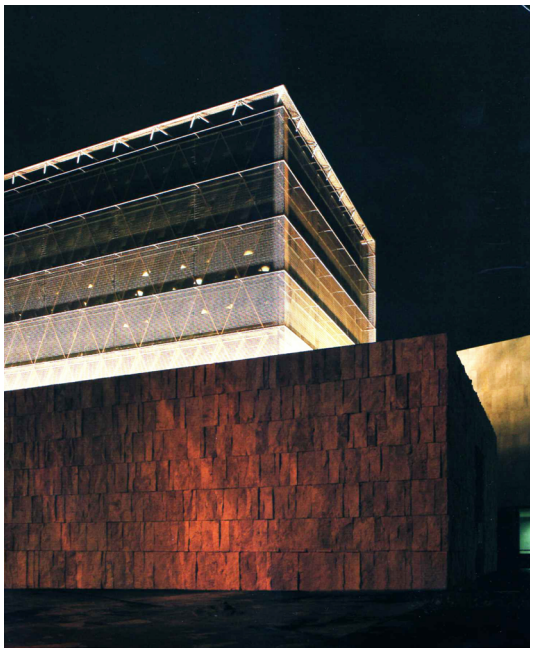


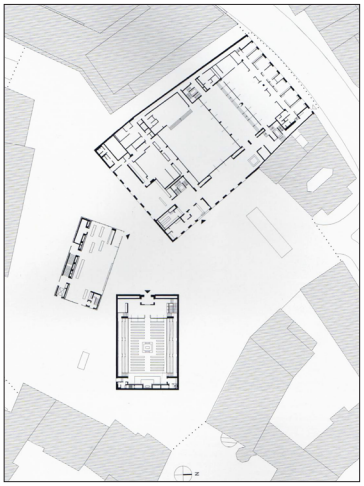


Fonti bibliografiche
THE PLAN n. 5/2004, pg.68
Fonti iconografiche
Foto di Theo zaffagnini
e Christian Richters tratte da THE PLAN 5/2004

Sinagoga del Centro Ebraico Monaco di Baviera - Germania

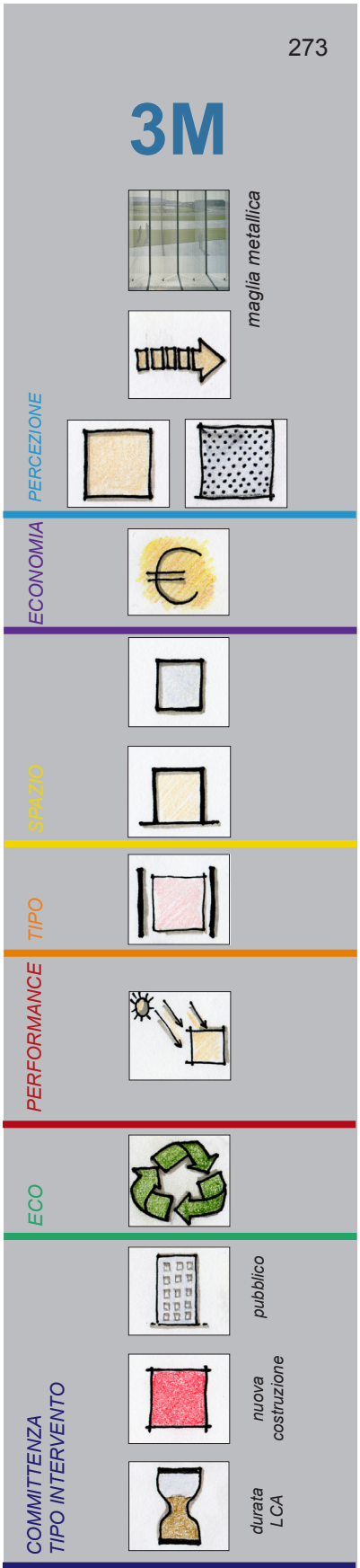
LOCALIZZAZIONE	St. Jakob platz, Monaco di Baviera - Germania
DATA DEL PROGETTO	2003>2006
PROGETTISTA	Wander Hoefer Lorch architects BDA Urbanists
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	-
COMMITTENTE	Comunità ebraica di Monaco e della bassa Baviera
IMPRESA ESECUTRICE	Schiller + Partner (facciate), SV Ritter GmbH Natursteinnberatung (pietra), Deutscher Beton (cemento), Alutechnik Velden (vetro), Lauster Steinbau (facciate)
DESTINAZIONE D'USO	CULTURALE/RELIGIOSO:sinagoga, museo e relativi spazi espositivi, centro didattico, biblioteca
DATI DIMENSIONALI	area basamento 580 mq, area primo livello 620 mq
COSTO INTERVENTO	-



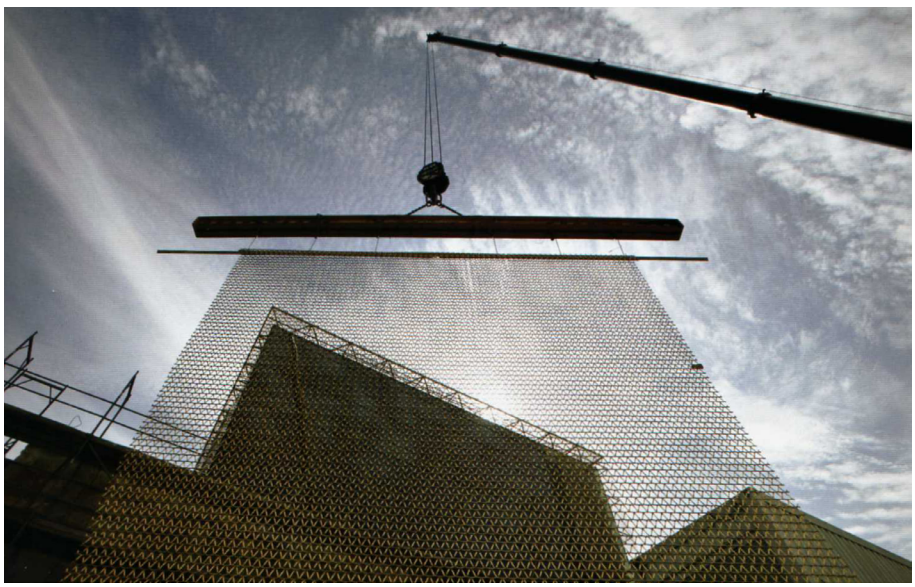


Descrizione del progetto

Il progetto del nuovo centro ebraico di Monaco comprende il museo ebraico di proprietà municipale, un centro comunitario gestito dalla stessa comunità ebraica e una nuova sinagoga. Tutto il complesso si disloca sulla centrale St. Jacob Platz, a pochi passi dalla Marienplatz e dal Viktualienmarkt, il mercato principale di Monaco. La prima pietra della nuova Sinagoga è stata posta il 9 novembre 2003, esattamente sessantacinque anni dopo il pogrom del novembre 1938, dopo la



Kristallnacht, quella notte dei cristalli che aveva visto distruggere tutte le sinagoghe della città.
Ispirato a due forme architettoniche ricorrenti nella storia del giudaismo: il tempio e la tenda, la nuova sinagoga oscilla infatti tra una sensazione di stabilità ed una di flessibilità. Sono questi due elementi a dominare e governare l'interno e l'esterno di tutti gli spazi.
Il complesso è composto di tre edifici, atti a soddisfare le esigenze religiose, sociali e culturali della società ebraica in sviluppo, e che insieme compongono una serie di percorsi e di spazi di connessione con la città.
L'utilizzo del travertino in differenti declinazioni (a lastre, tagliato, a grezzo, levigato o lucidato) diventa un elemento unificante di tutto il progetto. Lo spazio si frammenta fra differenti volumi che individuano le differenti funzioni. Il museo invece è un edificio disegnato come un cubo indipendente. La sua lobby trasparente al pianterreno, vetrata su ciascuno dei quattro lati funziona non solo come finestra espositiva, ma anche come spazio pubblico. Esattamente il suo rovescio è la sinagoga che inverte i materiali. Mentre il museo ha un basamento vetrato e i piani superiori sono inclusi entro mura robuste, lo zoccolo della sinagoga è un plinto alto otto metri ricoperto da lastre di travertino tagliate irregolarmente e non rifinite entro il quale si innesta, e si innalza, un volume semi-trasparente, traslucente, come un grande lucernario/lanterna, sia di giorno che di notte, grazie all'illuminazione interna che filtra verso l'esterno. La sinagoga è orientata a est e la base è un'allusione metaforica al tempio di Salomone e al muro del pianto, materialmente diviene il guscio protettivo degli spazi di preghiera interni. Il volume che esce ha la funzione di lucernario ed il suo aspetto

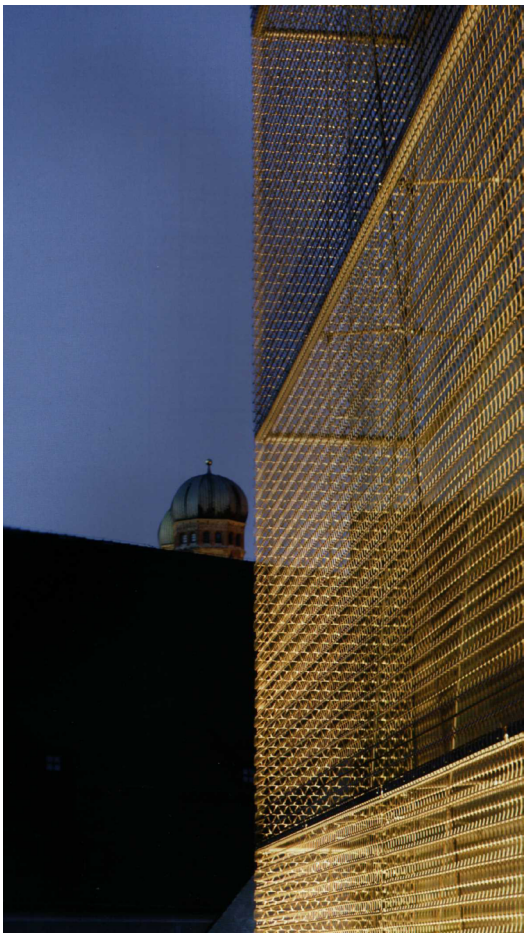


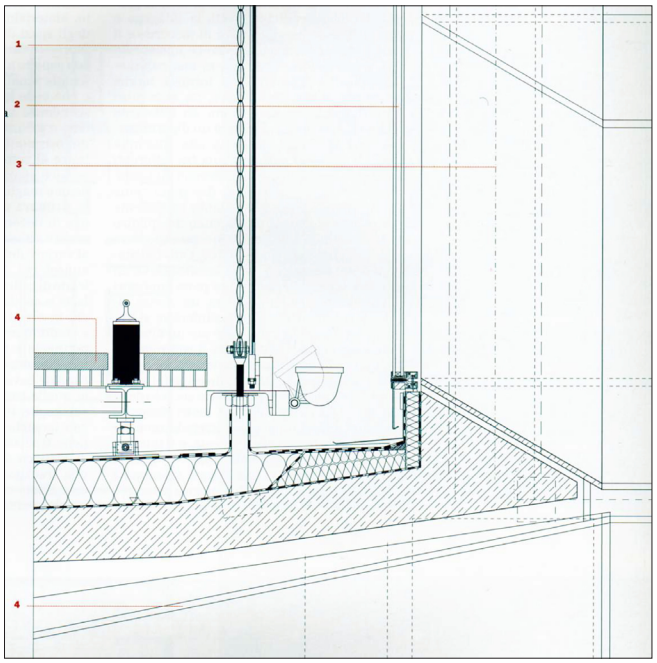
a filigrana rimanda alla tenda come tempio mobile e leggero, tipico del giudaismo che vede la sua massima espressione di trascendenza nel dissolversi nella luce. All'interno il plinto è rivestito con legno di cedro e pietra di Israele, conferendo una forte e solida atmosfera di raccoglimento.

Tecnologia per l'involucro traslucido

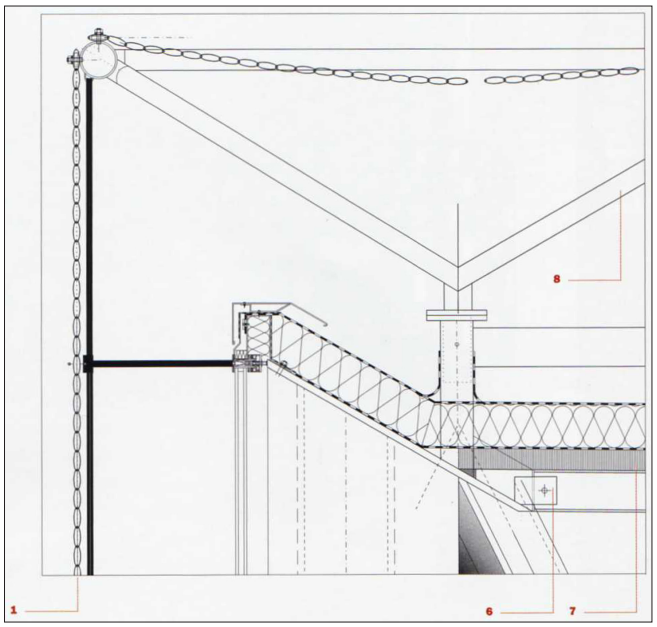
L'effetto di traslucenza del volume emergente della Sinagoga è ottenuto grazie ad un'unica costruzione multistrato: la struttura interna è in acciaio e lastre di vetro; questa poi è circondata da una cornice spaziale leggera, uno strato composto da una maglia metallica in bronzo, che protegge la struttura, ma che crea al contempo un motivo di decoro, poiché le sue ombre divengono motivo riflesso sulle pareti interne e cangianti al variare dell'intensità luminosa e degli agenti atmosferici esterni. Anche in giorni di abbondante luce, l'illuminazione è comunque filtrata e induce al raccoglimento, permeata e modellata come in un caleidoscopio.

La sinagoga quindi, velata da un involucro di tessuto reticolare bronzeo, relaziona la propria pelle traslucida e stratificata al primo luogo santo di Israele, la tenda con il tabernacolo.





Dettaglio dell'attacco dell'involucro metallico alla copertura
1. maglia metallica bronzata
2. vetro
3. struttura in acciaio
4. copertura in pietra naturale
5. muro in cemento

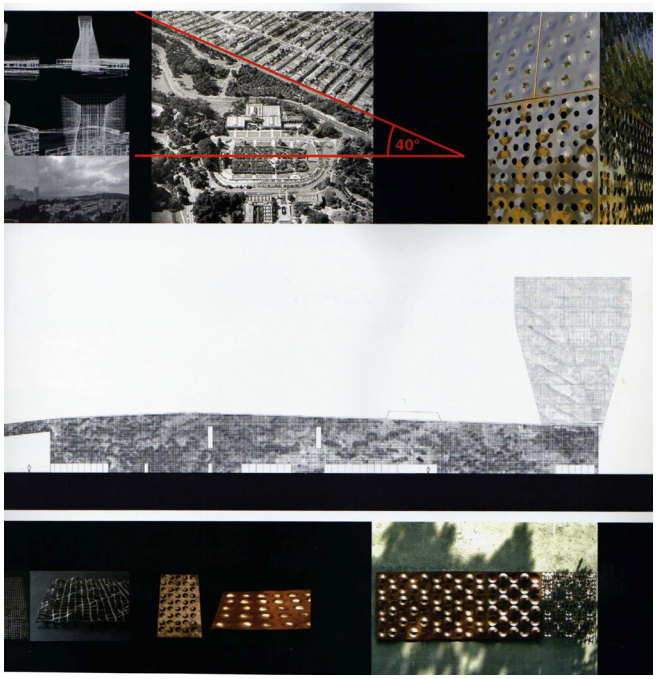


Dettaglio dell'attacco della maglia metallica
1. maglia metallica bronzata
6. struttura in acciaio della copertura
7. pannelli kert
8. sottostruttura in acciaio inossidabile

Fonti bibliografiche
Ricchi D., in MATERIA n.57/2008, Motta Editore, pg. 118
DETAIL n.4/2008, *Luce e interni*, pg.332
Fonti iconografiche
Foto di Wilfried-Dechau.de tratte da MATERAI 57/2008

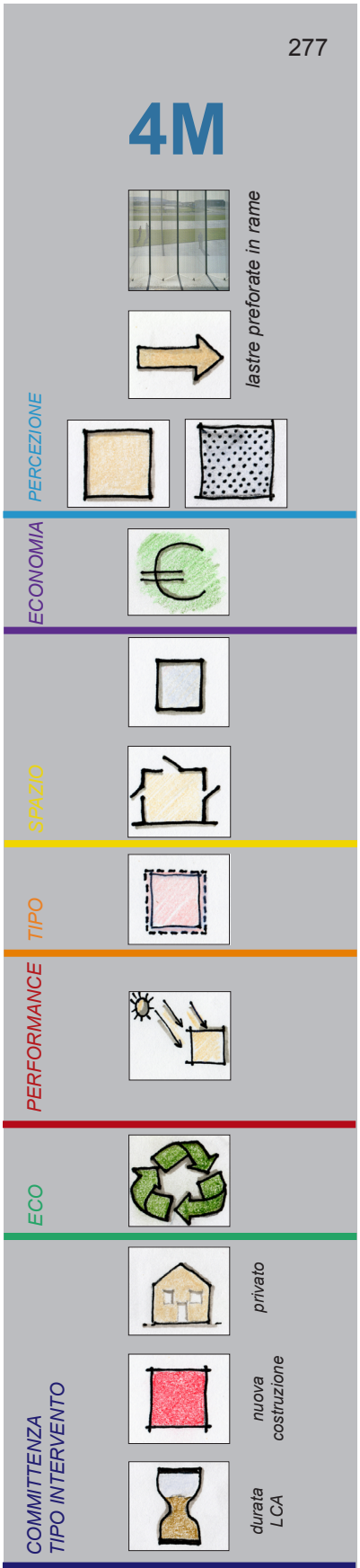
DE YOUNG MUSEUM
SAN FRANCISCO - USA

LOCALIZZAZIONE	GOLDEN GATE PARK, SAN FRANCISCO, CALIFORNIA USA
DATA DEL PROGETTO	2000>2002 2002>2005
PROGETTISTA	HERZOG & DE MEURON FONG & CHAN ARCHITECTS
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	Jayne Barlow, Bèla Berec, Christine Binswager, Christopher Haas, Roger Huwyler, Thomas Jacobs, Bernardo Tribolet, Marco Volpato
COMMITTENTE	Corporations of Fine Arts Museum of San Francisco
IMPRESA ESECUTRICE	Swinerton Builders, San Francisco; TECU Classic - KME; Zahner Architecturals Metals
DESTINAZIONE D'USO	CULTURALE
DATI DIMENSIONALI	27.000 mq
COSTO INTERVENTO	-



Descrizione del progetto

Il nuovo de Young Memorial Museum si trova nel verde lussureggiante del Golden Gate Park di San Francisco ed è rivestito in rame, esso si legge nel contempo in termini di massa e volume. Nel parco il museo appare imponente (lunghezza 420 piedi=128 metri) e lievemente curvo. In realtà è più corto del precedente edificio (504 piedi=155 m), danneggiato nel terremoto di Loma Prieto del 1989 e poi demolito.
Gli architetti si esprimono dicendo: "...abbiamo pensato ad una specie



di organismo con molteplici arti o estensioni, come le dita di una mano, e abbiamo disposto l'edificio secondo le tre fasce parallele (o dita) in modo che il parco riempisse gli spazi rimanenti andando a formare dei cortili interni al nuovo blocco. Dunque la natura e gli alberi, le piante e l'acqua in varia forma fanno parte integrante dell'edificio..."

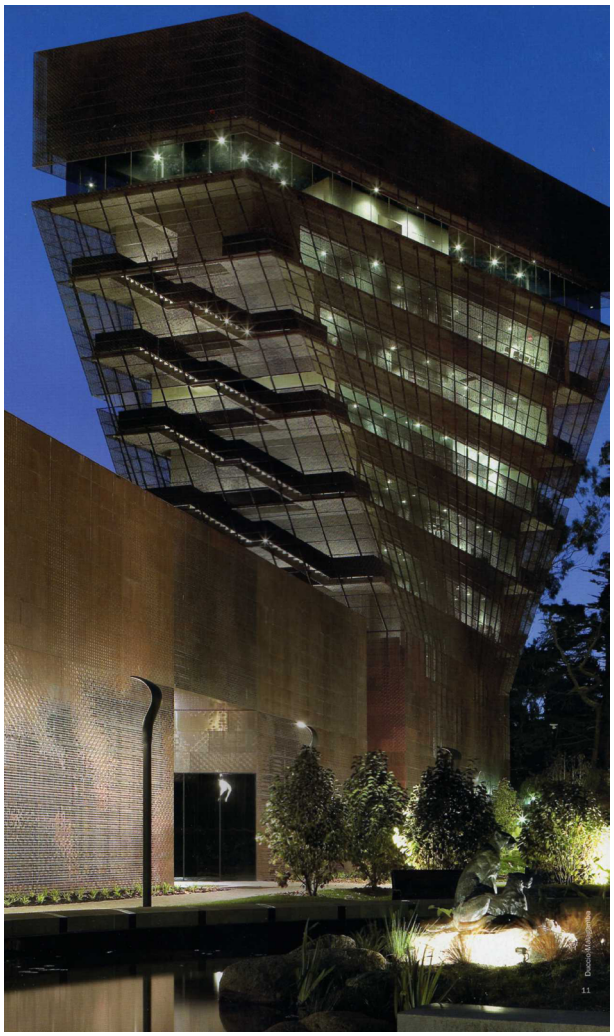
Osservando la torre, con le scale che scendono all'interno dei due prospetti corti, risulta evidente che l'involucro in rame non è compatto, ma appare come un tessuto a garza, attraverso il quale l'interno diventa parzialmente visibile, secondo i mutamenti della qualità della luce e della posizione di chi l'osserva. Ciò che a prima vista sembrava monolitico ora diventa proteiforme e cinetico. La mutevolezza e la gradazione della texture si devono ad un sistema di fori, piccoli ma di dimensioni variabili, e di incisioni semi circolari, concave o convesse. L'intero edificio sembra increspersi. L'involucro - determinato dallo schermo metallico - si compone di 7.200 pannelli di rame, di cui forse soltanto pochi uguali fra loro. Herzog & de Meuron, raramente dominati dalla tecnologia di per sé, hanno collaborato alla realizzazione dei pannelli con la ditta A. Zahner di Kansas City. Insieme sono stati in grado di tradurre immagini di alberi, fotografati dagli architetti nel Golden Gate Park, in superfici tridimensionali di produzione industriale. Queste superfici, con un elevato grado di astrazione, filtrano e riflettono la luce solare. Nello stesso modo in cui alcuni scoprono volti nella forma delle nuvole, o vedono profili definiti in ombre accidentali, il pubblico è coinvolto in maniera emotiva con l'edificio in una momentanea connessione verso il mondo della natura.

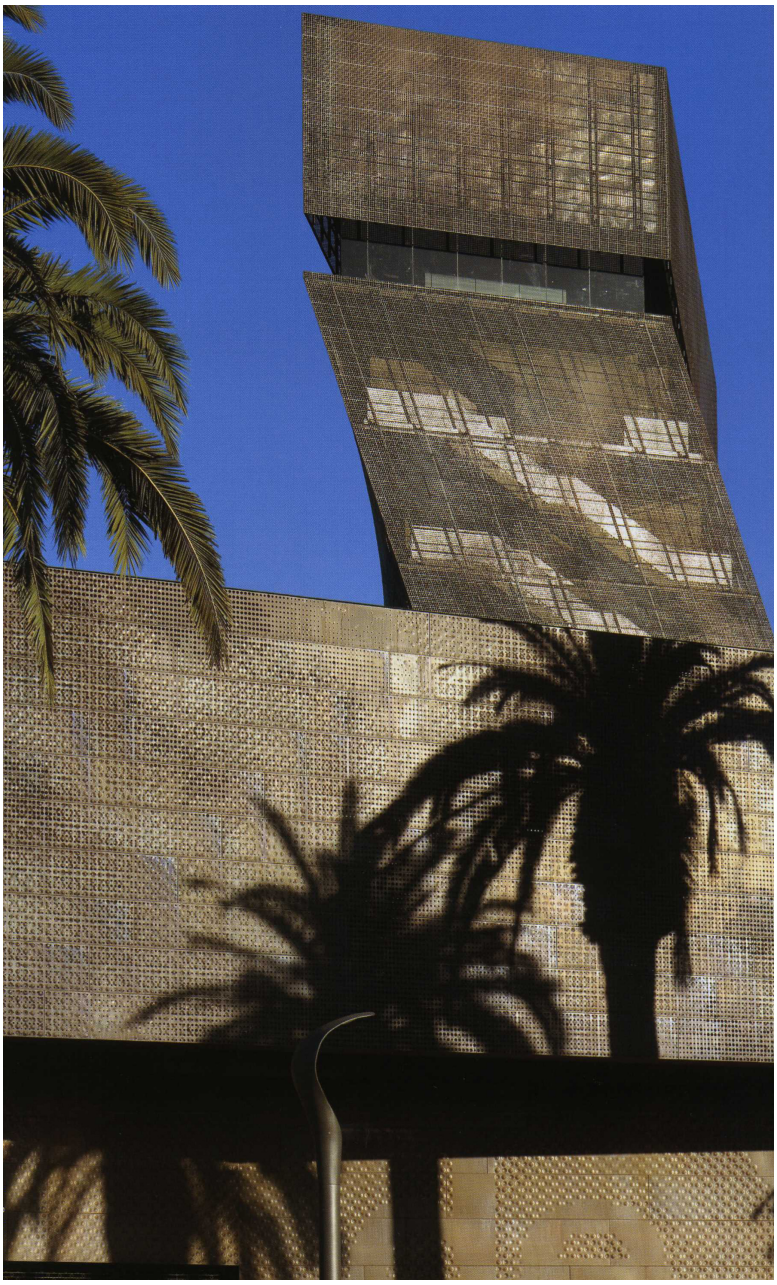


Le pareti perforate in rame, la tettoia simile ad una visiera e la torre ritorta, definiscono l'unicità dell'iconografia architettonica per il nuovo Museum de Young. L'autentico valore dell'esperienza museale si esprime inevitabilmente negli spazi interni.
Il senso del movimento, l'esplorazione dei paradossi spaziali definiti dagli architetti, animano il grande edificio istituzionale. Gli inserti vetrati introducono vedute inaspettate e riflessi fra interno ed esterno. La Tate Modern Gallery è uno straordinario spazio pubblico; a San Francisco l'intero museo diventa un luogo per l'interazione sociale.

Tecnologia per l'involucro traslucido

Le pareti del museo sono esternamente rivestite in rame perforato e goffrato, da terra fino alla copertura; si colgono solo alcuni sottili rettangoli vetrati delle finestre sul filo di facciata, che interrompono la superficie monomaterica. Il rivestimento in rame veste l'edificio in ogni sua parte e di notte, in particolare, grazie all'illuminazione artificiale, si evidenzia il ruolo dell'involucro di rivestimento, quasi un'epidermide, che avvolge la struttura in cemento armato.





Fonti bibliografiche
Ryan R., in THE PLAN n.12/2006, Centauro, Bologna, pg. 95
Project Report H&dM, in MATERIA n.50/2006, Motta Editore, pg. 34
EL CROQUIS n.129/130-2006, pg. 146
Fonti iconografiche
Foto di Duccio Malagamba tratte da THE PLAN 12/2006

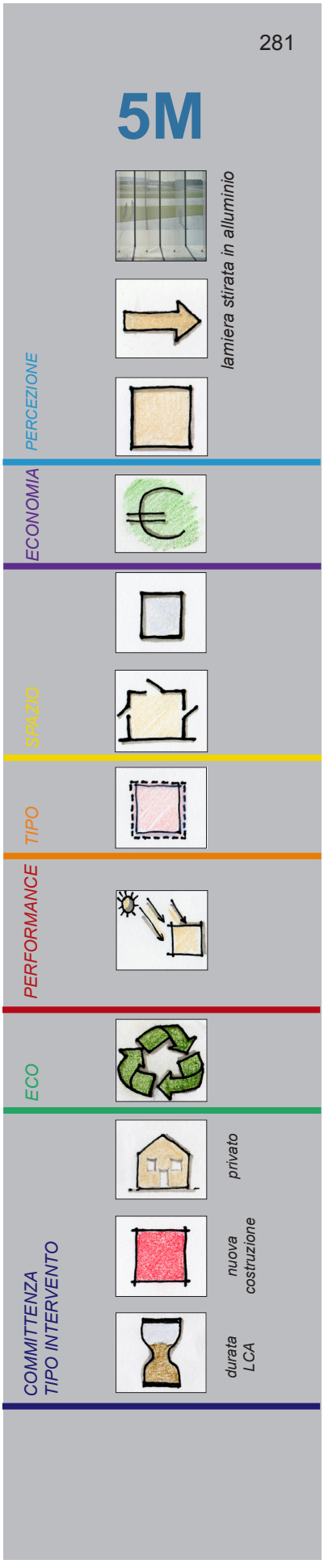
Nuovo Museo d'Arte Contemporanea New York - USA

LOCALIZZAZIONE	Bowery, Manhattan, New York - USA
DATA DEL PROGETTO	2005>2007
PROGETTISTA	Sanaa Kazuyo Sejima + Ryue Nishizawa
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	Florian Idenburg, Toshihiro Oki, Jonas Elding, Koji Yoshida, Hiroaki Katagiri, Javier Haddad, Erika Hidaka
COMMITTENTE	Museo d'arte contemporanea di New York
IMPRESA ESECUTRICE	McGrath (facciate), Cord Contracting Company, Competition Architectural Metals
DESTINAZIONE D'USO	CULTURALE
DATI DIMENSIONALI	5.450 mq
COSTO INTERVENTO	-



Descrizione del progetto

Parallelepipedi rivestiti in filigrana di alluminio anodizzato sovrapposti verticalmente in maniera asimmetrica: queste sagome singolari non sono un'opera d'arte, ma la struttura della nuova sede del New Museum a New York. Primo assoluto nel suo genere a Manhattan, a sud della Quattordicesima Strada, è stato inaugurato il primo dicembre 2007 sulla Bowery, costituita da un'area degradata e malfamata. L'istituzione nasce a Manhattan nel 1977 e sotto la guida di una coraggiosa direttrice



acquista il lotto, occupato da un parcheggio dismesso, per edificare la prima sede dedicata. Gli architetti incaricati della realizzazione del progetto, Kazuyo Sejima e Ryue Nishizawa di SANAA, avevano a disposizione un lotto edificabile limitato dove realizzare un edificio con un programma museale ambizioso, la soluzione pertanto poteva essere solo quella di realizzare un edificio che si sviluppasse in altezza, in vero stile "Manhattan". SANAA doveva concretizzare il programma creando un museo che apparisse aperto fisicamente e metaforicamente, senza contravvenire ai restrittivi limiti urbanistici.
Il duo di progettisti di Tokyo pone attenzione al programma ed alla sua conciliazione con i fattori fenomenologici, piuttosto che solo alla forma in sé. Famosi come progettisti di edifici diafani dalla pelle trasparente, sono riusciti, in un contesto così duro



a conferire al volume un'immagine di leggerezza senza dematerializzarlo. Nasce un'architettura a volumi sovrapposti, quasi una pila di scatole, una configurazione ibrida che evita di dare al nuovo spazio pubblico un profilo di uniformità. La collocazione fuori asse dei parallelepipedi tra loro consente, mediante lucernari apribili, di dotare le sale espositive di una sorgente di luce naturale. Sul lato sud, nel passaggio dal sesto al settimo piano, nascosto rispetto alla facciata sulla strada, una terrazza dà sulla "Sky Room", offrendo una vista panoramica sulla città. Il progetto al suo interno prevede travi a vista, pavimenti in cemento e pannelli in policarbonato, che rendono l'ambiente essenziale e funzionale, donando un effetto spaziale elegante spartano al tempo stesso.

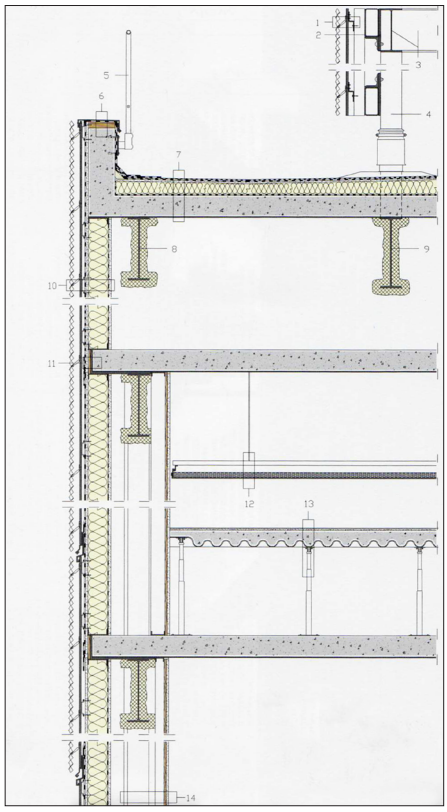
L'impatto dell'edificio, interamente fasciato da una rete metallica e la sovrapposizione asimmetrica dei volumi, hanno un effetto imponente; sebbene applicato come un'epidermide, con le finestre che appena si intravedono dall'esterno, permette che la forma di ogni singolo volume sia sempre identificabile. Comunemente usati in piccolo formato, quelli richiesti da SANAA sono invece pannelli di grandi dimensioni, prodotti su misura a forma romboidale. Il facsino visivo di questo seducente anti-monolite è reso più intenso dalla presenza in facciata di lucernari e finestre. I componenti metallici, che riflettono le variazioni cromatiche della luce del giorno, provengono dalla ditta Expanded Metal Company in collaborazione con James & Taylor. Il loro aspetto muta al variare della luce e la facciata riflette un bagliore arancione che richiama la tinta dei rivestimenti decorativi di Bisazza nei bagni. Gli architetti non sono soliti all'uso del colore, ma in questa opera il gioco dei dettagli vivacizza lo spazio.

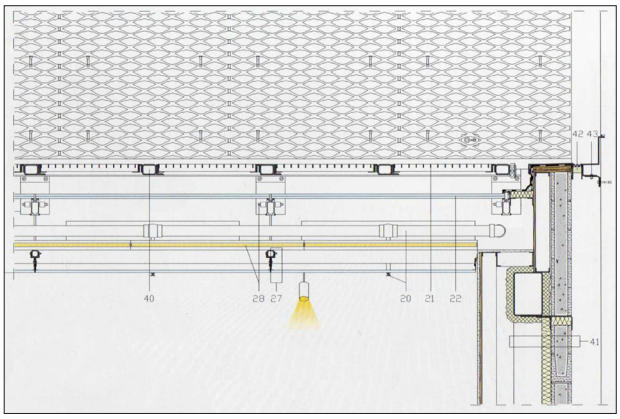


Tecnologia per l'involucro traslucido

Un involucro metallico in lamiera stirata in alluminio anodizzato (sp. 3 mm) avvolge in maniera uniforme il corpo di fabbrica ed enfatizza i volumi dei cubi. La luce modella le superfici che a volte assumono un aspetto scultoreo, a volte la leggerezza di una garza. Per quest'involucro i progettisti hanno cercato un materiale con requisiti molto specifici, in quanto la pelle non doveva sembrare troppo lucida. La facciata in alluminio stirato, materiale solitamente usato per recinzioni, scale di sicurezza ecc.. , è composta in totale di 988 elementi di dimensioni 2133,6 x 2895,6 x 38 mm per pannello. Per far si che la pelle apparisse

priva di "cuciture", i pannelli sono stati sovrapposti di 25 mm garantendo in questo modo anche una minima tolleranza tale da assicurare un montaggio a regola d'arte. La griglia è fissata con graffe in acciaio inossidabile al rivestimento di facciata in alluminio nervato ad una distanza di 76 mm; il sistema conferisce alla facciata una sensazione di leggerezza tale che questa sembra fluttuare nel vuoto.





Sezione verticale sull'involucro
1. sistema di rivestimento della facciata formato da pannelli di lamiera stirata e forata in alluminio anodizzato, staffa di sostegno alla griglia su pannello in alluminio 16 mm, ancoraggio a Z di fissaggio dei pannelli alla sottostruttura
2. telaio di profili in acciaio a sezione scatolare
3. travi in acciaio a doppia T
4. pilastro in acciaio
5. parapetto
6-7 copertura
8-9 travi di struttura
10. sistema di rivestimento della facciata formato da pannelli di lamiera stirata e forata in alluminioo anodizzato, staffa di fissaggio, membrana impermeabilizzante antivento, parete di tamponamento in pannelli in gesso con finitura esterna in fibra di vetro 16 mm, pannello isolante di lana di vetro 140 mm sostenuto da telaio a profili in alluminio, barriera al vapore, cartongesso interno

Fonti bibliografiche
Bullivant L., in THE PLAN n.25/2008, Centauro, Bologna, pg. 111
DETAIL n.10/2008, *Facciate*, pg. 1124
EL CROQUIS n.121/122-2004, pg. 228
Fonti iconografiche
Foto di Christian Richters tratte da THE PLAN 25/2008

Icon House
Montreuil - Francia

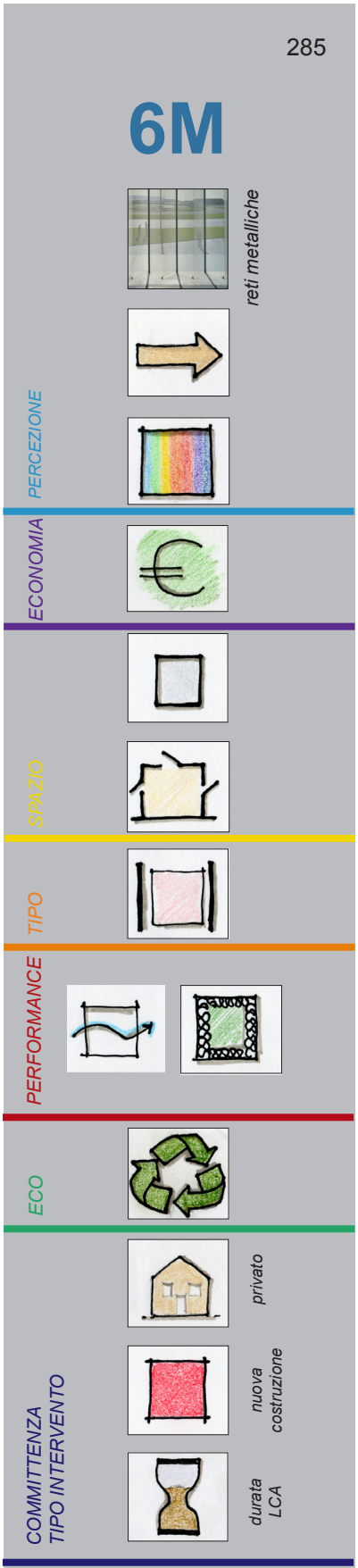
LOCALIZZAZIONE	Montreuil - Francia
DATA DEL PROGETTO	2000; 2001>2002
PROGETTISTA	Luois Paillard + Jumeau-Pèriphèrique architects
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	-
COMMITTENTE	Decker and Derid
IMPRESA ESECUTRICE	-
DESTINAZIONE D'USO	residenziale (seriale e flessibile)
DATI DIMENSIONALI	105 mq superficie casa; 18 mq sup, studio; 18 mq garage
COSTO INTERVENTO	€ 108.000,00 (per ogni abitazione)



Descrizione del progetto

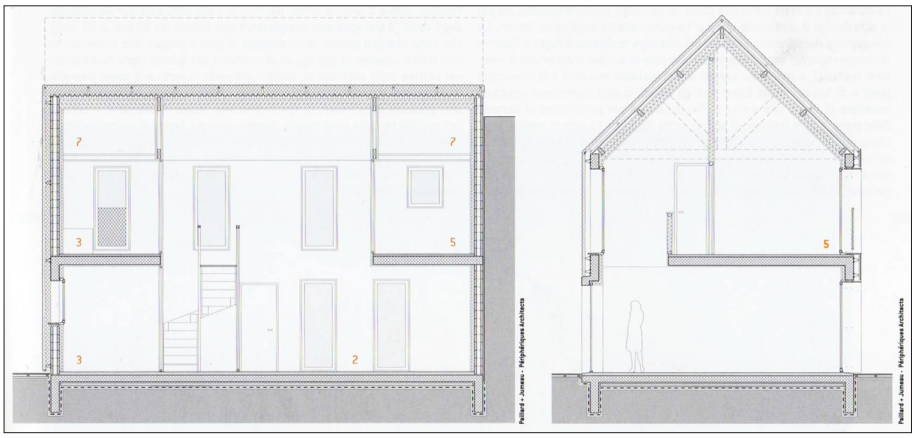
Il collettivo francese Pèriphèriques è stato fondato nel 1995 da tre studi di architettura: Jakob + Mac Farlane, Juneau + Paillard e Marin-Trottin + Trottin. Il nome si riferisce alle aree che circondano i centri storici delle città francesi in cui gli architetti hanno cominciato le oro carriere e dove, a dispetto del loro anonimato, e presunto squallore, è possibile trovare energie creative e spunti di progetto.

Il tema è quello della villetta individuale, il contesto nel quale intervenire la periferia. Lo scopo è quello di rispondere operatori immobiliare del settore pubblico e privato, che nel riconoscere la mediocrità dei propri interventi, la attribuiscono alla scarsità di risorse e alla necessità di



adottare soluzioni economiche: dimostrare quindi la possibilità di progettare case economiche, ma belle e con carattere.
Il programma del concorso prevedeva un soggiorno, una cucina abitabile, minimo tre camere e un bagno; il tutto, garage, giardino e recinzioni compresi, non dovevano costare più di 499,900 franche (circa € 80.000,00, inclusa la parcella dei progettisti). Da qui Vèronique Decker e Emmanuele Derid decisero di realizzare la Icon House: una casa stereotipo nella forma, ma straordinaria per il suo involucro. La casa è quasi completamente avvolta da una griglia metallica di acciaio che nasconde il tetto, i muri, le grondaie, e la trasforma in un enigmatico monolito compatto largo 6,20 m, lungo 10,19 e alto 8,54 al colmo. La casa inoltre affronta il tema della personalizzazione. I dettagli sono scabri e essenziali, i materiali sono quelli disponibili in commercio, senza lavorazioni particolari; la costruzione usa le tecnologie assicurate dalle imprese di costruzioni tradizionali, senza bisogno di investimenti esagerati.
La Icon House può essere così ripetibile e personalizzabile, sempre uguale a se stessa nella struttura, ma dalle molteplici alternative per quanto riguarda sia la pelle esterna sia la distribuzione interna.





Tecnologia dell'involucro traslucido

La soluzione di rivestimento adottata nel prototipo realizzato è duplice. Quattro delle cinque superfici sono rivestite da una rete di acciaio imbullonata a montanti metallici, a loro volta saldati a distanziatori metallici a U rovesciata posti a 15 cm dal muro.

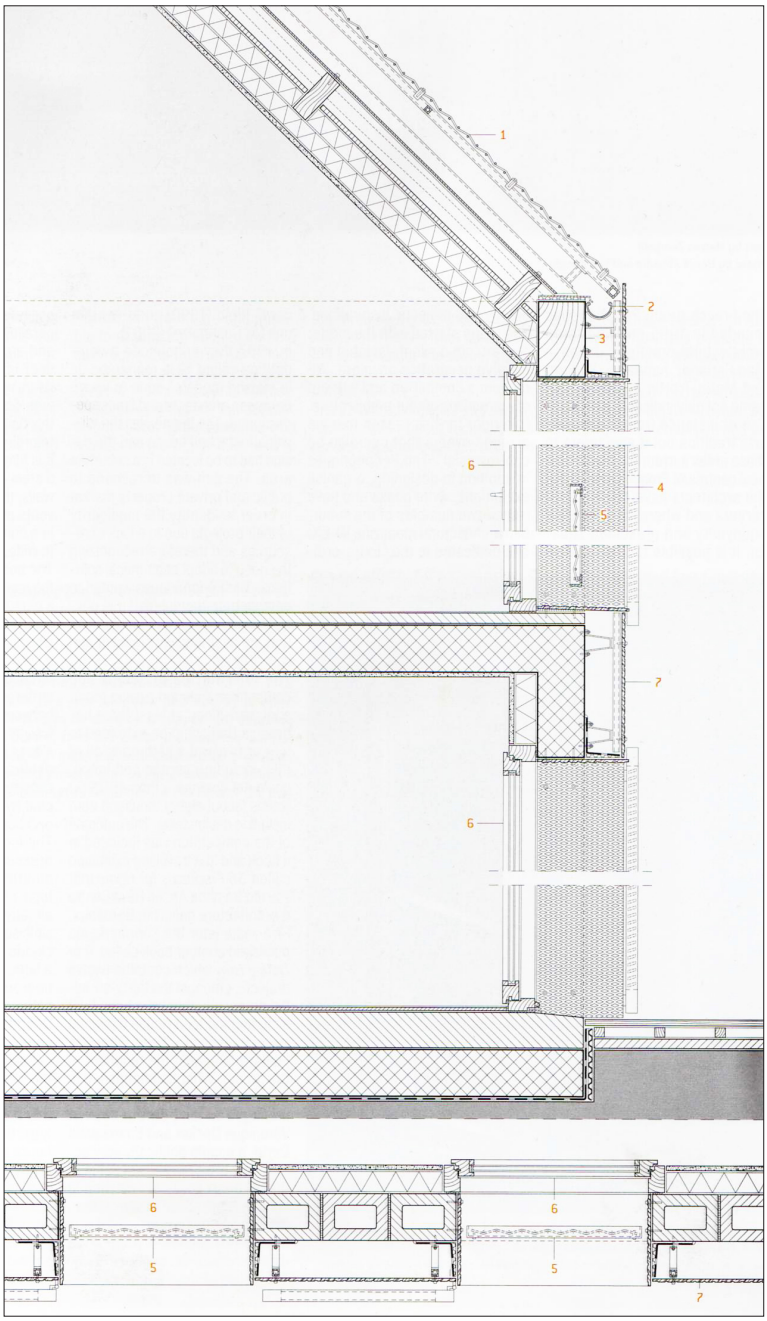
La rete si presta come elemento di supporto per piante rampicanti, cosicchè, una volta cresciute, avvolgeranno quasi completamente la struttura.

Ma accanto a questi materiali i Pèriphèriques hanno ipotizzato altri possibili rivestimenti di tipo industriale: lastre di alluminio e acciaio, reti metalliche dalle varie maglie, lamiera grecata, lastre di policarbonato di diversa forma e dimensione.



288

Sezione verticale sull'involucro
1. copertura:
- rete di acciaio fissata meccanicamente a correnti metallici
- lastre di lamiera grecata
- travetti di legno
- travetti in legno 80x230 mm
- pannelli in legno compensato sp. 20 mm
- doppio strato di isolamento di policarbonato sp. 80+80 mm
2. canale di gronda in pvc coperto con pannello in compensato fenolico
3. trave perimetrale in legno
4. elemento scatolare in compensato fenolico
5. parapetto in acciaio
6. chiusura verticale trasparente a battente:
- serramento in legno a doppio vetrocamera 1950x800 e 2150x800mm
- sistema di oscuramento con anta di legno a ribalta
7. chiusura verticale opaca:
- pannello in compensato fenolico sp. 10mm
- elemento di supporto metallico verticale
- malta di allettamento sp. 10 mm
- muratura portante in blocchi di cls
- isolamento in policarbonato sp. 80 mm



Fonti bibliografiche

Zambelli M., in Arketipo n. 36/2009, pg.58

Fonti iconografiche

Foto di Hervè Abbadie e Luc Boegly tratte da ARKETIPO 36/2009

Louis Vuitton Store
Tokyo - Giappone

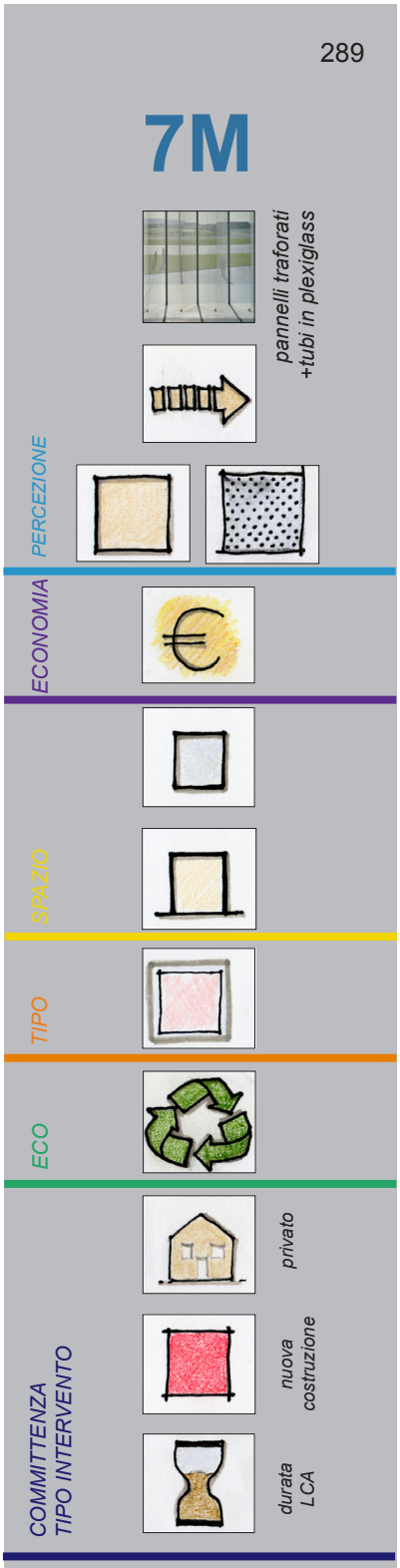
LOCALIZZAZIONE	KEYAKIZAKA DORI, ROPPONGI HILLS TOKYP - GIAPPONE
DATA DEL PROGETTO	2004
PROGETTISTA	STUDIO AURELIO CLEMENTI AURELIO CLEMENTI, IRENE ANTOLINI, CETTINA SCHEPIS AOKI & ASSOCIATES LOUIS VUITTON ARCHITECTURE DEPT. ERIS CARLSON, MARIE EVE BIRDARD, LAETITIA PERRIN
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	-
COMMITTENTE	Louis Vuitton
IMPRESA ESECUTRICE	-
DESTINAZIONE D'USO	COMMERCIALE
DATI DIMENSIONALI	1.147,30 mq
COSTO INTERVENTO	-



Descrizione del progetto

L'identità di un marchio si nutre contemporaneamente della storia e della capacità innovativa dell'azienda che rappresenta. Negli ultimi anni, le solide basi costruite relativamente ad un settore specifico, hanno consentito ad alcune maison di estendere il proprio spettro merceologico a tutto l'universo dell'alta moda. Louis Vuitton è uno degli esempi più interessanti di questo fenomeno: produttore di borse e bauli fin dal diciannovesimo secolo, si è sempre distinto come uno dei capisaldi del lusso nel mondo. Cuoio, pelle e la ripetizione tanto esasperata quanto controllata del monogramma, ne hanno definito il profilo in modo inequivocabile.

La nuova proprietà ha adottato una politica aperta che, senza dimenticare la storia ed il pensiero originario, ne ha ampliato l'ambito



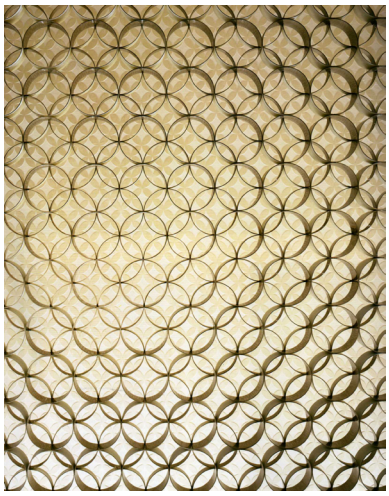
d'intervento e sviluppato l'immagine. LV ha organizzato uno studio di progettazione interno. Responsabile della struttura è Eric Carlson, architetto americano che veste il duplice ruolo di rappresentante dell'azienda e coordinatore del team di progetto. Il caso dell'ultimo punto vendita inaugurato da Louis Vuitton a Tokyo e coprogettato da Jun Aoki, Aurelio Clementi e Eric Carlson ne è esempio. Novecento metri quadri di superficie che sorgono all'interno di un grande complesso di recente edificazione denominato Roppongi Hills.
Una grande facciata di vetro che si impone con effetti di grande suggestione. La smaterializzazione è il fenomeno che caratterizza l'intervento. La scelta dei materiali e delle modalità di costruzione sono concentrati nel tentativo di produrre uno spazio evanescente nel quale solo gli oggetti in esposizione assumono un valore concreto. I disegni esecutivi del fronte principale sono emblematici dell'intero progetto.
Chi intende acquistare un oggetto prezioso viene accolto in un caveau come quello di una banca, avvolto da pareti fatte di cassetti in metallo. Le borse sono esposte in un "Bag Bar". Il cliente si siede su uno sgabello e chiede di vedere un articolo come se ordinasse un drink. La parete di fondo può adattarsi alle esigenze di display grazie a delle estrusioni flessibili che possono avanzare o arretrare. I "Lounges", due zone molto comode arredate con divani secondo un uso diffuso ed apprezzato in Giappone, accolgono i clienti durante l'acquisto.



Tecnologia dell'involucro traslucido

Tutto avviene tra due lastre di vetro: trentamila tubi di vetro di dieci centimetri di diametro sospesi tra due pannelli di metallo cromato. Impossibile descrivere la complessità di rifrazioni, riflessioni e trasparenze che ripetono ciò che sta attorno trasmettendo elementi dello spazio interno. La scritta "Louis Vuitton", ottenuta tramite delle variazioni nell'assemblaggio dei piccoli tubi, entra a far parte del gioco illusionistico del fronte: la grande facciata di vetro e metallo microforato si rivela una enorme insegna. Appena oltre l'ingresso si apre un grande spazio, un volume multiplo dedicato all'abbigliamento e privo di elementi d'arredo. I piani superiori ospitano gli altri settori merceologici.

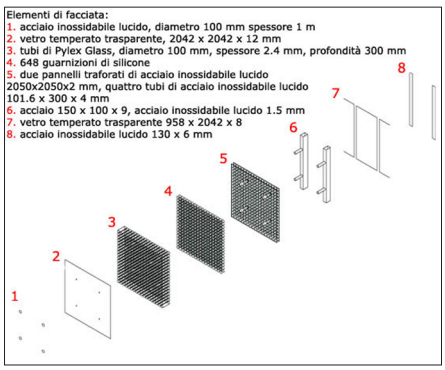




Il cerchio, matrice geometrica elementare del simbolo della casa, viene composto, assemblato e sovrapposto. L'abilità dei progettisti è stata quella di rivisitare il marchio storico ed interpretarne l'attuazione. Come avviene sul cuoio stampato delle borse, il marchio della casa viene ripetuto in modo esteso su ogni parete fino al contatto con altre superfici. I bordi diventano gli omologhi delle cuciture in pelletteria. Gli stessi tubi impiegati in facciata vengono montati anche per costruire setti divisori traforati. Ogni elemento comunica Louis Vuitton come attraverso messaggi subliminali: il marchio si nasconde dietro ogni cosa. Superfici impalpabili, le distanze difficilmente percepibili, gli articoli in mostra sono gli unici elementi materiali. Lo spazio d'ingresso è rivestito, sul pavimento, di pietra calcarea. Migliaia di fori invisibili contengono altrettante fibre ottiche che trasmettono immagini video trasformando le lastre in veri e propri schermi. La disattivazione del sistema riporta il visitatore ad una realtà materiale come durante l'improvvisa interruzione di un sogno. I pavimenti fluidi tornano alla loro consistenza litoide.

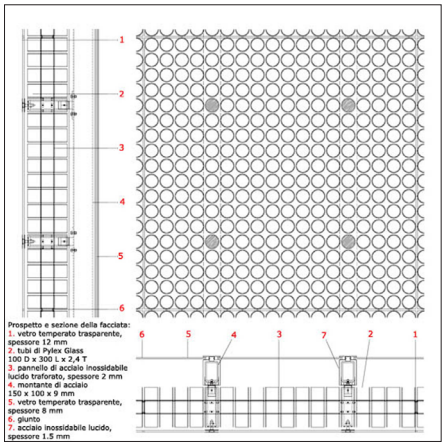
Il salto, rispetto ai tradizionali punti vendita LV, è notevole. I clienti

affezionati saranno scettici nei confronti di questo nuovo pensiero che guida l'immagine della maison, ma il distacco è meno deciso di quanto non appaia. I materiali impiegati sono quelli di sempre. Sono stati semplicemente e molto raffinatamente rivisitati nella loro applicazione. Gli spazi di Tokyo raccontano, con parole nuove, la lunga storia di Louis Vuitton.











Fonti bibliografiche

Giagnini J.M., in MATERIA n.43/2004, pg.36

Fonti iconografiche

Foto di Ano Daici e Jimmy Cohrrsen tratte da MATERIA 43/2004

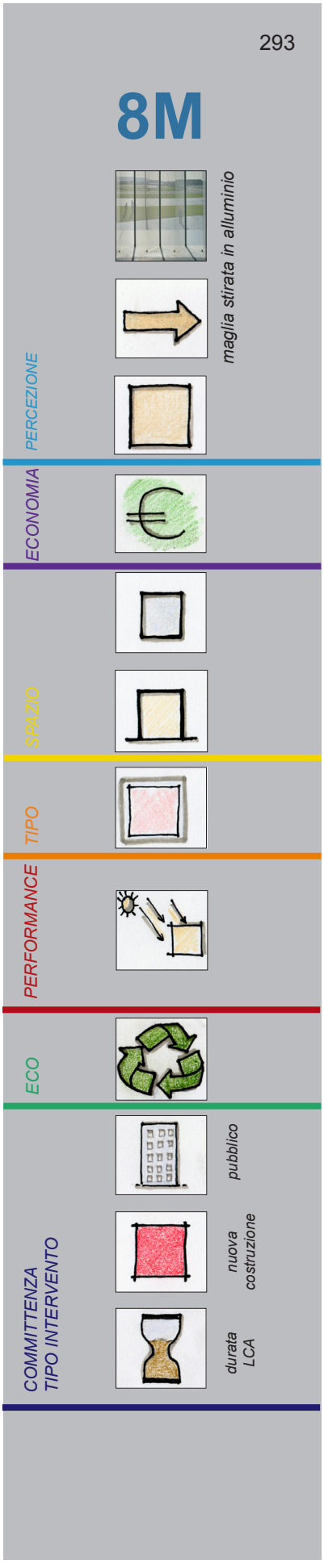
Teatro e centro per la musica Nijar - Spagna

LOCALIZZAZIONE	Nijar, Almeria - Spagna
DATA DEL PROGETTO	2001>2006
PROGETTISTA	MGM/Josè Morales Sànchez, sara de Giles Dubois, Juan Gonzales Marsical
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	-
COMMITTENTE	Junta de andalucia, Empresa publica de gestion de biene culturales, Diputation provincial de Almeria, Ayuntamiento de Nijar
IMPRESA ESECUTRICE	
DESTINAZIONE D'USO	CULTURALE
DATI DIMENSIONALI	2.550 mq
COSTO INTERVENTO	-



Descrizione del progetto

Il Centro di Arti Sceniche, progettato da José Morales, Sara de Giles e Juan G. Mariscal a Níjar, in Andalusia, si inserisce in un paesaggio urbano e geografico decisamente caratterizzato, in cui la forza del deserto, la linea dell'orizzonte, gli elementi di contesto dell'ambiente costruito hanno prospettato riflessioni ed influenze nelle scelte progettuali. Il Centro, dedicato all'espressività e alle manifestazioni teatrali in senso lato, si eleva in un terreno libero in una zona di antichi

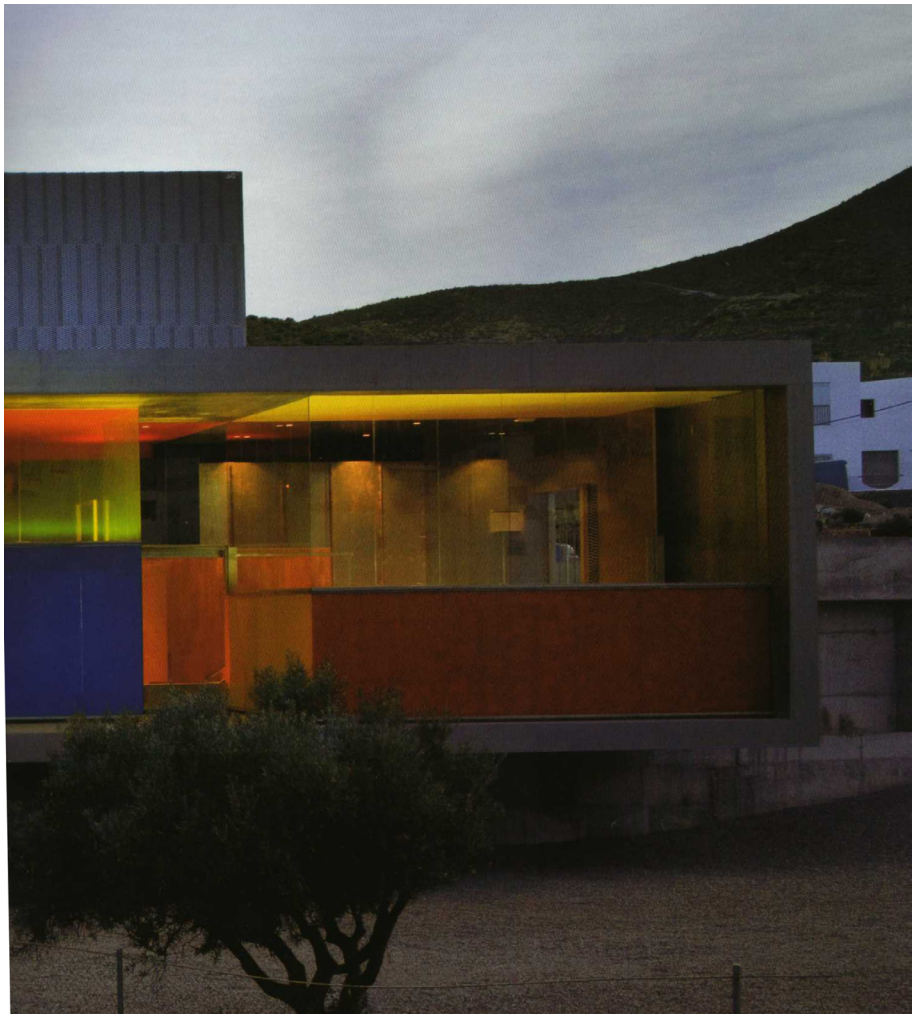


orti terrazzati, un luogo che si definisce attraverso colori tenui.
Il complesso è costituito da due volumi, a geometria semplice e di forte immagine, che trasformano il paesaggio e generano percezioni contrassegnate da un gioco di incastri, fra architettura e paesaggio, come fra gli stessi volumi del Centro. Ne deriva anche la costituzione di un volume che fornisce ombra, una protezione dal sole nella regione dell'Almería.
Il terreno avvolge la parte inferiore del complesso, radicandolo alle diverse quote dei terrazzamenti ed unificando la costruzione. Da questo livello unitario di base, l'architettura si innalza nei due corpi separati, che si ergono rivolti verso la strada principale.



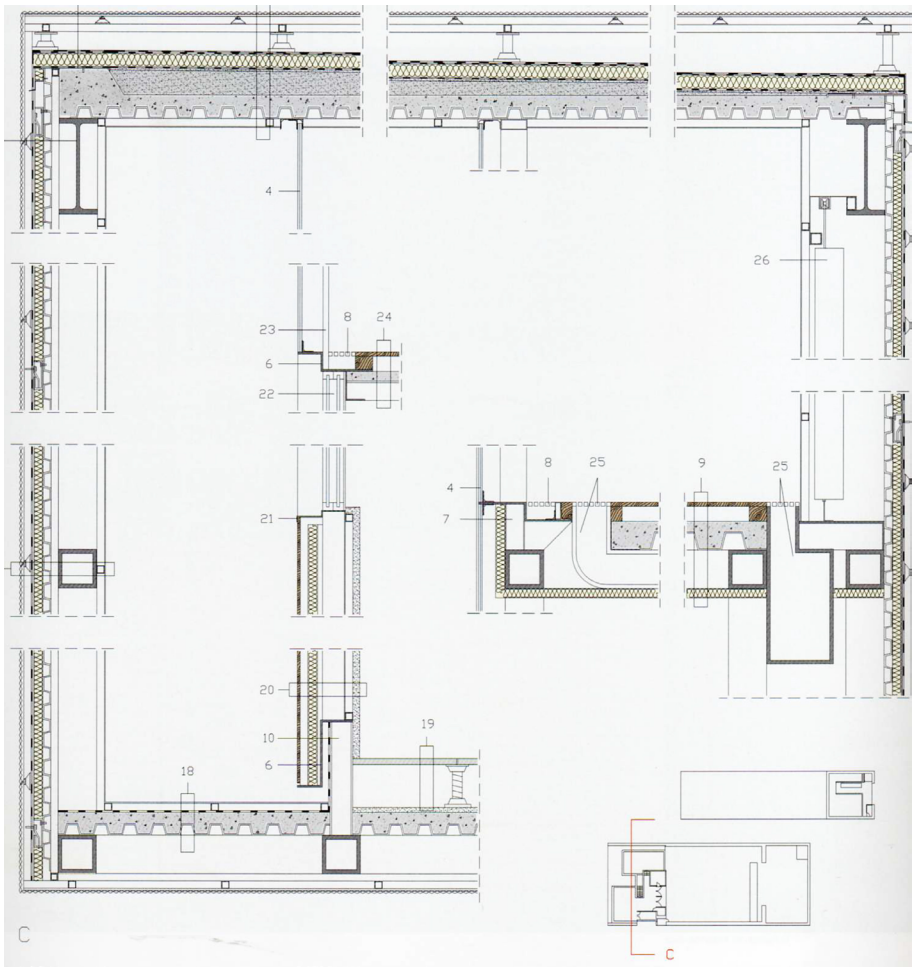
Tecnologia dell'involucro traslucido
L'involucro esterno è concepito come un sistema continuo omogeneo sia per le facciate sia per la copertura, attraverso l'utilizzo del medesimo rivestimento in lamiera di alluminio forata e stirata. La struttura di sostegno è formata da un guscio metallico. Forma e struttura delle lamiere di rivestimento inducono una percezione unitaria del complesso e consentono di offrire un'immagine di grande leggerezza ai compatti e definiti volumi architettonici, nell'obiettivo di costituire un filtro per la forte luce solare e di proporre effetti di luminosità differenziata all'interno del Centro. L'interno dell'edificio si

organizza come un vuoto continuo che va a riempirsi di elementi vetrati in forma di “scatole di colore”. Nello stesso tempo il progetto crea forti relazioni verso il paesaggio, per mezzo dei “tagli” che sezionano trasversalmente i volumi dell’architettura, riequilibrando così il rapporto pieni/vuoti. Le “scatole” interne, luminose, mostrano i loro colori netti, rendendo evidente una composizione dinamica anche dall’esterno. Sotto la protezione dell’involucro esterno, la vita interiore è visibile, soprattutto di notte, attraverso le pareti vetrate delle sezioni trasversali, grandi aperture che i progettisti definiscono “bocche”, che identificano l’edificio e catturano il paesaggio. Il corpo a sbalzo funge da copertura ad uno spazio a corte esterno, un ambito protetto che prolunga e mostra l’articolazione degli interni. Lo zoccolo del complesso ospita camerini, spogliatoi, impianti, mentre i due volumi separano le funzioni: da un lato, cinema, teatro o sala da ballo, bar; dall’altro, sale prove, laboratori, sala espositiva.



Sezione sull'involucro metallico in lamiera stirata.

1. maglia stirata e forata in alluminio con tessitura di 70x24 mm sp 15 mm, profilo a L di sostegno alla griglia su telaio in profili di acciaio a sezione scatolare 40x40x5mm, giunti di regolazione dell'altezza, doppia membrana impermeabilizzante bituminosa, malta di livellamento 10 mm, masseto in calcestruzzo cellulare, solaio in lamiera grecata e getto in cls collaborante.



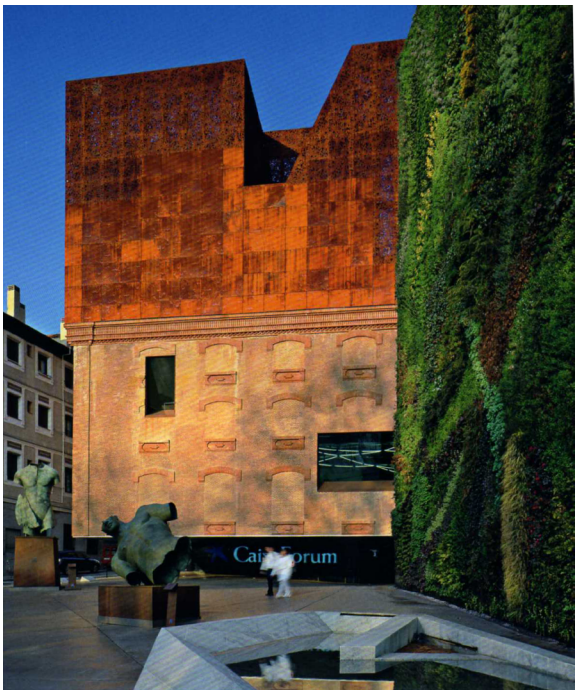


Fonti bibliografiche e iconografiche

THE PLAN n. 20/2007 pg. 70

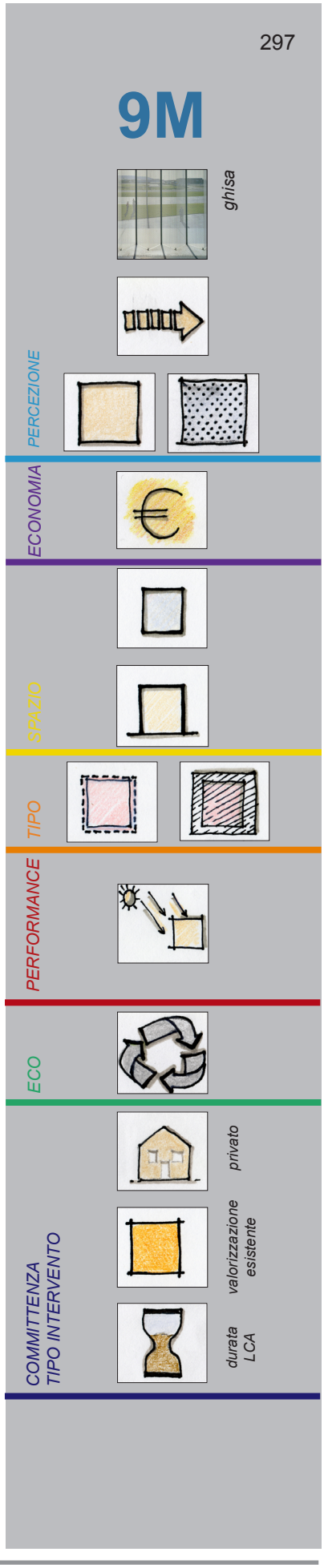
Caixa Forum
Madrid - Spagna

LOCALIZZAZIONE	Madrid - Spagna
DATA DEL PROGETTO	2001>2003 2003>2008
PROGETTISTA	Jacques Herzog & Pierre de Meuron + Harry Gugger
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	Peter Ferretto, Carlos Gerhard, Stefan Marbach, Benito Bianco
COMMITTENTE	Obra Social Fundaciòn “LaCaixa”, Madrid; Caixa d’Estalvis i Pensions de Barcelona
IMPRESA ESECUTRICE	Ferrovial Agroman, Madrid; Servihabitat, Barcelona; Emer Pfenninger Partner, Basel (facciate); Benavides & Laperche Madrid (parete verde); Arup Lighting London (luci)
DESTINAZIONE D’USO	CULTURALE
DATI DIMENSIONALI	11.000 mq
COSTO INTERVENTO	-



Descrizione del progetto

A Madrid, nel cuore culturale in cui si trovano il museo del Prado, il Museo Nacional Centro de Reina Sofia, il Museo Thyssen-Bornemisza, trova luogo l’edificio CaixaForum, che indica così un nuovo punto focale d’architettura, un’attrazione per costruire un polo che ospita molteplici attività espositive, performance, di aggregazione culturale e sociale, con una specifica vocazione per l’espressione dell’arte contemporanea. L’edificio sorge come ristrutturazione edilizia ed ampliamento dell’antico

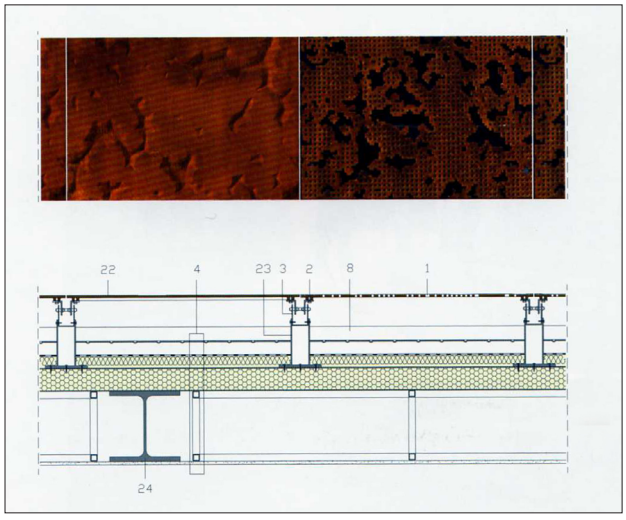


edificio per la produzione di energia elettrica denominato "Central del Mediodìa", che era caratterizzato dai profili a capannoni con shed, murature perimetrali in mattoni a vista, finestre ricche di decorazioni, e rappresentava un punto fermo della storia industriale di Madrid nel secolo XX.
L'architettura corrisponde alla complessità dell'operazione: l'edificio del CaixaForum si sovrappone, in modo articolato e con finezza di dettaglio, a tale preesistenza di pregio e rilevanza per la città.
Su tale monumentale presenza i progettisti costruiscono un'importante operazione di trasformazione urbana ed architettonica, per unire fra loro funzioni e luoghi diversi.
Sulla nuova piazza che collega l'edificio con il Paseo del Prado, si inserisce il "giardino verticale" ideato da Patrick Blanc, una parete vegetale di grande efficacia visiva, che prospetta una quinta di natura in rapporto al CaixaForum, l'elemento anticipa il grande valore comunicativo dell'involucro ideato da Herzog & de Meuron per l'edificio.
Il progetto riprende in gran parte il perimetro murario in mattoni dell'antica centrale elettrica, integrandolo nella nuova costruzione: elemento di memoria urbana, diviene una sorta di scultura materica nel nuovo edificio. Il profilo dell'edificio perciò è caratterizzato da una linea spezzata che segue la pendenza della strada che fiancheggia l'edificio ed erode la fascia inferiore del perimetro murario in mattoni, che ormai funzionano solo come un rivestimento storicizzato a cui, nel nuovo volume, si sostituisce l'involucro in ghisa, dalla cromia affascinante.

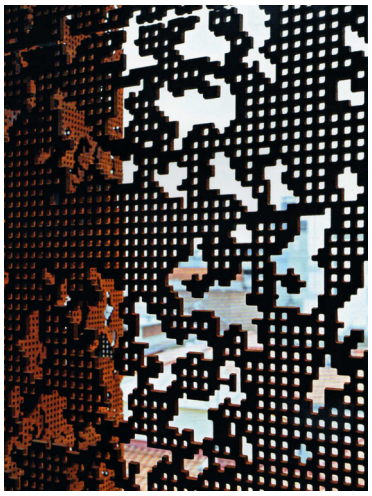


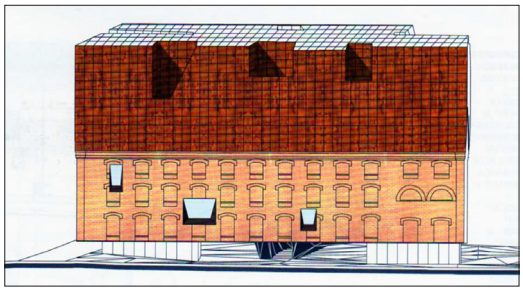
Tecnologia per l'involucro traslucido

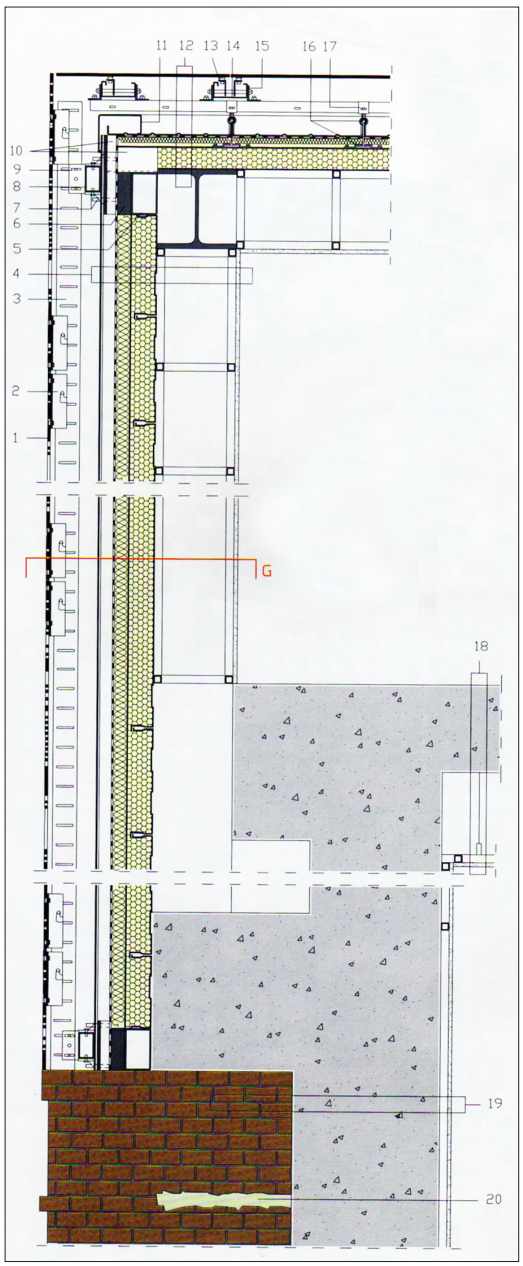
I nuovi volumi, che sovrastano l'edificio esistente, compongono un'immagine di forte rilevanza, un'articolazione scultorea ed architettonica, che opera in duplice maniera da un lato sul rilievo dei volumi che emergono come parti di un fortilizio, parete e torri, e dall'altro sul differente trattamento del rivestimento esterno, in pannelli quadrati con lato 1 metro in ghisa di fusione e finitura a porosità arenose. Dove il rivestimento si sovrappone alle finestre, i pannelli sono traforati, con un fine disegno a filigrana e finitura ondulata e sabbiata, che suggerisce un effetto decorativo simile al "mudèjar", soprattutto per la trasparenza filtrata alla luminosità naturale o artificiale, sia nella visione interna che in quella esterna, con la particolarità dell'uso continuo sia sulla superficie verticale che su quella inclinata della copertura.











Sezione verticale sull'involucro
1. rivestimento esterno formato da pannelli forati in ghisa colata in stampi 1x1 m con finitura superficiale ondulata e sabbiata sp. 9/11mm
2. profilo in acciaio a L di aggancio
3. profilo in acciaio a U 90x70mm di sostegno
4. lamiera ondulata colorata nera 12 mm, camera d'aria, membrana impermeabilizzante, pennello isolante di lana minerale sp.50mm, pannello acustico in acciaio con lana minerale 100mm, telaio formato da profili in acciaio a sezione scatolare 30x30mm, pannello in cartongesso 15mm

Fonti bibliografiche

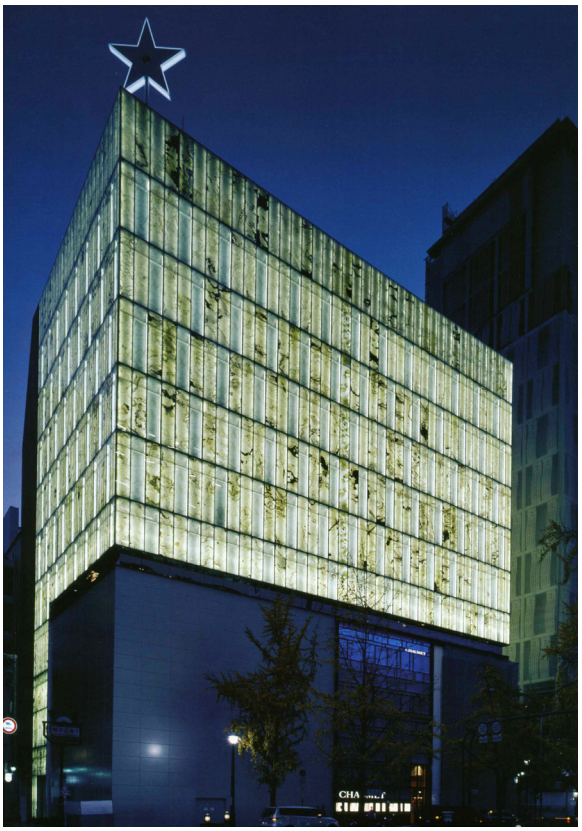
F. Pagliari, in THE PLAN n.26/2008, Centauro, Bologna, pg. 72

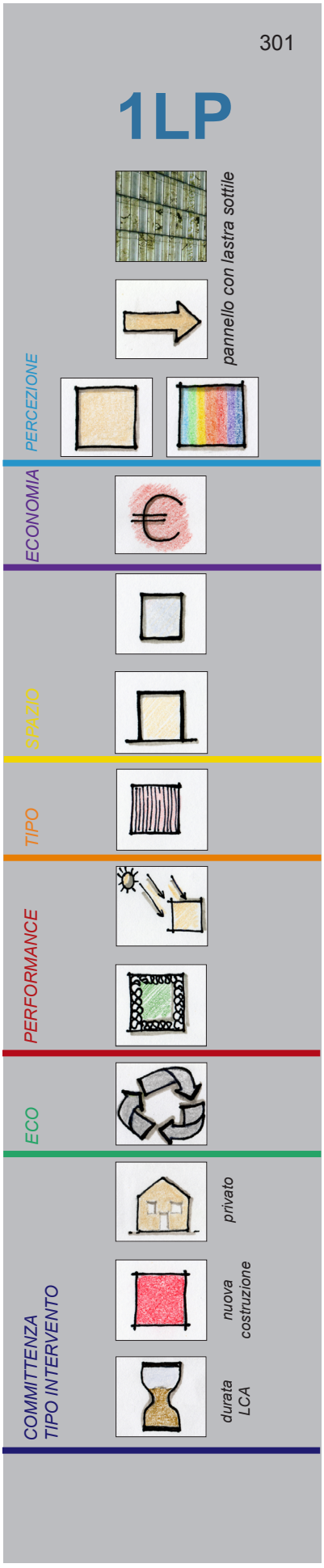
Fonti iconografiche

Foto di Christian Richters tratte da THE PLAN 26/2008

LVMH - Louis Vuitton Moet Hennessy
Osaka - Giappone

LOCALIZZAZIONE	distretto di Shinsaibashi, prefettura di Osaka - Giappone
DATA DEL PROGETTO	2002 > 2004
PROGETTISTA	Kengo Kuma
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	-
COMMITTENTE	Osaka real estate Ltd.
IMPRESA ESECUTRICE	Kaijima Corporation; Paiotti S.r.l. (elementi in onice); Dupont-Mrc Co., Ltd. (elementi in pietra artificiale); Saint-Gobain Glass Solar GmbH (vetri)
DESTINAZIONE D'USO	commerciale/uffici
DATI DIMENSIONALI	superficie del lotto 983,08 mq, superficie costruita 851,17 mq, superficie totale 8.297, 36 mq
COSTO INTERVENTO	-





Descrizione del progetto

Ma come si fa a cancellare l'architettura?[1]

Attraverso un lavoro incessante sulla sostanza dell'architettura stessa: la materia. E' questa la risposta di Kengo Kuma ad una difficile questione affrontata da più di un decennio nelle sue opere, traguardo e punto di partenza di una narrazione continua e paziente sulla ricerca

della leggerezza.
Al primato della *percezione visiva*, cui consegue un modo di intendere il progetto come ideazione e realizzazione di oggetti plastici da osservare dall'esterno, l'architetto giapponese contrappone programmaticamente la personale poetica dell'*esperienza emozionale*. Perseguita attraverso lo studio dell'interazione tra luce e materia, generatrice di impensabili potenzialità. In un processo di consecutiva e sorprendente dissoluzione del corpo dell'architettura, nelle mani di Kuma un muro di pietra può trasformarsi *"in una sostanza simile ad una nuvola"*[2]. Liberata dal fardello delle collaudate qualità tattili, può concedersi con rinnovata vitalità alla luce naturale o artificiale per lasciarsi trapassare dalla luce stessa in un gioco di infinite sfumature di trasparenza che danno forma a iridescenti atmosfere interne, suggestivi ambienti cangianti tra la luminosità e l'opacità.
La pietra, l'onice del Pakistan dal caratteristico colore verde, è la materia che costruisce e disegna questo involucro evanescente. Alla ricerca della sua essenza più intima, l'architetto taglia, frantuma e sminuzza l'onice in particelle minute, fino a distillarne la trama naturale.
"Se sbriciolo i materiali e li suddivido in frammenti, non è perché li odio, (...) è anzi proprio per la ragione contraria: perché li amo. Se non li scomponiamo, non possiamo apprezzarli in quanto materiali, né coglierne la vitalità".[3] L'involucro è quindi costituito da lastre di altezza corrispondente all'interpiano degli uffici, di larghezza discreta calibrata sulle dimensioni generali dei prospetti e di spessore variabile secondo tre valori cui corrispondono altrettanti livelli di trasparenza e soluzioni progettuali.

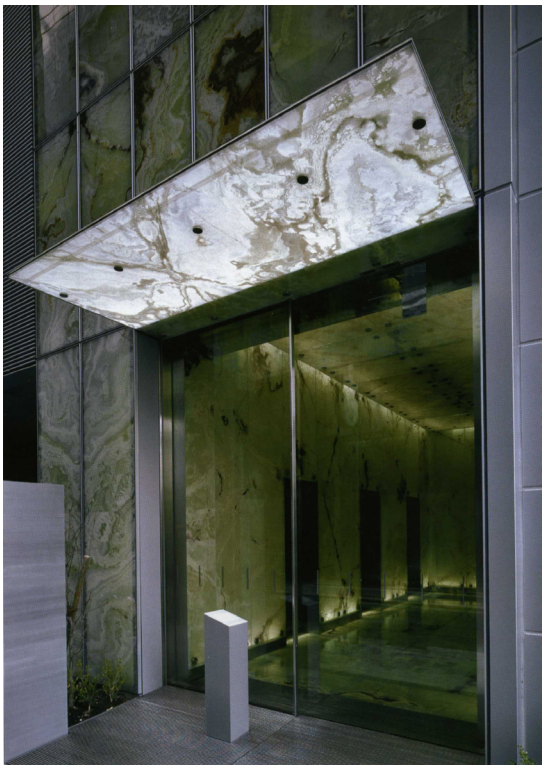


Nell'atrio dell'ingreso è riproposto il motivo decorativo della facciata: lastre in "pietra traslucida" retroilluminate ne rivestono le pareti, il pavimento e realizzano il piano sospeso del soffitto.

L'effetto di sospensione nel vuoto dell'involucro in "pietra traslucida" che, leggero come carta di riso, sembra librarsi in alto tra gli edifici circostanti e il cielo, si accresce di notte quando le venature della materia e le variazioni di trasparenza delle differenti lastre si manifestano anche all'esterno, attraversate dalla luce artificiale emessa da dispositivi fluorescenti collocati in aderenza all'interno. Chiamato a conciliare *"la luccicante immagine di uno spazio commerciale con l'aspetto spento di un edificio per uffici"* [4] nel LVMH Building Kengo Kuma riesce a raggiungere la coesistenza di contrapposti valori dell'architettura in uno spettro continuo.

Tecnologia per l'involucro traslucido

Nello specifico la traslucenza delle lastre realizzate con pannelli sandwich di vetro e onice è resa in tre diverse gradazioni: fogli in onice da 4 mm, interposti, per mezzo di una resina poliuretanica, tra due vetri ad alta trasparenza e differente spessore, il maggiore dei quali disposto all'esterno; lastre di 75 µm, realizzate imprimendo le venature naturali dell'onice su un PET film applicato a cristalli; lastre di 30 µm, prodotte trascrivendo, con una stampa di tipo serigrafico, il medesimo pattern direttamente su elementi traslucidi. I tre tipi di lastre così prodotte, con dimensioni uguali fra loro, ma differente spessore, sono ripetuti e distribuiti all'interno di un sottile ordito in acciaio marion strutturante l'involucro, cui fanno contrappunto la trama irregolare delle venature e le imperfezioni della pietra naturale.





L'involucro realizzato in pannello sandwich a base di una lastra sottile di pietra ha un sistema di retroillumnazione notturna.

Note

[1] K.Kuma, *Giardinaggio dgitale*, in "Kengo Kuma. Opere e progetti" di L. Alini, Milano 2005, pg. 223

[2] K.Kuma, *Stone Museum*, in "Kengo Kuma. Opere e progetti" cit., pg. 102

[3] K.Kuma, *La relatività dei materiali*, in "Kengo Kuma. Opere e progetti" cit., pg. 222

[4] K.Kuma, relazione di progetto

Fonti bibliografiche

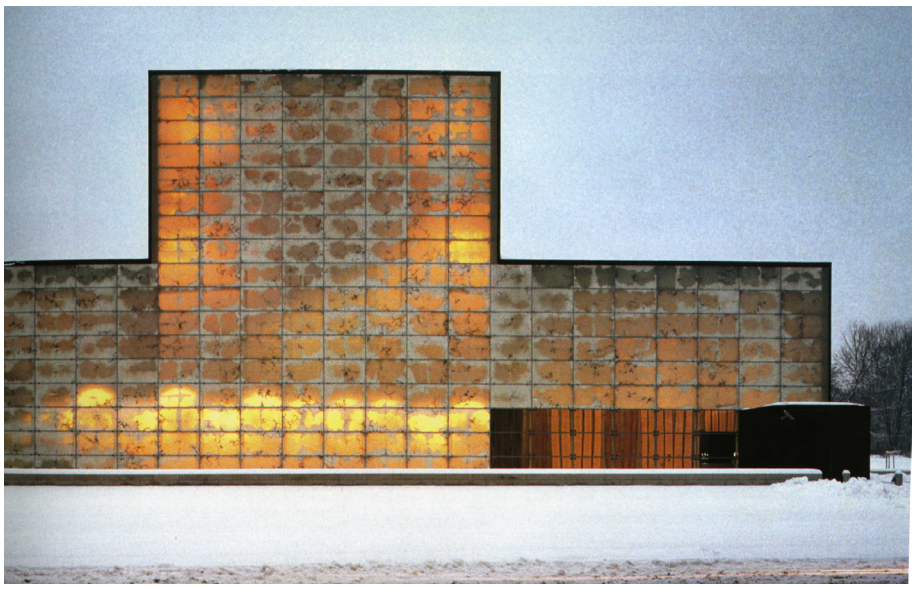
Ciampa M., in MATERIA n.51/2006, *Decorazioni*, Motta Editore, pg. 66

Fonti iconografiche

Foto di Daici Ano tratte da MATERIA 51/2006

Nuovo centro direzionale Deutsche Bundesbank, Chemnitz - Germania

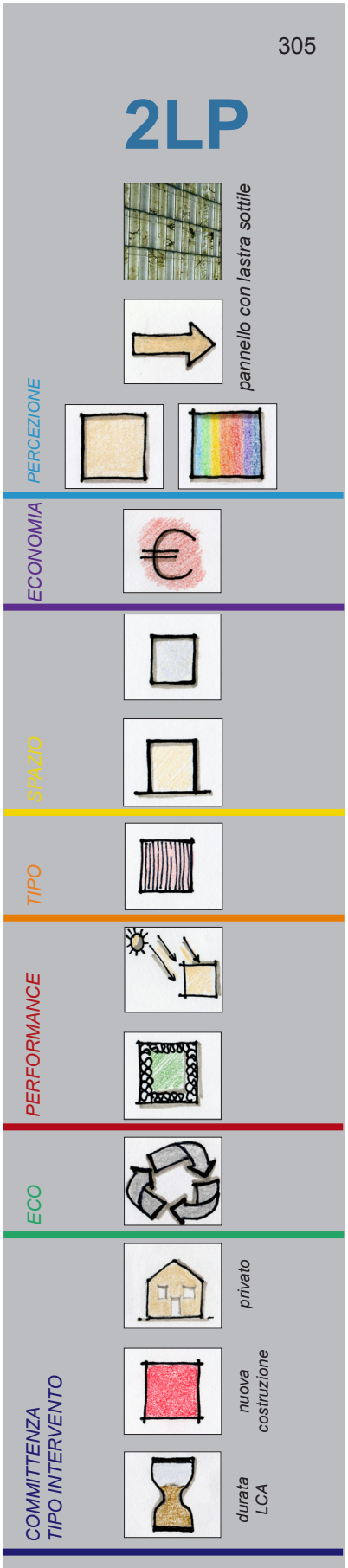
LOCALIZZAZIONE	PARCO DELLE VITTIME DEL FASCISMO CHEMNITZ - GERMANIA
DATA DEL PROGETTO	1998 > 2004
PROGETTISTA	MAP ARQUITECTOS/JOSEP LLUÌS MATEO CONTRIBUTO ARTISTICO PETR KVICALA
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	Markus Lauber, David Carim, Tobias Friedrich, Boris Bezan, Arnoud Hulpia
COMMITTENTE	Deutsche Bundesbank
IMPRESA ESECUTRICE	Hemm GmbH & Co. KG Natursteinwerke (per la realizzazione della facciata in pietra); MBM Metallbau Dresden GmbH (elementi di facciata in alabastro); ATS Chemnitz (verde)
DESTINAZIONE D'USO	UFFICI
DATI DIMENSIONALI	pianta 45x50 m, altezza ai lati 8,70 m, 16 m al centro (forma a T rovesciata)
COSTO INTERVENTO	-



Descrizione del progetto

"Operando una sorta di alchimia, il progettista converte una questione complessa in un elemento costruito. Nella tensione e contaminazione tra idea e problema, consiste l'originalità della soluzione proposta".[1]

Il progetto affronta la necessità di insediare a Chemnitz, piccola cittadina della Germania sud-orientale, la nuova sede della Deutsches Bundesbank in un contesto fortemente influenzato dalla presenza nelle vicinanze di un parco di alberi secolari (dedicato alle vittime dell'Olocausto nazista) e dalla prossimità al ricco museo cittadino di paleontologia. In tale contesto Mateo realizza una costruzione ancorata



saldamente al suolo e sviluppata con una geometria rigorosa a T rovesciata, nella cui sagoma si incornicia un'immagine mutevole, che descrive la variabilità della luce naturale e delle condizioni meteoriche, un "albero pietrificato"[2], come definito dal progettista,
riferendosi alla comune radice etimologica delle parole tedesche *Bau* (costruzione) e *Baum* (albero). L'attenzione di chi, costeggiando il parco, percorre la Zschopauer Strasse è catturata dall'opalescente e cangiante facciata principale dell'edificio. Essa si compone di lastre di alabastro della Saragozza, disposte secondo un'ordine rigoroso ed incorniciate da una lamina di bronzo che ridisegna il profilo del prospetto. La luce accende la superficie traslucida della materia fossile evidenziando venature dalle calde variazioni cromatiche. Di giorno la parete di pietra diffonde all'interno la luce naturale che la attraversa; di notte è la luce artificiale a rendere la materia iridescente e a riverberare un chiarore tutt'intorno.



Tecnologia per l'involucro traslucido

La facciata principale, costituita da 274 pannelli compositi di vetro e alabastro, testati in laboratorio e brevettati specificatamente per la Bundesbank[3], ciascuno di 187x107x0,65 cm [4], è rivolta a ovest verso la strada e presenta, come unica interruzione, una fascia di vetro trasparente nella parte inferiore in corrispondenza dell'entrata. Le particolari condizioni climatiche della zona non hanno permesso la realizzazione di una facciata in lastre monolitiche di pietra, ma per raggiungere livelli ottimali di efficienza energetica e comfort termo-

igrometrico si è reso necessario realizzare un pannello sandwich. Il multistrato isolante è stato quindi ottenuto inserendo la lastra di alabastro all'interno di un sistema vetrato isolante costituito da vetri temprati e laminati chiari. La struttura composita del pannello ha permesso inoltre di ridurre la sezione resistente della lastra lapidea. L'inserimento infine del materiale lapideo all'interno del vetro è stato inoltre pensato in funzione della protezione del materiale stesso dai fattori di degrado derivanti dagli agenti esterni.

La struttura che regge la facciata in alabastro costituito da un sistema fissato ad una struttura in acciaio (progetto di Leonardt, Andr und Partner), costituita da cavi verticali - ∅70 mm - disposti, ad interasse di 1,87 m, subito dietro il fronte stesso e ancorati ai solai intermedio e di copertura. Inoltre un sofisticato sistema di molle, collegato ad un apparato computerizzato per il controllo delle dilatazioni termiche, tiene costantemente in tensione i cavi.

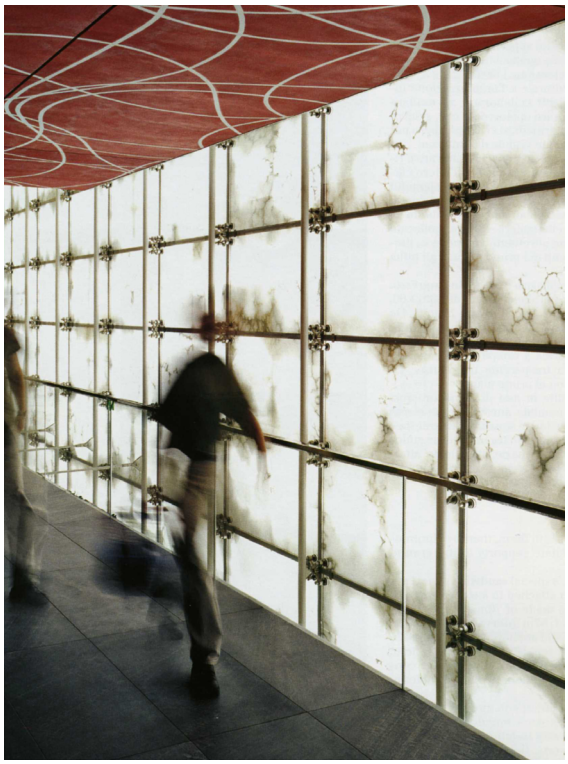
Note

[1] J.L.Mateo, "Una conversazione con Iñaki Ábalos", in *2G* n.25, G.Gili, Barcellona 2002, pg.133

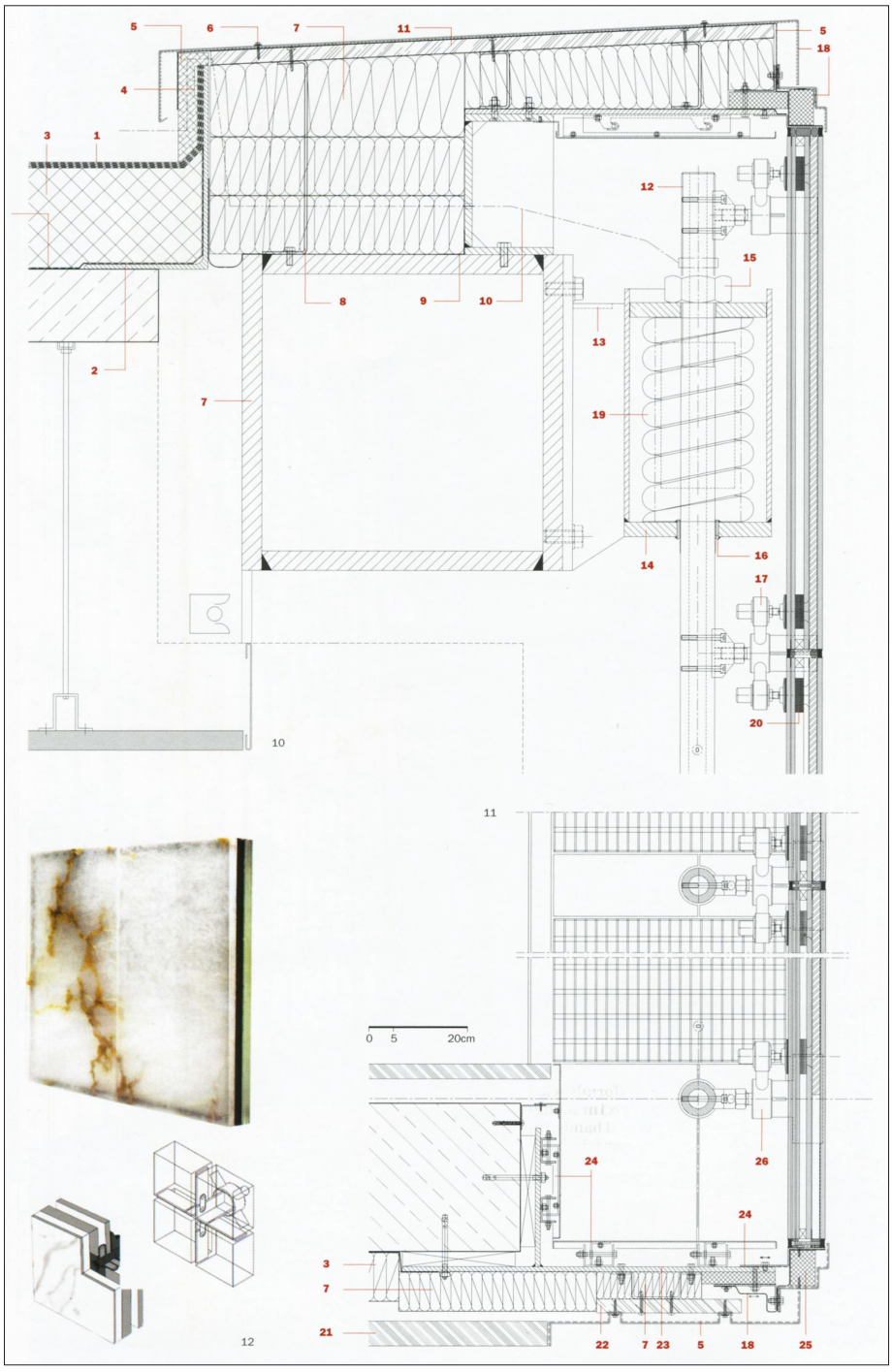
[2] Con questa immagine il progettista J.L.Mateo illustra il progetto.

[3] Prodotte dalla MBM Metallbau Dresden GmbH.

[4] Composte dalla stratificazione di tre cristalli di differente spessore (4-12-8 mm) tra i quali sono interposti una lastra in alabastro di 15 mm di spessore e una camera d'aria di 16 mm di spessore.



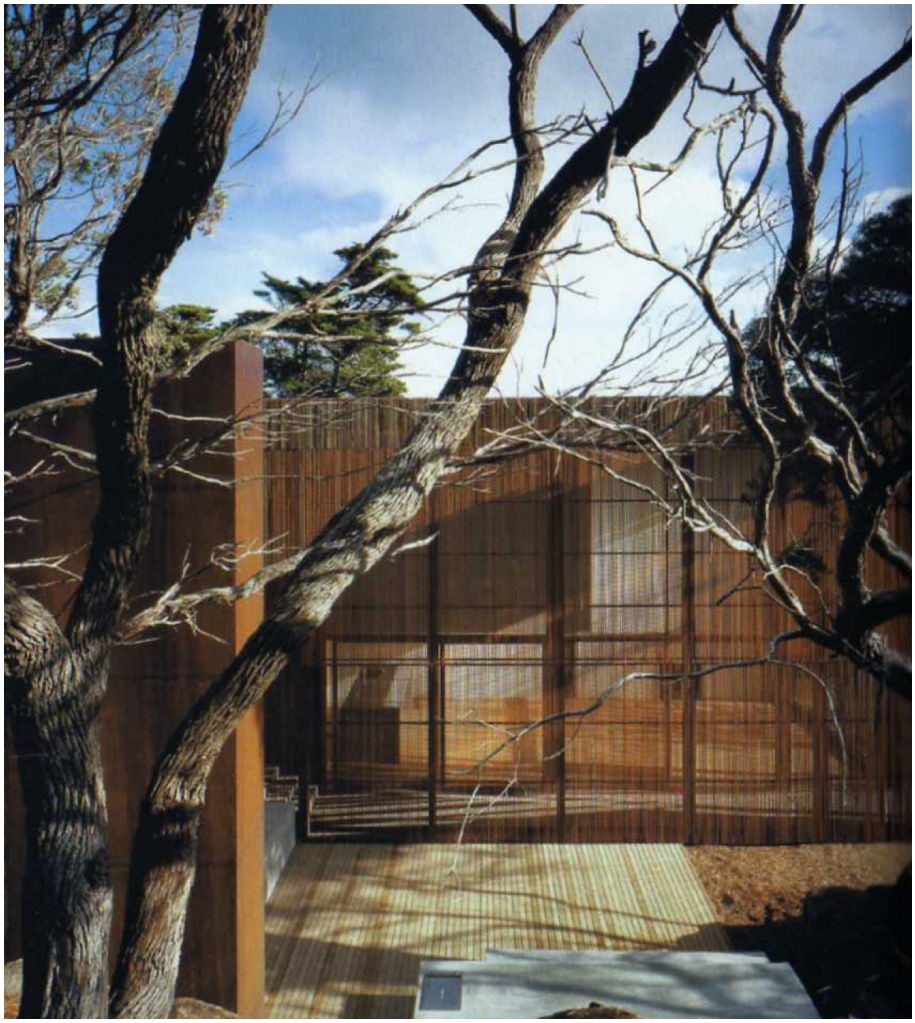
Prticolare (10) costruttivo del sistema di molle che regolano la tensione dei cavi di sostegno della parete traslucida.
1. lamina
2. angolare in acciaio
3. isolante
4. listello di protezione
5. lastra isolante
6. vite con disco
7. isolante WLG 035
8. struttura costruttiva dell'attico in acciaio
9. giunti a tenuta stagna
10. parafulmine da costruzione
11. truciolato, lastra posata in opera sp. 30 mm
12. filettatura M68
13. lastra di irrigidimento t=10mm, 80x120
14. piatto molla zincato
15. dado di arresto M68-DIN934
16. fodera antiscivolo
17. spider in acciaioninox
18. lamiera di bronzo sp.2mm, brunita, tinta, griglia 1875 mm, doppio strato con fuga 5mm
19. molla di compressione
20. sostegno puntuale vegla-multipoint MPZKCI46/70-M14x1,5
Dettaglio (11)dell'angolo dell'involucro
21. pietra naturale
22. lastra posata in opera V100, sp. 30mm
23. acciaio zincato UK
24. lamiera in acciaio inox 2 mm
25. vetro schiuma 50mm
26. lamiera di copertura



Fonti bibliografiche
Percoco M., in MATERIA n.55/2007, *Involucri*, Motta Editore, pg. 50
Carattin E. (scheda a cura di), in *Oltre la trasparenza*, Tatano V. (a cura di), Officina Edizioni, 2008, pg. 45
Fonti iconografiche
Foto di Jan Bitter tratte da THE PLAN 55/2007

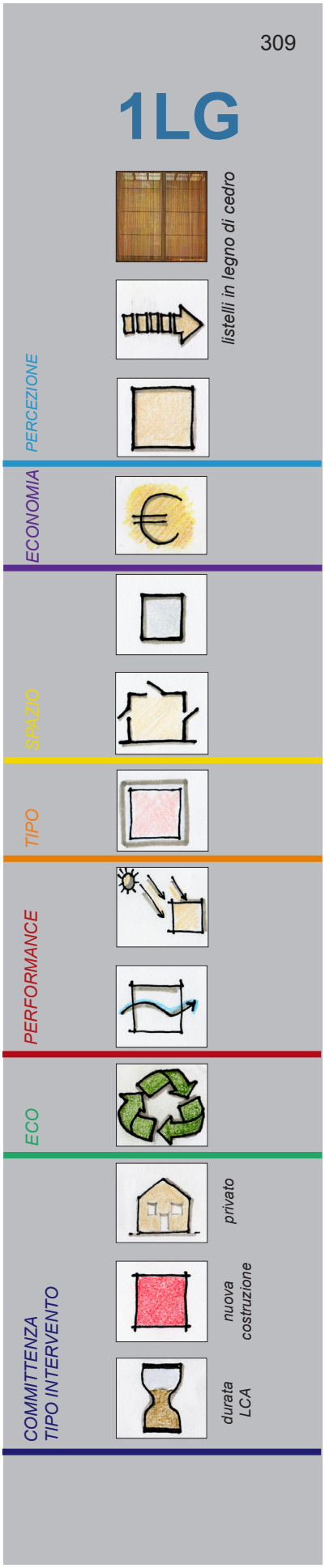
Casa di vacanza peninsula House Victoria - Australia

LOCALIZZAZIONE	Victoria - Australia
DATA DEL PROGETTO	2001 > 2002
PROGETTISTA	Sean godsell Architects
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	Hayley Franklin
COMMITTENTE	privato
IMPRESA ESECUTRICE	Kane Constructions Pty Ltd, Felicetti Pty Ltd (strutture)
DESTINAZIONE D'USO	RESIDENZIALE
DATI DIMENSIONALI	280 mq
COSTO INTERVENTO	-



Descrizione del progetto

Un telaio in acciaio ossidato di 30 metri di lunghezza per 7 m di altezza è incassato nel fianco di una duna di sabbia, questa struttura regge a sua volta un leggero involucro protettivo costituito da pannelli in legno regolabili e da una copertura vetrata.

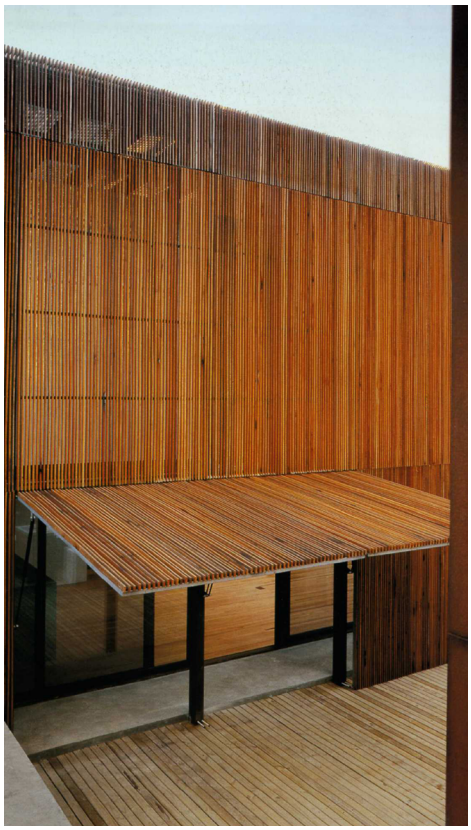


La casa, avvolta nella natura aggrappata ad un pendio, consiste in un involucro di lamelle di legno in cui si inserisce un corpo di fabbrica di vetro ed acciaio. Sui lati nord ed est tra involucro e nucleo abitativo vi è una veranda coperta in corrispondenza della quale, all'occorrenza, si possono far scorrere le lastre di vetro e piegare verso l'esterno parte dell'involucro di lamelle di legno "aprendo" completamente la casa. I concetti di camera interna (*moya*) e di veranda chiusa (*hisashi*), adottati dall'architettura residenziale giapponese, si basano sull'idea di spazio fluido, dove anche il diverso grado di illuminazione degli spazi partecipa a tale effetto. In questo caso la veranda ha assunto connotazioni più astratte fino a rappresentare lo strato esterno protettivo dell'edificio. La casa è l'ambiente interno accogliente, protetto dagli agenti atmosferici da una pelle grezza esterna. L'interazione dell'occupante con questi due elementi attiva (attraverso l'apertura e la chiusura della facciata) la semplice forma dell'edificio, trasformandolo in un dominio organico. L'effetto è ulteriormente accentuato dalla luce che, filtrando attraverso le persiane in legno, svuota e riempie la casa.



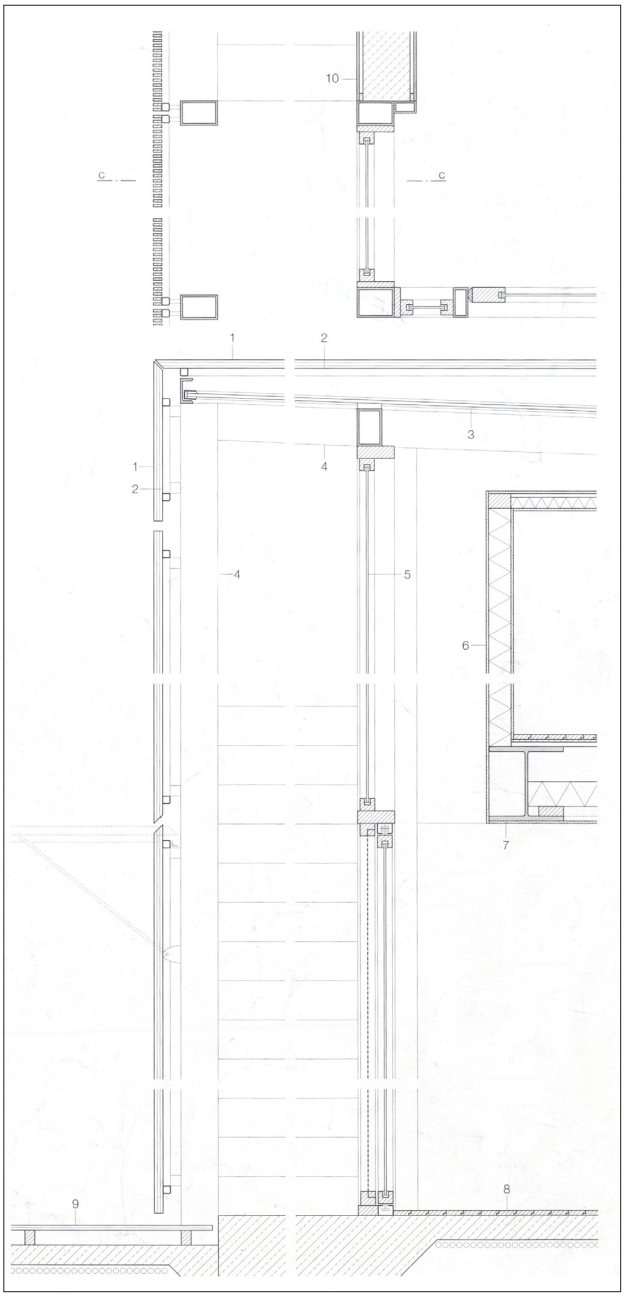
Tecnologia per l'involucro traslucido

Per le lamelle è stata impiegata un'essenza locale (Jarrah) che grazie alla sua durezza ha consentito tagli di elementi particolarmente sottili.





Sezione verticale sull'involucro
1. lamelle in essenza di jarrah 35x10mm, taglio a sega
2. tubolare di acciaio zincato 30x30 mm
3. vetro semplice 10mm
4. tubolare di acciaio 150x100mm
5. stratificato 8 mm
6. parete camera da letto: cartongesso 10mm, isolante termico in lana di vetro 70mmtra le lastre di cartongesso
7. profilo di acciaio HEB
8. pavimento in tavole di frassino 70x19mm incollato su massetto inc.a.
9. pavimento della terrazza in tavole di abete 70x19mm



Fonti bibliografiche

CASABELLA n.710/2003, A. Mondadori Editore, pg. 80
DETAIL n.7-8/2003, *Facciate*, MOTTA Editore, pg.798

Fonti iconografiche

Foto di Earl Carter tratte da DETAIL 7/2003

HEISEI - Tea Ceremony House
Saitama - Giappone

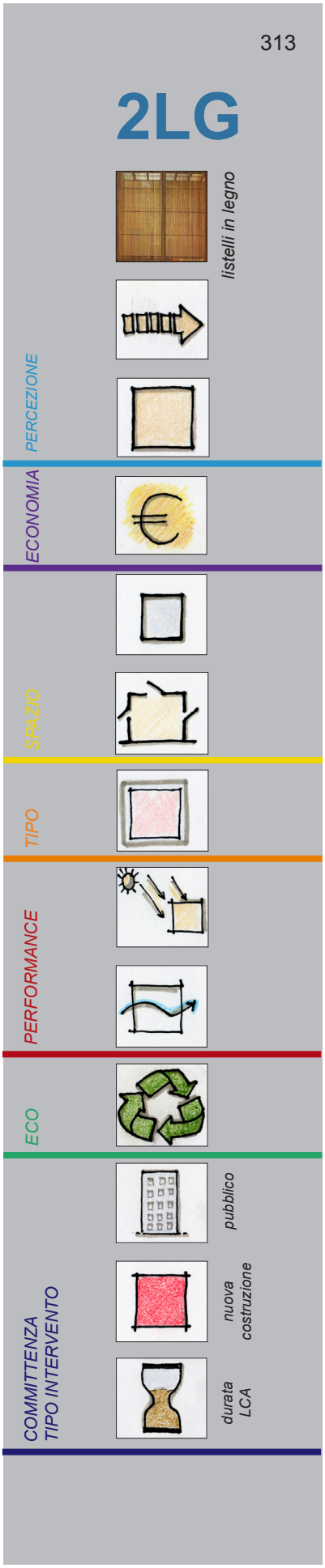
LOCALIZZAZIONE	Kawagoe, Saitama - Giappone
DATA DEL PROGETTO	2002 > 2004
PROGETTISTA	Ken Yokogawa Architecs & associates
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	-
COMMITTENTE	pubblico
IMPRESA ESECUTRICE	Kawamodu Constructions Co.
DESTINAZIONE D'USO	CULTURALE
DATI DIMENSIONALI	280 mq
COSTO INTERVENTO	-



Descrizione del progetto

Una casa per la cerimonia del tè che rappresenti l'era contemporanea, in giapponese Heisei, da cui il nome del progetto: epoca iniziata nel 1989 dopo la morte dell'imperatore Hirohito e la successione al trono di Akihito, in base alla quale il calendario giapponese indica il numero degli anni (ora il ventesimo).

Il progetto si inserisce all'interno del parco di un importante tempio a Kawagoe. Il progettista Ken Yokogawa crea un riuscito equilibrio tra costruito e paesaggio, sviluppando il tema del *sensai*: un termine di difficile traduzione che indica raffinatezza, eleganza, sofisticatezza, delicatezza, ma anche semplicità legata alla bellezza perfetta. Il



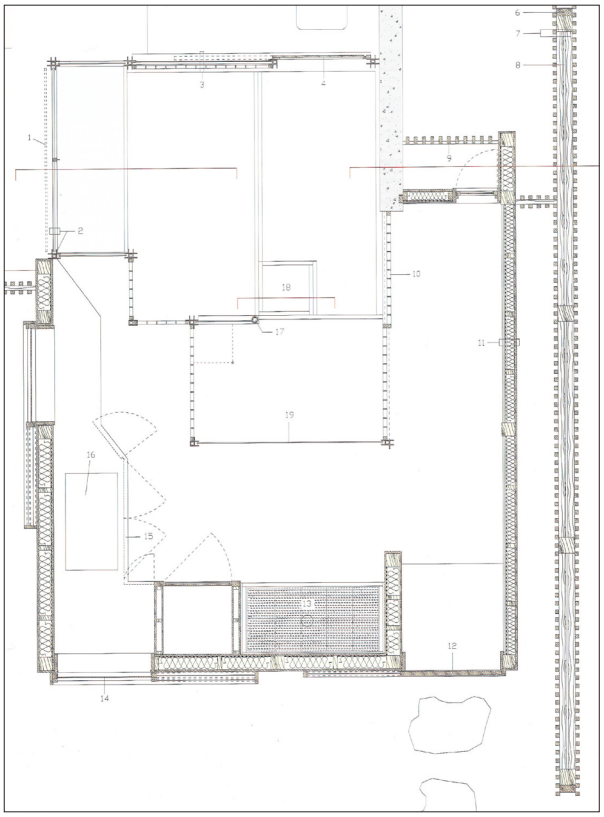
canone di bellezza nell'architettura tradizionale viene ora reinterpretato in chiave contemporanea attraverso la composizione architettonica basata sul senso delle proporzioni, l'utilizzo dei materiali, la relazione tra linee e piani, tra vuoto e pieno, tra interno ed esterno.
Importanza particolare viene data al "carattere" dei materiali, che secondo il critico giapponese Shozo Baba, devono apparire per quello che sono sulla loro superficie e tendenzialmente non devono essere puro rivestimento.
La casa per la cerimonia del tè è immersa nel giardino del tempio, ma allo stesso tempo rappresenta un *kekkai*, termine buddista per indicare uno spazio definito, confinato. Gli elementi costitutivi, setti in cemento, pareti in listelli di legno di cedro, uno specchio d'acqua, graticci in legno, invitano ad uno spazio diverso, nuovo.



Tecnologia per l'involucro traslucido
All'interno della casa da tè viene mantenuto il protocollo tradizionale (*sado*), pur ricorrendo a nuovi materiali ed interpretazioni. Il *tokonoma*, spazio dedicato ad un dipinto, calligrafia, ikebana, o a un elemento decorativo importante è qui reinterpretato con un piano e pareti di vetro, a cui è stata accostata una carta giapponese traforata (vetrata composta da vetro temperato e carta giapponese *echizen)*, protetta esternamente da una schermatura avvolgibile in bambù e pareti in listelli di cedro rosso. La colonna centrale della sala è in alluminio rivestito con

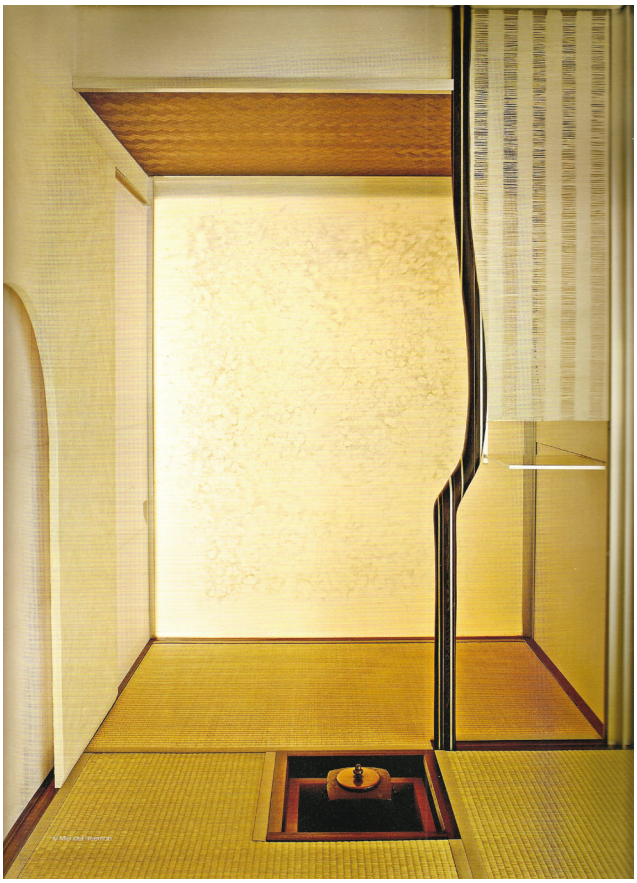
fogli di quattro tipi di legno ritagliati con un macchinario particolare ad alta precisione (NC router), che permette di tagliare seguendo curve tridimensionali. Ogni elemento ha un suo significato simbolico, legato alla tradizione, ma anche un valore contemporaneo legato alla scelta dei materiali, sia per la tecnologia utilizzata nell'assemblarli o produrli.

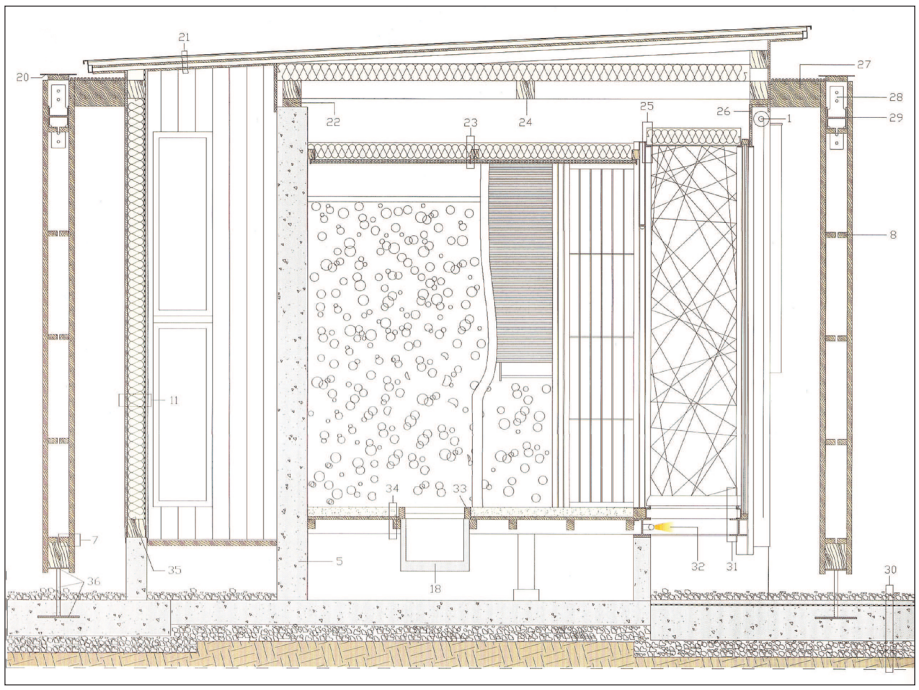




Sezione orizzontale e verticale sull'involucro
1. schermatura avvolgibile in bambù
2. vetrata con pellicola esterna 6mm, vetro temperato 8mm, carta giapponese echizen interna e montanti in profili scatolari di acciaio 30x30mm con profili in alluminio sagomato sagomati 65x35mm di rinforzo e protezione
3. sistema di tamponamento formato da pannello scorrevole ricoperto da carta unryu con sottostruttura in montanti di legno 6x25mm, pannello in alluminio 18mm, lamiera di rivestimento in alluminio 3mm
4. porta di accesso principale alla sala del tè con telaio e tamponamento in lehno d'olmo giapponese sp.15mm, fibra di cotone, strato di rivestimento in olio di menta purpurea
5. setto in cls con finitura a vista

6. montante in legno di chiusura 125x50mm
7. parete esterna di schermatura in travetti di legno di cedro rosso 30x30mm, montanti strutturali in legno di cipresso 125x125mm
8. correnti in legno 30x60mm
9. traliccio formato da travetti in legno di cedro
10. parete scorrevole
11. muro di tamponamento esterno
12. porta scorrevole in legno di cedro
13. lavabo in rame ricoperto in cannucciato di bambù
14. finestra in legno di frassino
15. bancale in legno di frassino
19. vetro serigrafato sp.6mm, carta giapponese echizen
32. illuminazione con tubi fluorescenti





Fonti bibliografiche

THE PLAN n.27/2008, Centauro Editore, pg. 66

Fonti iconografiche

Foto di © Michael Freeman tratte da THE PLAN 27/2008

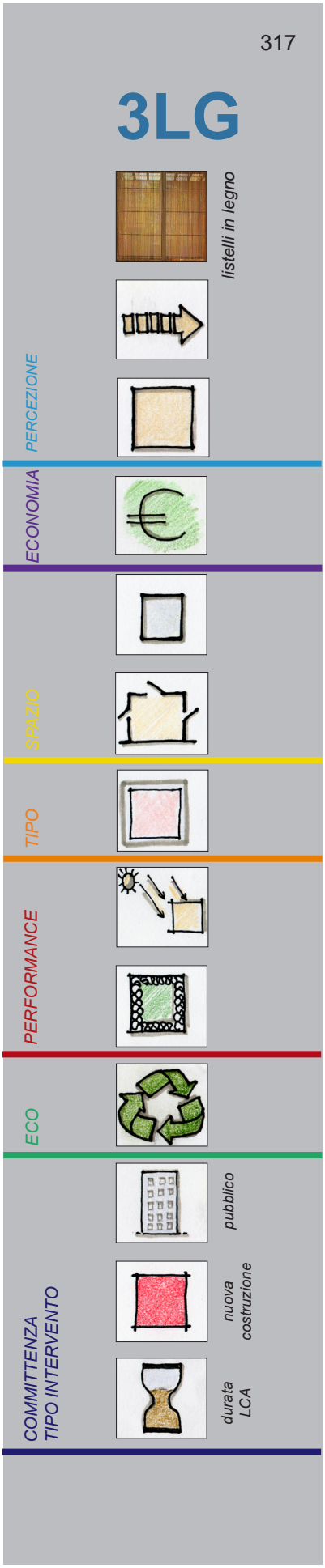
Carabanchel Housing
Madrid - Spagna

LOCALIZZAZIONE	Carabanchel 16, Madrid - Spagna
DATA DEL PROGETTO	2007
PROGETTISTA	Foreign Office Architects Farshid Moussavi & Alejandro Zaera Polo
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	D. Casini, Leo Gallegos, J. Rigau, C. Markus, N. Calvillo
COMMITTENTE	EMVS -Empresa Minicipal de la Vivienda y Suelo
IMPRESA ESECUTRICE	Acciona
DESTINAZIONE D'USO	RESIDENZIALE
DATI DIMENSIONALI	8.183,65 mq sup. edificio; 11.384,27 mq sup. lotto;n. 88 alloggi
COSTO INTERVENTO	€ 6,00/ml di stuoia di bambù



Descrizione del progetto

Posizionato su un lotto di forma rettangolare orientato in direzione nord-sud a Carabanchel, area periferica di espansione e di riqualificazione a sud-ovest di Madrid, l'edificio si presenta come un blocco parallelepipedo compatto (98x16,40x19,20h m) di 88 alloggi in linea disposti su cinque livelli con piano seminterrato destinato a parcheggio. Il progetto prende forma da una riflessione su due concetti: quello di *anonimìa*, come risorsa anzichè come limite, della vita metropolitana nella società globale, e quello della *temporaneità,* dell'immagine architettonica, come strumento autentico per esprimere l'individualità all'interno dell'omologazione. Alla compattezza e staticità dei monolitici residenziali, viene contrapposta la leggerezza e la dinamicità di un contenitore primitivo nella forma e nella materia: uno stereometrico parallelepipedo rivestito in stuoie di canne di bambù.



Integrando elementi naturali e tecnici i progettisti hanno scelto di sperimentare soluzioni di schermatura a basso impatto ambientale la cui validità prestazionale dovrà però confrontarsi sia con il trascorrere del tempo,, sia con i danneggiamenti che potrebbero derivare dall'utilizzo da parte degli utenti. Tale esperienza di edilizia sociale permette di evidenziare il difficile compito di conciliare i temi della sostenibilità e dell'efficienza energetica con i limitati budget a disposizione e allo stesso tempo l'impegno dell'amministrazione madrilena.



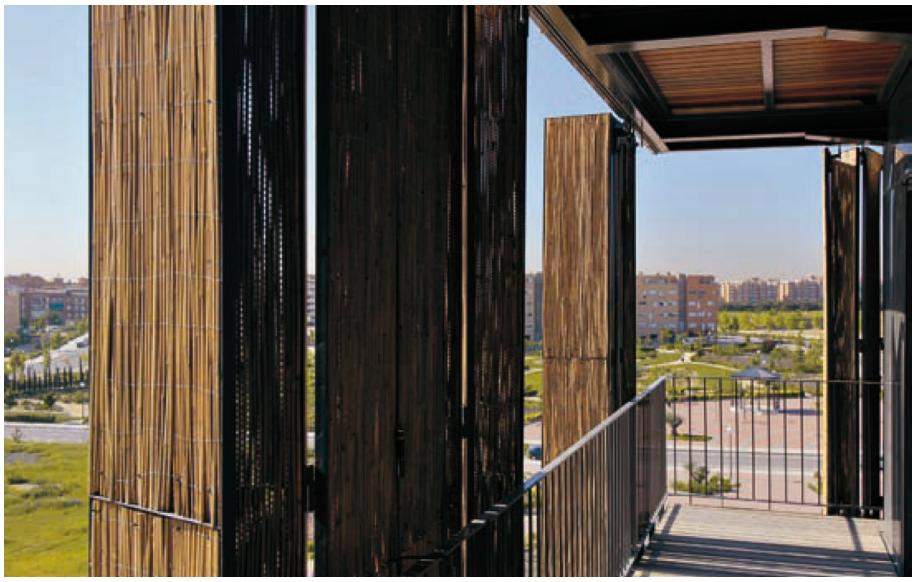
Tecnologia per l'involucro traslucido

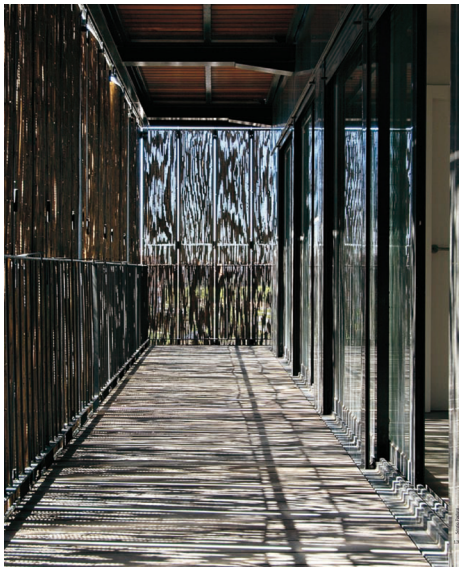
Tutti gli 88 alloggi, ad eccezione di quelli collocati all'estremità dell'edificio, presentano un doppio fronte di esposizione E-O su due aree esterne a giardino: una soluzione che che ha permesso di utilizzare la ventilazione incrociata al fine di assicurare il ricambio e i movimenti di aria utili al controllo del benessere igrotermico nel periodo estivo.

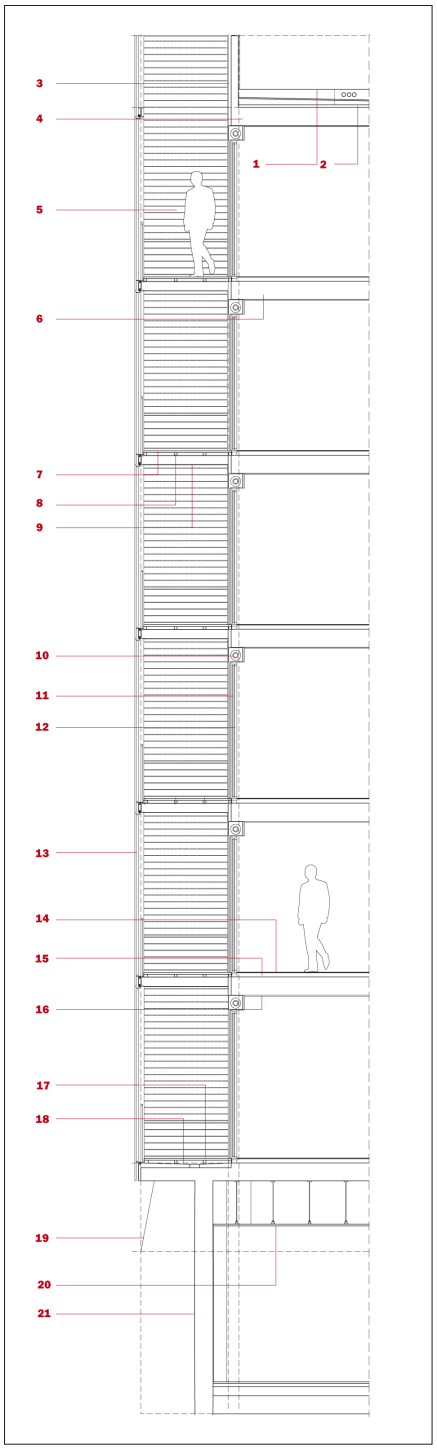
L'obiettivo di garantire un efficace controllo degli apporti solari, nonché di "preservare" le facciate dell'edificio dalle inevitabili trasformazioni d'uso degli spazi abitativi, ha determinato la scelta di rivestire l'edificio con elementi schermanti continui in incannucciato di bambù ad altezza di piano. Collegate con binari scorrevoli alla struttura delle balconate che circondano i piani dell'edificio, le gelosie di bambù possono essere ripiegate "a fisarmonica" e movimentate in modo autonomo da ogni alloggio, permettendo in tal modo di proteggere dal soleggiamento le facciate vetrate durante i mesi più caldi, nonché di occultare alla

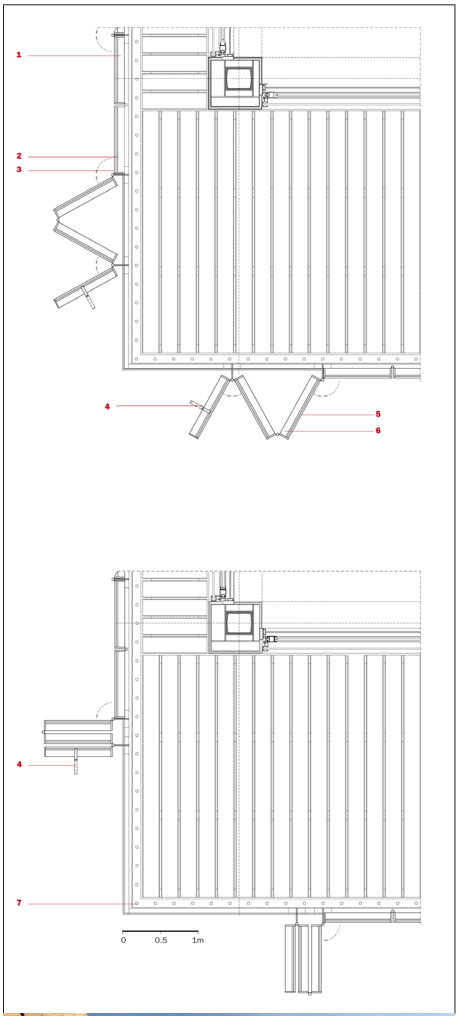
vista le prevedibili future modifiche apportate dagli utenti sui fronti dell'edificio. Le incannucciate sono sottoposte a trattamento protettivo e successivamente montate su un telaio con profili a T in acciaio inox e griglia microforata in zinco, per formare elementi rettangolari di dimensioni 290x41 cm, mentre in corrispondenza dell'attacco al suolo gli elementi schermanti sono ulteriormente protetti da una rete metallica.

Nello scarto fra l'involucro in bambù e la facciata in vetro trovano collocazione logge profonde 1,50m sui lati maggiori, ad est e a ovest, e "camere d'aria" di soli 50cm sui lati minori. Sono spazi semi-aperti di mediazione fra interno ed esterno, ambiti ad uso privato animati dalla poesia della minuta trama delle linee di luce che il sole compone attraverso le stuoie, essa stessa mutevole in relazione alle condizioni atmosferiche ed al trascorrere del tempo.











Sezione verticale e dettagli in sezione orizzontale sulle logge intreposte fra la corteccia esterna in bambù e le superfici vetrate che delimitano le abitazioni
1. strato protettivo pesante
2. copertura
3. strato in alluminio
4. cls alleggerito
5. tavole di legno
6. solaio in cls
7. pavimento con doghe di legno sp. 3cm
8. tubolare in acciaio
9. profilo HEB in acciaio
10. persiana in alluminio
11. imposta scorrevole in alluminio
12. vetro tipo climalit
13. persianan in canne di bambù per la protezione dal sole

Fonti bibliografiche

S.Russo Ermoli, "Housing sociale a Madrid", in MODULO n.346/2008, Be-Ma Editrice, pg. 1176

M. Percoco, in MATERIA n.57/2008, Motta Editore, pg.44

Fonti iconografiche

Foto di Francisco Andeyro Garcìa; Sérgio Padura tratte da MATERIA 57/2008

Black Treefrog
Bad Waltersdorf - Austria

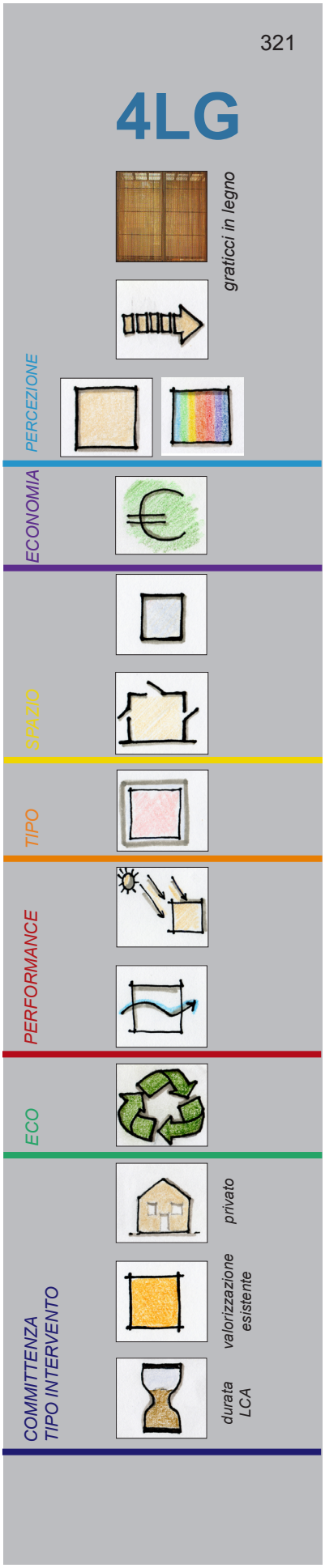
LOCALIZZAZIONE	Bad Waltersdorf, Styria - Austria
DATA DEL PROGETTO	1904 edificio originale 1960 ampliamento 1998>2004 ristrutturazione
PROGETTISTA	Splittenwerk
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	Mark Blaschitz, Hannes Freiszmuth, Johann Grabner, Edith Hemmrich, Bernhard Kargl, Antje Neitsch, Gernot Ritter, Josef Roschitz
COMMITTENTE	Franz + Gertrude Brugner
IMPRESA ESECUTRICE	-
DESTINAZIONE D'USO	RESIDENZIALE
DATI DIMENSIONALI	superficie lorda costruita 620 mq
COSTO INTERVENTO	€ 650.000,00



Descrizione del progetto

Una corte anonima recuperata secondo due principi fondamentali: la creazione di una nuova pelle, che uniforma "aspetto eterogeneo dei volumi cambiandone completamente il linguaggio" e la giustapposizione di un nuovo involucro interno, staccato dalla scatola esterna per 'formare una fascia di servizio capace di cambiare l'uso dello spazio

L'edificio plurifamiliare sperimentale sorge nell'antico centro di BadWaltersdorf, località termale della Styria. Realizzato dal collettivo Splitterwerk (letteralmente "fabbrica di schegge"), che comprende oltre



trenta creativi attivi da più di un decennio nella scena austriaca con progetti sperimentali al confine tra arte e architettura, "BlackTreefrog" espone in modo radicale il loro concetto di abitare contemporaneo. A rendere più spinta l'innovazione del progetto è il fatto che si tratta di un recupero che, pur agendo entro i limiti volumetrici dell'anonima struttura preesistente, ne modifica profondamente l'immagine e la fruibilità. L'insieme è composto da due piccoli volumi rettangolari con tetto a padiglione, risalenti ai primi del Novecento, che formano una corte. Negli anni Sessanta, a seguito della successiva trasformazione delle due case in stazione dei vigili del fuoco, lo spazio interno è stato completamente saturato con un corpo basso, a copertura piana, con funzione di rimessa dei mezzi di soccorso. L'intervento agisce solo marginalmente sulla struttura dell'edificio preesistente, lasciandone, di fatto, invariate la forma complessiva e la posizione delle aperture. Le uniche modifiche riguardano la trasformazione di tutte le finestre in porte finestre, attraverso la demolizione dei parapetti, il ridimensionamento delle grandi aperture dell'ex garage dei vigili del fuoco per realizzare la zona di accesso e la rimozione delle partizioni interne non strutturali.

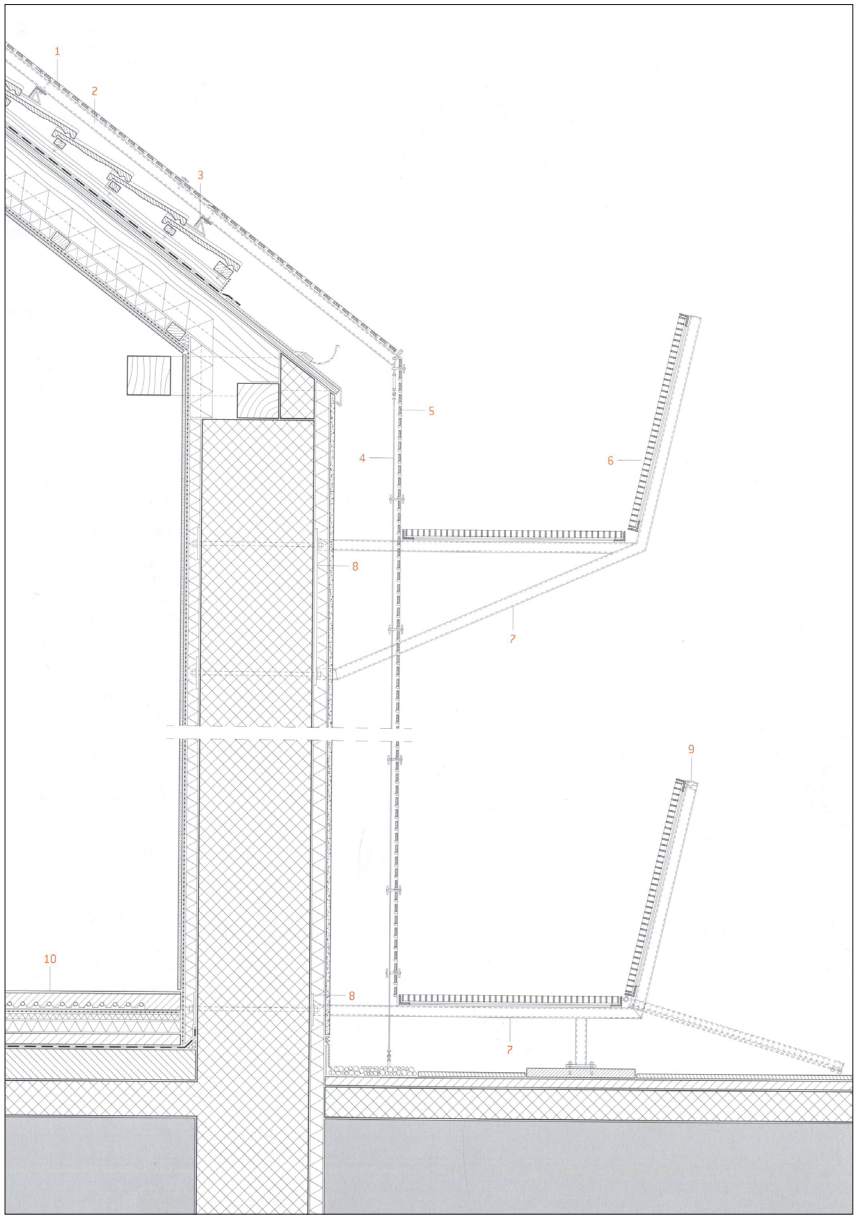


Tecnologia dell'involucro traslucido

Due sono gli elementi innovativi del progetto: la creazione di una nuova pelle, che uniforma l'aspetto eterogeneo dei tre volumi cambiandone completamente il linguaggio, e la giustapposizione di un nuovo involucro interno staccato dalla scatola esterna per formare una fascia

di servizio capace di cambiare l'uso dello spazio interno di ogni alloggio rendendolo intrinsecamente flessibile.
L'immagine monocromatica dell'edificio è raggiunta per mezzo del rivestimento esterno di sottili lamelle di legno color nero che avvolge in modo uniforme le facciate, le coperture piane e quelle inclinate. La nuova pelle è pensata per fornire il supporto per la crescita del rampicante di vite locale, con il risultato che la costruzione non solo si uniforma al paesaggio rurale circostante, ma è in grado di mutare il proprio colore da nero in verde o rosso a seconda delle stagioni. Ciò concretizza quell'ideale di trasformabilità sottointeso nell'intrigante e ironico nome commerciale "Black Treefrog", che allude alla capacità delle rane, usate dal gruppo come un "marchio di fabbrica" ricorrente nel nome di molti progetti, di essere mutevoli.
La nuova pelle avvolge non solo le facciate, ma anche le coperture, svolgendo un'efficace funzione di elemento frangisole. Le lamelle sono assemblate tra loro a formare delle stuoie di circa 1 m di lunghezza, con le singole lamelle legate in quattro punti attraverso una sottile maglia metallica. La stuoia, avvolgibile in corrispondenza delle aperture, è poi legata alla sottostruttura metallica del tetto e, in corrispondenza della facciata, a sottili tiranti metallici per mezzo di una coppia di rondelle metalliche poste alle due estremità dei listelli con interesse 50 cm.
Lunghi ballatoi metallici collegano i vari appartamenti e creano uno spazio aperto di pertinenza di ogni alloggio. Essi hanno una struttura metallica formata da tubolari di acciaio sostenuta da mensole ancorate alla muratura esistente, solaio e parapetti formati da un grigi iato metallico con sezioni puntualmente ribaltabili per fornire una passerella di accesso al suolo.
Gli alloggi simplex ricavati nel volume a ovest sono raggiungibili da una scala interna, custodita in uno spazio d'ingresso pensato come una virtuale trasposizione di quello esterno. Pareti, soffitto, pavimento e gradini di questo volume sono, infatti, rivestiti con una tappezzeria su disegno degli Splitterwerk, caratterizzata da un denso motivo di dettagliate e realistiche foglie di vite di diversa dimensione, che mimetizzano anche le porte di accesso agli appartamenti, influenzando l'effetto tridimensionale dell'insieme; il risultato, quasi psichedelico, trasforma la geometria scatolare dello spazio in una "sfera".
I lunghi ballatoi con struttura di tubolari di acciaio e grigliato metallico collegano gli appartamenti al primo piano donandogli, al contempo, uno spazio di mediazione con l'esterno. Questi appartamenti estremizzano la ricerca sperimentale sulla flessibilità che riguarda tutto l'edificio.
Si dividono in due tipologie: Ivory and Fresh Shell e Blue Shell, entrambe fondate sul concetto definito dai progettisti *multiincident*

shell, guscio multiavvenimenti. Esso prevede la creazione di una fascia perimetrale di servizio in cui sono contenute, celate dietro un sistema di uniformi pannelli a soffietto a tutta altezza, le installazioni tecniche di servizi igienici e angolo cottura, oltre che le scale e le alcove letto. Ognuna di queste funzioni può essere attivata separatamente o contemporaneamente alle altre, attraverso il semplice dispiegamento delle pareti a tutta altezza, ed essere estesa alla zona neutra interna rendendo estremamente flessibile l'organizzazione dello spazio.



Sezione verticale sull'involucro
1. graticcio di legno fissato a tubolare rettangolare, 50x30x3 mm, con vite a rondella Ø 25 mm, h. listelli 25 mm
2. tubolare rettangolare, 50x30x3 mm
3. angolare di acciaio di supporto tubolare fissato alla griglia paraneve, 50x50x2 mm
4. fune di acciaio ancorata tramite tenditore al tubolare
5. graticcio di legno fissato alla fune di acciaio per mezzo di vite a dado tra due rondelle Ø 25 mm, h. listelli 25 mm
6. grigliato metallico fissato ad angolare di acciaio 35x35x5 mm con graffa di serraggio e interposizione di cuscinetto acustico di neoprene, sp. 30 mm
7. struttura passerelle di tubolare di acciaio 50x50x4 mm
8. piastra di acciaio ancorata alla muratura, 140xl0 mm
9. piedino ammortizzatore di materiale plastico regolabile in altezza fissato ad angolare di acciaio
10. solaio controterra con pavimento di resina epossidica e riscaldamento radiante

Fonti bibliografiche

Malighetti L., in Arketipo n.32/2009, ilSole24ore, Milano 2009

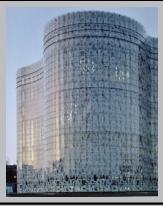
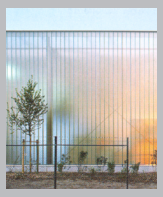
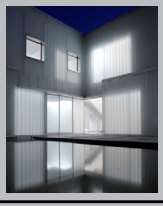
Fonti iconografiche

Foto di Paul Ott tratte da ARKETIPO 32/2009

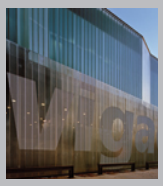
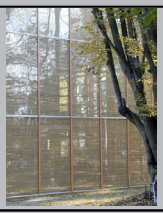
7.5 Schede di analisi dei casi rilevanti

- **Tabelle illustrative dei dati salienti di progetto dei casi di studio ritenuti rilevanti**

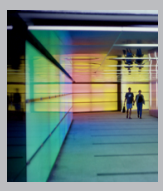
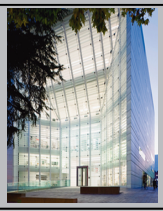
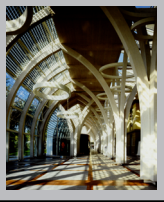
Vengono presentati qui i dati salienti dei progetti scelti come rilevanti per lo sudio, catalogati mediante sia il codice identificativo che una foto d'insieme di ogni progetto. I dati sono rappresentati attraverso tabelle a lettura orizzontale (ogni riga un progetto) per una necessaria semplificazione grafica.

CODICE	FOTO	TITOLO PROGETTO	LOCALIZZAZIONE	DATA
10V		IKMZ BTU Cottbus Information, Communications and Media Center Brandeburg Technical University	Cottbus, Germania	1998>2001; 2001>2004
11V		Edificio per appartamenti	Sebastianstrasse 6, Dornbirn, Vorarlberg - Austria	2001
12V		Stazione di Polizia ei Vigili del Fuoco	Alt-Moabit 143-145, Berlino, Germania	2002>2004
13V		John Lewis Center	Leicester, Inghilterra	2005>2008
14V		Magazzino verticale ERCO	Lüdenscheid, Germania	2000>2001
15V		Ensanche de Barcelona	Barcellona, Spagna	gennaio 2001> gennaio 2002; ottobre 2003> ottobre 2006
16V		padiglione informativo e-Bo (dette "le gocce")	Bologna, Italia	2003
17V		Residenza e sede dell'ambasciata svizzera	Washington D.C., USA	2006

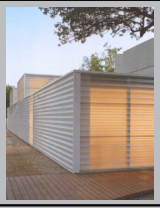
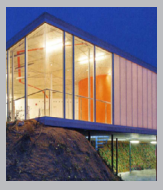
PROGETTISTA	GRUPPO DI PROGET-TAZIONE	DATI DIMENSIONALI SALIENTI	IMPRESA ESECUTRICE	PRINCIPALI RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI
Jacques Herzog & Pierre de Meuron	Harry Gugger, Christine Binswanger, Ascan Mergenthaler, Florian Marti, Massimo Corradi	sup. costruita 12.667 mq		MATERIA 50/2006 pg. 44, EL CROQUIS 129/130 2006 pg.98, Zanelli A. Campioli A., "Architettura tessile", ilSole24Ore, Milano 2009
Baumschlager & Eberle		sup. totale 700 mq		DETAIL 07/2003 pg. 778, Amber Saya "Architektur in Vorarlberg", Callwey, 2009
Sauerbruch Hutton Architekten	Sven Holzgreve, Jürgen Bartenschlag, Lara Eichwede, Matthias Fuchs, Helmut Hanle, Marcus Hsu, Daniela McCarthy	area 6.850 mq		DETAIL 10/2004 pg. 1124, THE PLAN 8/2005 pg.64, Tatano V., "Oltre la trasparenza", Officina, Roma, 2008
Foreign Office Architects/Farshid Moussavi & Alejandro Zaera Polo		sup. totale 34.000 mq		Arketipo 31/2009 pg.72, THE PLAN 37/2009 pg.139
Schneider+Schumacher	Gunilla Klinkhammer, Robert Binder, Nadja Hellentahl, Alexander Probst, Till Schneider	76,3x29,6x23 m; 1.447 mq		DETAIL 04/2004 pg. 338, AA.VV. "Atlante delle facciate", UTET, 2005
Coll & Leclerc Arquitectes		sup. totale 22.155 mq, sup. costruita 18.014 mq		Arketipo 23/2008 pg.68
MCA Architects/Mario Cucinella	Elisabeth Francis, Elena Lavezzo, Eva Cantwell, Filippo Taidelli, Fabio Andretti, Andrea Gardosi, Matteo Lucchi	200 mq	Adanti, Bologna; Vetreria Longianese, Cesena	THE PLAN 4/2003 pg.66
Steven Holl Architects-Rüssli Architekten	Olaf Schmidt, Stephen O'Dell, Mimi Kueh	23.000 mq		DETAIL 01-02/2007 pg. 55

CODICE	FOTO	TITOLO PROGETTO	LOCALIZZAZIONE	DATA
18V		Ampliamento edificio industriale	Murcia, Spagna	2006
19V		ABB Power Automation Tower	Baden, Svizzera	gennaio 1999> marzo 2000; ottobre 2000> novembre 2002
20V		Sede generale Hermès	5-4-19 Ginza, Chuo-ku, Tokyo, Giappone	primo schizzo 1998; 1998>2001
21V		Ampliamento di villa bifamiliare	Heverlee, Belgio	
22V		Istituto superiore di qualificazione professionale	Wiesbaden, Germania	1999>2001
23V		Uffici della Soprintendenza	Esslingen, Germania	2003
24V		Chiesa cattolica	Radebeul, Germania	2001
25V		Cimitero di San Biagio	Finale Ligure, Savona, Italia	2000; febbraio>luglio 2001

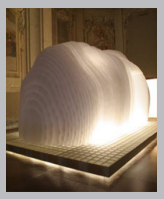
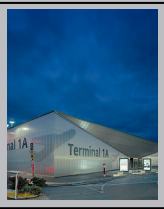
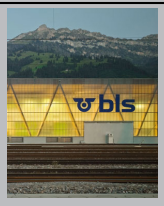
PROGETTISTA	GRUPPO DI PROGET-TAZIONE	DATI DIMENSIONALI SALIENTI	IMPRESA ESECUTRICE	PRINCIPALI RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI
Clavel Arquitectos - Luis Clavel Sainz, Manuel Clavel Rojo				DETAIL 01-02/2007 pg. 60
Diener & Diener Architekten		sup. coperta 66.840 mq; volume 252.840 mq	Raywall della Glaverbel (vetri stampati a superficie prismatica con particolari	MATERIA 41/2003 pg. 44, THE PLAN 6/2004 pg.122
Renzo Piano Building Workshop	L.Couton con G. Ducci, P.Hendier, S.Ishida, F.La Rivière e C.Kuntz, C.Colson, Y.Kyrkos	sup. totale 6.071 mq, lotto 45x11 m	ditta Seves, design Mendini Collection	MATERIA 41/2003 pg. 74, AA.VV. "Atlante delle facciate", UTET, 2005, pg.200
Bob 361 architects, Goedele Desmet, Ivo Vanhamme, Jean-Michel Culas	Gunter Slagmeulder, Jan Opdekamp, Maarten Dekoninck			DETAIL 10/2007 pg. 1136
Mahler Günster Fuchs Architekten	Florian Technau, Alexander Carl, Martina Schlude, Karin Schmid-Arnoldt			DETAIL 07/2003 pg. 781
Odilo Reutter	Markus Binder			DETAIL 04/2004 pg. 344
Staib Architekten + Günter Behnisch				DETAIL 04/2004 pg. 3358
Marco Ciarlo con Fabrizio Melano, Giampiero Negro, e Alessandro Chiossone			Nord-Ovest Italia	MATERIA 41/2003 pg. 82

CODICE	FOTO	TITOLO PROGETTO	LOCALIZZAZIONE	DATA
26V		Cube Hotel	Biberwier, Tirolo, Austria	2005>2006; 2006>2007
27V		Sottopasso pedonale	Villingen, Germania	2001
28V		Stazioni della funivia di Innsbruck	Hungerburg, Innsbruck, Austria	2004>2005; 2005>2007
29V		MUSEION-Museo di Arte Moderna e Contemporanea	Bolzano, Italia	2008
30V		Clubhouse Rohner	Fussach, Vorarlberg, Austria	1999>2000
31V		Smart House	Concreta 2002-Fiera Internazionale dei Materiali da Costruzione, Porto-Portogallo	2002
32V		Fondazione Metròpoli-Ecobox	Madrid, Spagna	aprile 2002> novembre 2003
33V		Ospedale pediatrico Meyer	Firenze, Italia	concorso 1997

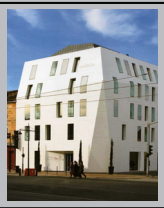
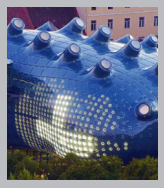
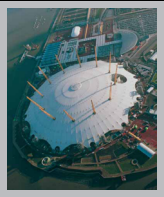
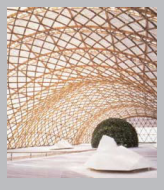
PROGETTISTA	GRUPPO DI PROGET-TAZIONE	DATI DIMENSIONALI SALIENTI	IMPRESA ESECUTRICE	PRINCIPALI RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI
Baumschlager & Eberle		sup. lorda 10.250 mq		Arketipo 27/2008 pg.104
Muffler Architekten	Andreas Scholl			DETAIL 04/2004 pg. 332
Zaha Hadid Architects, Thomas Vietzke	Jens Borstelmann, Markus Planteu	sup.coperta di tutte le stazioni 2.500 mq	Pagitz Metalltechnik Gmbh, Friesach	DETAIL 12/2007 pg. 1458, THE PLAN 25/2008 pg.136
KSV/Krueger Schuberth Vandreike	Markus Reinhardt	sup. area 8.370 mq	Schueco+Metra (facciate vetrate)	THE PLAN 34/2009 pg.105
Baumschlager & Eberle		h 8,80 m		Nerdinger W., "Baumschlager & Eberle 2002-2007", Springer-Verlag, Vienna, 2007
Fàtima Fernandes e Michele Cannatà arqs.	Filipe Alfonso, Ingride Barroso, Javier Calo, Cèlia Marques		Copivor (produzione vetro)	MATERIA 41/2003 pg. 52
Angel de Diego Rica		sup. costruita 1.770 mq		Arketipo 33/2009 pg.68
CSPE-Centro Studi Progettazione edilizia/P.Felli, A.Andreucci, R.Del Nord, G.Felle, M.Moglia, C.Lupatelli; Anshen & Allen		sup. totale: 11.823 mq ristrutturazione, 21.871 mq nuova costruzione		Arketipo 33/2009 pg.92

CODICE	FOTO	TITOLO PROGETTO	LOCALIZZAZIONE	DATA
12P		Laban Centre	Deptford - Londra, Inghilterra	1998>1999; 2000>2003
13P		Magazzino Kauffmann	Bobingen, Germania	1999
14P		Studio privato Gordillo	Madrid, Spagna	2000
15P		Stazione di risalita per seggiovia di Carmenna	Arosa, Svizzera	2000>2001
16P		Centro geriatrico "Santa Rita"	Ciutadella, Isole Baleari, Spagna	ottobre 2002> agosto 2003; marzo 2004> dicembre 2007
17P		Passivwohnhaus Dr. W.	Satteins, Feldkirch, Vorarlberg, Austria	2003
18P		Studio Valdès	Madrid, Spagna	2004
19P		Summerhouse	Stoke Newington, Londra, Inghilterra	2004

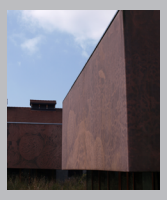
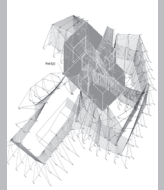
PROGETTISTA	GRUPPO DI PROGET-TAZIONE	DATI DIMENSIONALI SALIENTI	IMPRESA ESECUTRICE	PRINCIPALI RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI
Jacques Herzog & Pierre de Meuron	Harry Gugger, Christine Binswanger, Michael Casey	8.203 mq (80x40x14 m)	Rodeca (lastre in policarbonato alveolare)	DETAIL 07/2003 pg. 791, MATERIA 42/2003 pg. 90, Casabella n.710, EL CROQUIS 129/130 2006 pg.74, Zanelli A. Campioli A., "Architettura tessile", ilSole24Ore, Milano 2009, pg.205+344
Florian Nagler Architekten				AA.VV. "Atlante delle facciate", UTET, 2005, Zanelli A. Campioli A., "Architettura tessile", ilSole24Ore, Milano 2009 pg. 132
Abalos & Herreros				DETAIL 12/2002 pg. 1593, AA.VV. "Atlante delle facciate", UTET, 2005 pg.224
Bearth & Deplazes Architekten AG/Valentin Bearth, Andrea Deplazes, Daniel Ladner	Patrik Seiler			DETAIL 12/2002 pg. 1600
Manuel Ocana del Valle		sup. area: edifici 5.990 mq, giardino 6.200 mq		Arketipo 22/2008 pg.56
Walter Unterrainer				www.architekt-unterreiner.com
Antòn Garcia-Abril Ruiz	Ensamble studio, Ignacio Marì, Johannes Gramse	900 mq	Materia Inorganica-Resopal (per pannelli Lexan)	MATERIA 56/2007 pg. 136
Ullmayersylvester architects		sup. edificio 35 mq	Lexan "Venetian" (copertura in policarbonato)	THE PLAN 32/2009 pg.125

CODICE	FOTO	TITOLO PROGETTO	LOCALIZZAZIONE	DATA
20P		Padiglione temporaneo Oribe - Tee House	Installazione per il Ceramics Park Mino a Tajimi, Gifu, Giappone	2005
21P		Padiglione fieristico	Parigi, Francia	2007
22P		Fabbricato temporaneo per il Terminal A dell'aeroporto	Vienna, Austria	2009
23P		Museo d'arte temporaneo per bambini "Villa zebra"	Rotterdam, Paesi Bassi	
24P		Centro interventi e manutenzione	Frutigen, Svizzera	2005>2007
25P		Polygreen House	Northcote Melbourne, Victoria, Australia	2004>2007
26P		Museo della carta	Shizuoka - Tokyo, Giappone	2002
27P		Naked House	Kawajoe, Tokyo, Giappone	2000

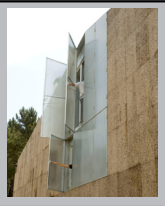
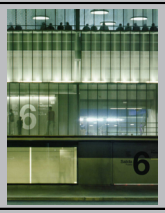
PROGETTISTA	GRUPPO DI PROGET-TAZIONE	DATI DIMENSIONALI SALIENTI	IMPRESA ESECUTRICE	PRINCIPALI RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI
Kengo Kuma & Associates				DETAIL 10/2007 pg. 1096
Anne Lacaton & Jean Philippe Vassal	Marion Cadran, Emmanuelle Delage, Benjamin Dubreu, Frédéric Hérard	16.500 mq		DETAIL 05/2008 pg. 473
Itten+Brechbühl-Baumschlager & Eberle P. ARC	Jost Kutter, Ulrike Hahn, Karin Hepp, Nicolas Prikatzti, Silke Schmitz, Alfred Sedlacek, Matthäus, Wagner Clemens Werb	51x29 m in pianta (1.400 mq)		DETAIL 10/2007 pg. 1132
XX Architecten	Jaap van Dijk, Remco Rolvink, Ramon Knoester			DETAIL 12/2002 pg. 1596
Müller & Truniger Architekten	Patrik Frei, Tobias Jost, Andrea Landolt, Eva Borer, Antje Sommerkamp, Peter Trachsel, German Kurz, Joni Schmid			DETAIL 05/2008 pg. 492
Michael Bellemo & Cat Macleod	Ashley Every	sup. edificio 155 mq	Ampelite (facciate in fibra di vetro)	THE PLAN 32/2009 pg.117
Shigeru Ban	Nobutaka Hiraga, Tadahiro Kawano, Keina Ishioka			DETAIL 07/2003 pg. 806, AA.VV. "Atlante delle facciate", UTET, 2005
Shigeru Ban		sup. lotto 151,30 MQ, SUP. COPERTA 83,34 MQ	Bunka Shutter Tokyo (elementi ribaltabili di facciata)	DETAIL 08/2001 pg. 1505

CODICE	FOTO	TITOLO PROGETTO	LOCALIZZAZIONE	DATA
28P		Asilo "Els Colors"	Manlleu, Barcelona, Spagna	2003>2004
29P		Istituto scolastico	Galisteo, Càceres, Extremadura, Spagna	2005>2006
30P		Hotel Seek'o	Bordeaux, Francia	2007
31P		Centro veterinario di confine	Spielfeld, Austria	1996>1998
32P		Kunsthaus	Graz, Austria	aprile 2000 concorso; febbraio 2002> settembre 2003
33P		Millennium Dome	Londra, Inghilterra	1996>1999; 2000
34P		padiglione giapponese EXPO	Hannover, Germania	EXPO 2000
35P		Serre "Eden Project"	Cornovaglia, Inghilterra	2001

PROGETTISTA	GRUPPO DI PROGET-TAZIONE	DATI DIMENSIONALI SALIENTI	IMPRESA ESECUTRICE	PRINCIPALI RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI
RCR Aranda Pigem Vilalta arquitectes	M.Tapies, M.Subiras, G.Rodriguez, M.Braga, F.Spratley, M.Linares, J.Torrents	927,69 mq	PT Polimer Tecnic	THE PLAN 15/2006 pg.46
MGM/Josè Morales Sànchez, sara de Giles Dubois, Juan Gonzàlez Marsical		4.026 mq	Fprma, Estructuras Domiciano Sanchez (pannelli in fibrocemento traslucido)	THE PLAN 22/2007 pg.78
Atelier d'architecture King Kong/Paul Marion, Jean-Christophe Masnada, Frederic Neau, Laurent Portjoie	Olivier Oslisio, Fontaneda Calzada David, Max Hildebrant	sup. edificio 2.300 mq	Du Pont produttore di Corian	MATERIA 58/2008 pg. 50
Wolfgang Feyferlik	Claudia Wemmers			DETAIL 12/2002 pg. 1574
Peter Cook/Colin Fournier	Dietmar Ott, Niels Jonkhans, Gernot Stangl, Gerhard Eder, Werner Riedl	superficie dell'area 13.100 mq, sup. per esposizione 2.500 mq	Zumtobel (illuminazione dell'involucro),	THE PLAN 5/2004 pg.22, Zanelli A. Campioli A., "Architettura tessile", ilSole24Ore, Milano 2009 pg.203+338
Richard Rogers Partnership	Mike Davis	100.000 mq sup. coperta	McAlpine/Laing joint venture	DETAIL 06/2000 pg. 1018
Shigeru Ban	Nobutaka Hiraga, Shigeru Hiraki, Jun Yashiki			DETAIL 06/2000 pg. 1012
Nicolas Grimshaw & Partners		323.000 sft	Folitec Group	Zanelli A. Campioli A., "Architettura tessile", ilSole24Ore, Milano 2009 pg.314, Costruire n. 216/2001

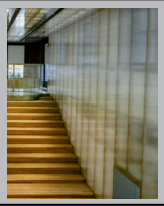
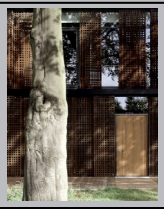
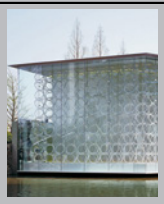
CODICE	FOTO	TITOLO PROGETTO	LOCALIZZAZIONE	DATA
36P		Museo nazionale dello spazio	Leicester, Inghilterra	2001
37P		Allianz Arena	Monaco di Baviera, Germania	2004
38P		Edificio culturale e residenziale	Pusan, Corea del Nord	2007
39P		Scultura/installazione "Aqua-Scape"	Echigo-Tsumari Exchange Center, regione di Tomakachi, Giappone	29-06-05
40P		Bueroneubau Sportplatzweg	Schwarzach, Vorarlberg, Austria	1999
41P		Museum Inatura	Dornbirn, Vorarlberg, Austria	2003
42P		Windshape	dentro il Castello del Marchese de Sade a Lacoste, Francia	2006
43P		Spidernethewood	Nimes, Francia	2007

PROGETTISTA	GRUPPO DI PROGET-TAZIONE	DATI DIMENSIONALI SALIENTI	IMPRESA ESECUTRICE	PRINCIPALI RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI
Nicholas Grimshaw & Partners Limited	Christopher Nash, Steve Ritchie, Mat Eastwood	7.600 mq		DETAIL 12/2002 pg. 1578
Jacques Herzog & Pierre de Meuron		37.600 mq sup. coperta	CenoTec	DETAIL 09/2005 pg. 950, Modulo 342/2008 pg.588, EL CROQUIS 129/130 pg.272, Zanelli A. Campioli A., "Architettura tessile", ilSole24Ore, Milano 2009 pg.308
Mass Studies	Cho Minsuk, Kisu Park, Joungwon Lee, Hynseok Jung, Sanghoon Lee, Yuong Kim, Younkyoung Shin	1.780 mq di sup. tessile utilizzata	MakMax Corea	DETAIL 05/2008 pg. 484, Zanelli A. Campioli A., "Architettura tessile", ilSole24Ore, Milano 2009 pg.266
Ryume Fujiki+Fujiki Studio, KOU::ARC	Kazuhiro Yokote, Shigemi Shimizu, Kota Segawa, Akihiko Wakamatsu, Arata Saito, Ishihara Takayuki, Masahiro Hoshida, Yukiko Sato		C-Eng Co., Nobuyuki Takaoka Nukata-gun (produttore tessuto)	DETAIL 05/2008 pg. 466, Zanelli A. Campioli A., "Architettura tessile", ilSole24Ore, Milano 2009 pg.302
Hermann Kaufmann ZT GmbH, Christian Lenz				www.kaufmann.archbuero.com
H. Kaufmann, C. Lenz, H. Dietrich, M. Untertrifaller				Amber Saya "Architektur in Vorarlberg", Callwey, 2009
nARCHITECTS/Eric Bunge, Mimi Hoang, Kazuya Katagiri, Takuya Shinoda, Shuji Suzumori	Daniela Zimmer	sup. lotto 961,91 mq, sup. edificio 75+45 mq, sup. complessiva 120 mq		MATERIA 56/2007 pg.108
R&Sie…/François Roche, Stèphanie Lavaux, Alexander Boulin, Olivier Legrand		sup. coperta 400 mq, area verde recintata 2000 mq	Tensoforma trading srl, Entratico, Italia	Zanelli A. Campioli A., "Architettura tessile", ilSole24Ore, Milano 2009, pg.28, ABITARE 475/2007 pg.123

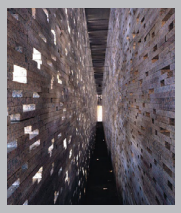
CODICE	FOTO	TITOLO PROGETTO	LOCALIZZAZIONE	DATA
10M		Palazzo di Giustizia	Poligono Industriale Larache, Ciudad Real, Spagna	2000>2001; 2002
11M		Hauptschule Laus-Weiler-Fraxern	Klaus, Vorarlberg, Austria	2003
12M		Centro specialistico di diagnosi e cura CEDT	Daimiel, Ciudad Real, Spagna	2003>2007
13M		Casa di sughero	Esposende, Portogallo	2004>2005; 2005>2007
14M		Nuovo Stadio "La Balastera"	Palencia, Spagna	2005
15M		Salt Point House	Salt Point, New York, USA	2006
16M		State Street Village	Chicago, Illinois, USA	2001>2003
17M		Casa per vacanze	Dyngby, Danimarca	2001

PROGETTISTA	GRUPPO DI PROGET-TAZIONE	DATI DIMENSIONALI SALIENTI	IMPRESA ESECUTRICE	PRINCIPALI RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI
Guillermo Vàsquez Consuegra	Joaquin Amaya, Pedro Caro, Juan Brunet	sup. edificio 16.000 mq	Alcuba	MATERIA 56/2007 pg.90
Helmut Dietrich & Much Untertrifaller				Amber Saya "Architektur in Vorarlberg", Callwey, 2009, OTTAGONO 213/2008 pg.174
ESTUDIO.ENTRESITIO Marìa Hurtado de Mandoza Wahrolén, José Maria Hurtado de Mandoza Wahrolén, César Jimènez de Tejada Benavides	Carolina Leveroni, Jorge Martinez Martin, Verena Ruhm, Raquel Fernandez	sup. complessiva 5.563 mq	UTE Arciòn Construcciones	MATERIA 61/2009, THE PLAN 26/2008 pg.90
arquitectos Anònimos/Pulo Teodosio		sup. complessiva 8.900 mq	Contrucoes Irmaos LDA Esposende	MATERIA 63/2009 pg. 118
Francisco Josè Mangado Beloqui	Josè M. Gastaldo, Koldo Fernandez, Francesca Fiorelli, Enrique Jerez, Hugo Monica, Ibon Vicinay	sup. complessiva 15.200 mq	Mabuvi (elementi in policarbonato), Jofebar (finiture metalliche di facciata)	MATERIA 54/2007
Thomas Phifer and Partners	Greg reaves, Joseph Sevene	204 mq		THE PLAN 25/2008 pg.56
Murphy/Jahn		100.000 mq, 2.800 posti letto per studenti		Ottagono 205/2007 pg.174
Claus Hermansen	Jonas Qvesel			DETAIL 08/2001 pg. 1508

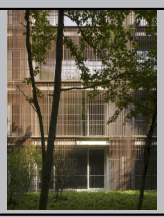
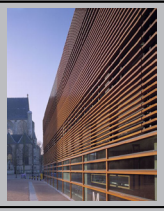
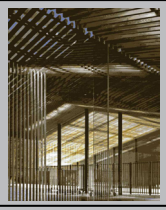
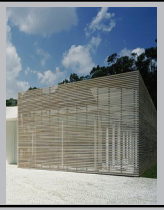
342

CODICE	FOTO	TITOLO PROGETTO	LOCALIZZAZIONE	DATA
18M		Louis Vuitton Midland Square	4-7-1 Meieki, Nakamura-ku, Nagoya, Giappone	2007
19M		Prada Stores	575 Broadway, New York/ Rodeo Drive, Los Angeles/ Market District, San Francisco - USA	2003
20M		Casa Alvano	Amburgo, Germania	1999>2000
21M		Muhr Insel	Graz, Austria	2002>2003
22M		Cappella per la celebrazione dei matrimoni - White Chapel	Osaka, Giappone	2005>2006
23M		Centro elaborazione dati di Leibniz	Garching, Germania	2002>2006
24M		Xeros Recidence	Phoenix, Arizona, USA	2009

PROGETTISTA	GRUPPO DI PROGET-TAZIONE	DATI DIMENSIONALI SALIENTI	IMPRESA ESECUTRICE	PRINCIPALI RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI
Nagaishi Architecture		sup. complessiva 867,2 mq	Takenaka Corporation	MATERIA 61/2009
OMA/Rem Koolhaas, Ole Scheeren; Timothy Archambault, Eric Chang (NY project architects); Kelly Ishida, Hilary Sample (SF project architects)				MATERIA 42/2003 pg. 76
Architekten von Gerkan, Marg und Partner		400 mq		THE PLAN 4/2003 pg.76
Acconci Studio/Vito Acconci, Zenckner & Handl/Kurt Kratzer	Dario Nunez, Stephen Roe, Peter Dorsey, Thomas Siegl ,Gia Wolff	47 m lunghezza, 19 m larghezza, capienza 300 persone	SFL	Arketipo 8/2006 pg. 60
Jun Aoki & Associates	Eiri Ota	area 262 mq		DETAIL 10/2007 pg. 1106, THE PLAN 27/2008 pg.98
Herzog+Partner/Thomas Herzog, Hanns Jörg Schrade	Schneider, Patrick Bröll, Peter Giessegi, Alexander Grund, Kirsten Braun			DETAIL 05/2007 pg. 509
Blank Studio		15x76 m, 209 mq		Arketipo 33/2009 pg.56

CODICE	FOTO	TITOLO PROGETTO	LOCALIZZAZIONE	DATA
3LP		Stone Museum	Batoumachi, Nasu, Tochigi	2000
4LP		Banca generale del Lussemburgo	Lussemburgo	2005
5LP		Biblioteca pubblica de l'Alcazar	Marsiglia, Francia	1999>2004

PROGETTISTA	GRUPPO DI PROGET-TAZIONE	DATI DIMENSIONALI SALIENTI	IMPRESA ESECUTRICE	PRINCIPALI RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI
Kengo Kuma		527,57 mq		DETAIL 03/2004
MP Architekten/Jim Clemens			Fiberstone	
Adrian Fainsilber & associes			Fiberstone	

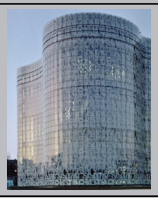
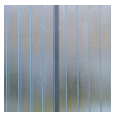
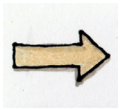
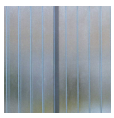
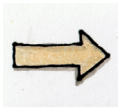
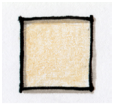
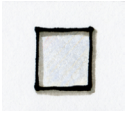
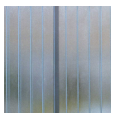
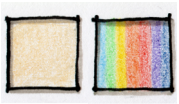
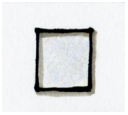
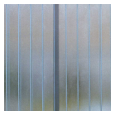
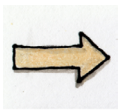
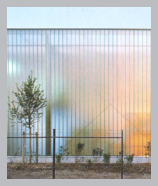
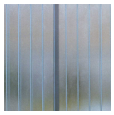
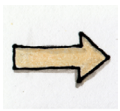
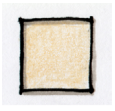
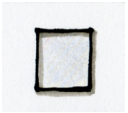
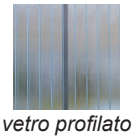
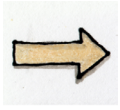
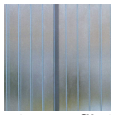
CODICE	FOTO	TITOLO PROGETTO	LOCALIZZAZIONE	DATA
5LG		Ninetree Village	Hangzhou, Cina	2004>2008
6LG		Centro culturale Canadaplein	Alkmaar, Olanda	1998>1999; 1999>2000
7LG		Hiroshige Museum of Art	Bato, Nakagawa-machi, Nasu, Tochigi, Cina	1998>2000
8LG		Great (bamboo) Wall	Beijing, Cina	2000>2002
9LG		Cattedrale "Christ the Light"	Oakland, USA	2008
10LG		Fattoria Zutphen	Zutphen, Olanda	agosto 2003>lugio 2004
11LG		Museo microbiologia	Instituto Butantan, San Paolo, Brasile	2002

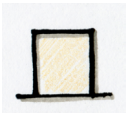
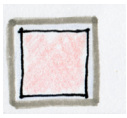
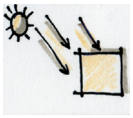
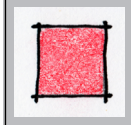
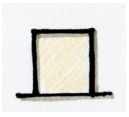
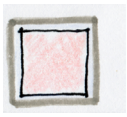
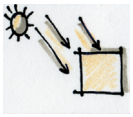
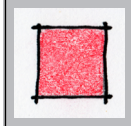
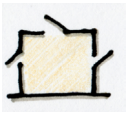
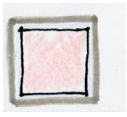
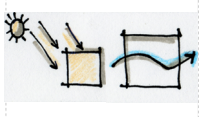
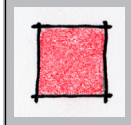
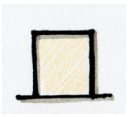
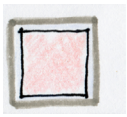
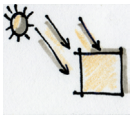
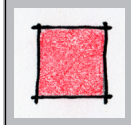
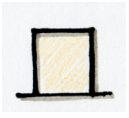
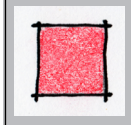
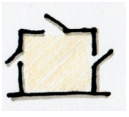
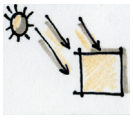
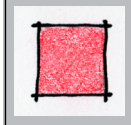
PROGETTISTA	GRUPPO DI PROGET-TAZIONE	DATI DIMENSIONALI SALIENTI	IMPRESA ESECUTRICE	PRINCIPALI RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI
David Chipperfield Architects	Christoph Bartscherer, Libin Chen, Ulrich Hannen, Christian Helfrich, Hans Krause, Mark Randel, Lijun Shen	sup. lotto 23.500 mq		MATERIA 57/2008
MECANOO architecten	Michael Tombal, Aart Fransen, Anne Busker, Toon de Wilde	area 9.050 mq, costruito 38.000 mc, 3.300 mq biblioteca, 2,500 mq scuola di jusica, 4.750 mq ristrutturazione del teatro		THE PLAN 02/2003 pg.20
Kengo Kuma		area 5.586 mq, edificio 2.188 mq, h max 6,60 m	Obayashi Corporation	AA.VV. "Atlante dei materiali", UTET, 2006
Kengo Kuma		1.931 mq area, 719,18 mq sup. coperta	Beijing Third Dwelling Architectural Engineering Company	MATERIA 42/2003, pg.50, DETAILI 05/2003
SOM -Skidmore, Owings & Merril		209.954 mq		THE PLAN 34/2009 pg.37
SEARCH/Bjarne Mastenbroek, Ad Bogerman, Elke Demyttrnaere, Remco Wieringa		superficie area 365,3 mq, superficie lorda 292 mq, superficie netta 240 mq		Arketipo 37/2009 pg.70
Marcio Kogan	Bruno Gomes, Oswaldo Pessano	500 mq	r.a. Pini	THE PLAN 02/2003 pg.84

- **Matrici di analisi dei casi ritenuti rilevanti**

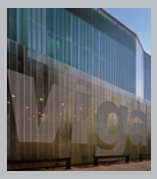
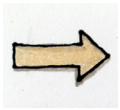
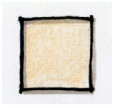
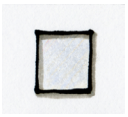
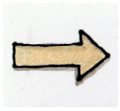
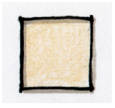
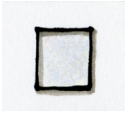
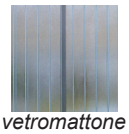
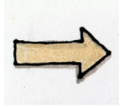
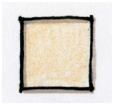
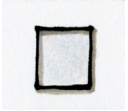
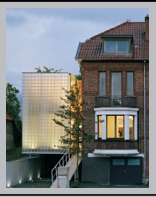
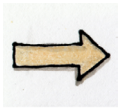
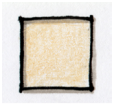
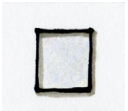
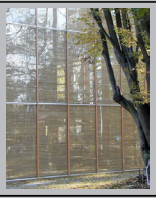
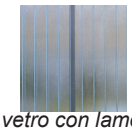
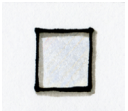
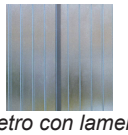
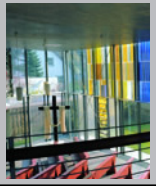
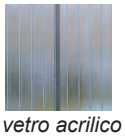
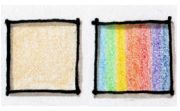
Viene qui invece affrontata l'analisi degli stessi progetti scelti come rilevanti per lo sudio, appena catalogati, secondo i parametri e gli indicatori di riferimento considerati dalla metodologia di lettura presentata dalla ricerca. I dati sono rappresentati attraverso icone rappresentante dei vari parametri di analisi, organizzate in tabelle a lettura orizzontale (ogni riga un progetto) per una necessaria semplificazione grafica.

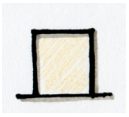
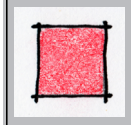
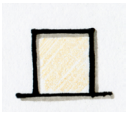
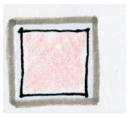
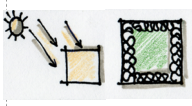
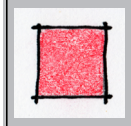
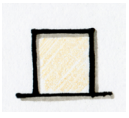
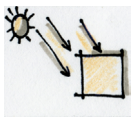
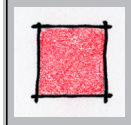
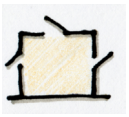
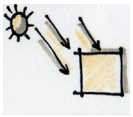
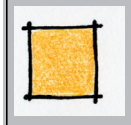
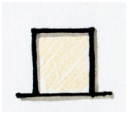
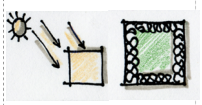
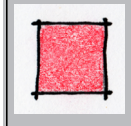
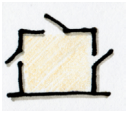
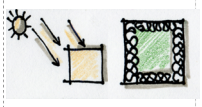
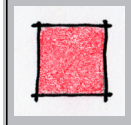
350

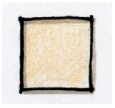
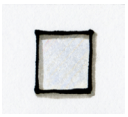
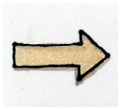
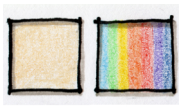
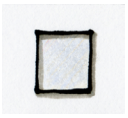
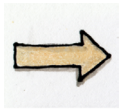
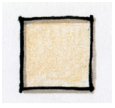
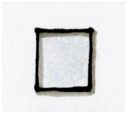
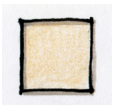
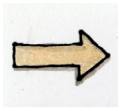
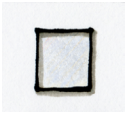
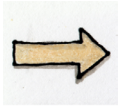
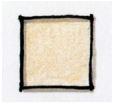
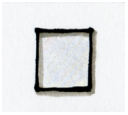
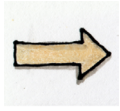
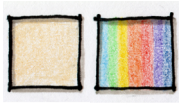
IDENTIFICATIVO		PERCEZIONE			ECONOMIA	SPAZIO
CODICE	FOTO	MATERIALE	SUPERFICIE	FILTRO	COSTO MATERIALE	FORMA
10V		 vetro serigrafato				
11V		 vetro serigrafato				
12V		 vetro serigrafato				
13V		 vetro serigrafato				
14V		 vetro profilato				
15V		 vetro profilato				
16V		 vetro profilato				
17V		vetro profilato				

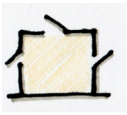
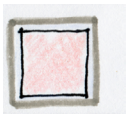
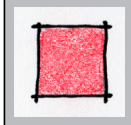
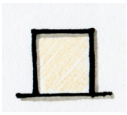
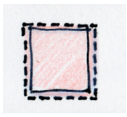
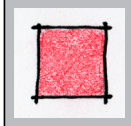
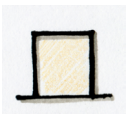
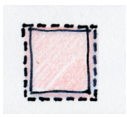
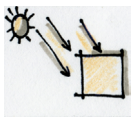
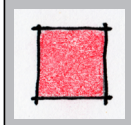
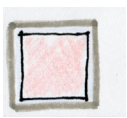
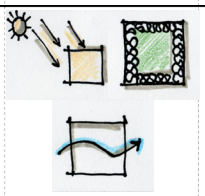
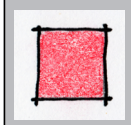
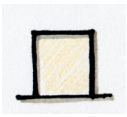
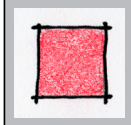
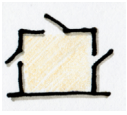
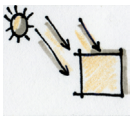
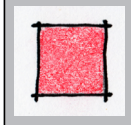
SPAZIO	TIPO	PERFORMANCE	ECO	DATI INTERVENTO			
CONFIGURAZIONE	FUNZIONE	PRESTAZIONE ENERGETICA	FINE VITA	DESTINAZIONE D'USO	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	COMMITTENZA	DURATA
				*CULTURALE*			
				*RESIDENZIALE*			
				*INFRASTRUTTURE*			
				*COMMERCIALE*			
				*COMMERCIALE*			
				*RESIDENZIALE*			
				INFRASTRUTTURE			
				RESIDENZIALE			

352

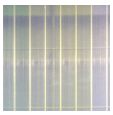
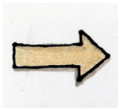
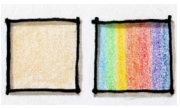
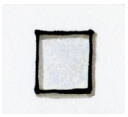
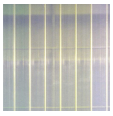
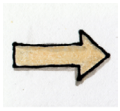
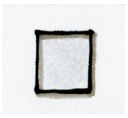
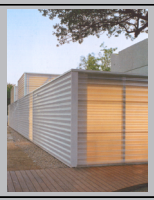
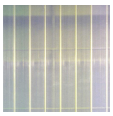
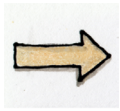
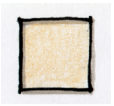
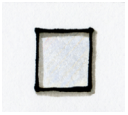
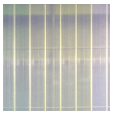
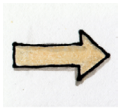
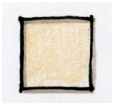
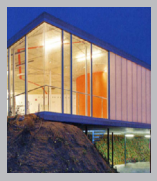
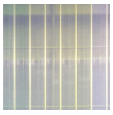
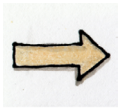
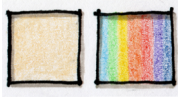
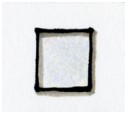
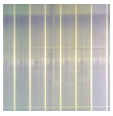
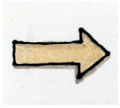
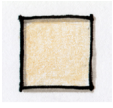
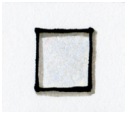
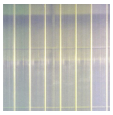
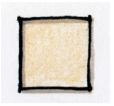
IDENTIFICATIVO		PERCEZIONE			ECONOMIA	SPAZIO
CODICE	FOTO	MATERIALE	SUPERFICIE	FILTRO	COSTO MATERIALE	FORMA
18V		 *vetro profilato*				
19V		 *vetro grezzo stampato*				
20V		 *vetromattone*				
21V		 *vetromattone*				
22V		 *vetro con lamelle*				
23V		 *vetro con lamelle*				
24V		 *vetro acrilico colorato*				
25V		*vetro acidato*				

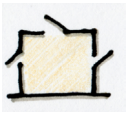
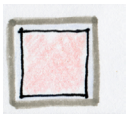
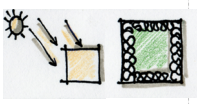
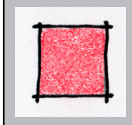
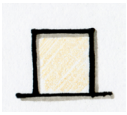
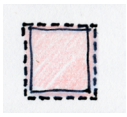
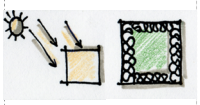
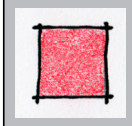
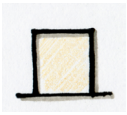
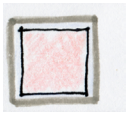
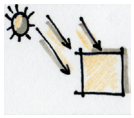
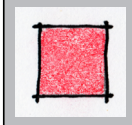
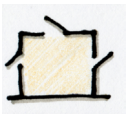
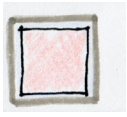
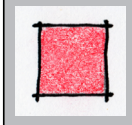
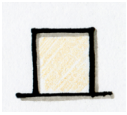
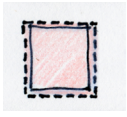
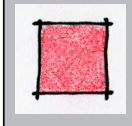
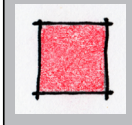
SPAZIO	TIPO	PERFORMANCE	ECO	DATI INTERVENTO			
CONFIGURAZIONE	FUNZIONE	PRESTAZIONE ENERGETICA	FINE VITA	DESTINAZIONE D'USO	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	COMMITTENZA	DURATA
				*COMMERCIALE*			
				*UFFICI*			
				*COMMERCIALE*			
				*RESIDENZIALE*			
				*DIDATTICO*			
				*UFFICI*			
				INFRASTRUTTURE			
				INFRASTRUTTURE			

IDENTIFICATIVO		PERCEZIONE			ECONOMIA	SPAZIO
CODICE	FOTO	MATERIALE	SUPERFICIE	FILTRO	COSTO MATERIALE	FORMA
26V		 vetro acidato				
27V		 vetro + PVB colorato				
28V		 vetro float curvato				
29V		 vetro satinato				
30V		 vetro satinato				
31V		 vetro profilato				
32V		 fotovoltaico				
33V		fotovoltaico				

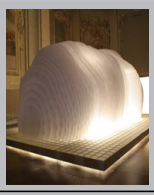
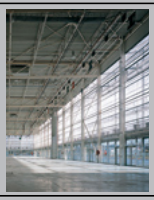
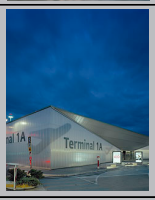
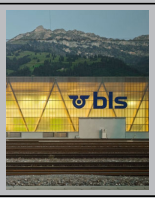
SPAZIO	TIPO	PERFORMANCE	ECO	DATI INTERVENTO			
CONFIGURAZIONE	FUNZIONE	PRESTAZIONE ENERGETICA	FINE VITA	DESTINAZIONE D'USO	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	COMMITTENZA	DURATA
				*RICETTIVO*			
				*INFRASTRUTTURE*			
				*INFRASTRUTTURE*			
				*CULTURALE*			
				*CULTURALE*			
				*RESIDENZIALE*			
				CULTURALE			
				SANITARIO			

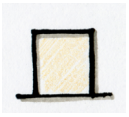
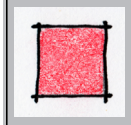
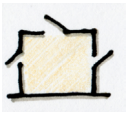
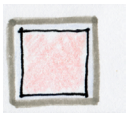
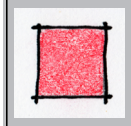
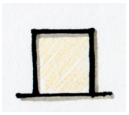
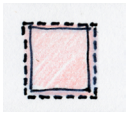
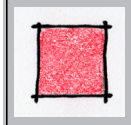
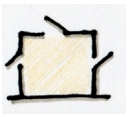
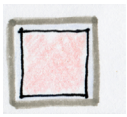
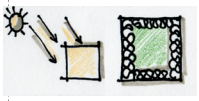
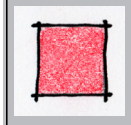
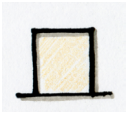
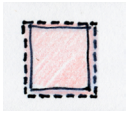
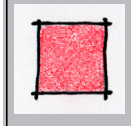
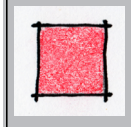
356

IDENTIFICATIVO		PERCEZIONE			ECONOMIA	SPAZIO
CODICE	FOTO	MATERIALE	SUPERFICIE	FILTRO	COSTO MATERIALE	FORMA
12P		 *scocca policarbonato*				
13P		 *scocca policarbonato*				
14P		 *scocca policarbonato*				
15P		 *scocca policarbonato*				
16P		 *scocca policarbonato*				
17P		 *scocca policarbonato*				
18P		 *scocca policarbonato*				
19P		*scocca policarbonato*				

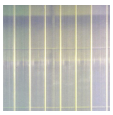
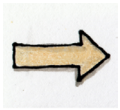
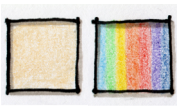
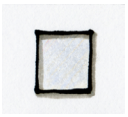
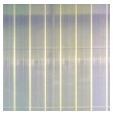
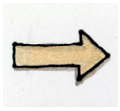
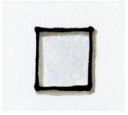
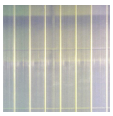
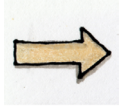
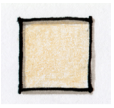
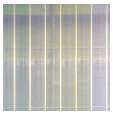
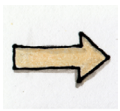
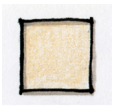
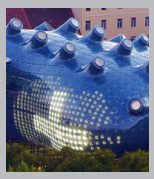
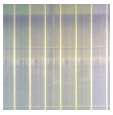
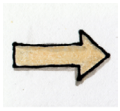
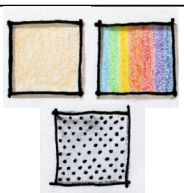
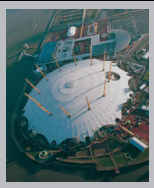
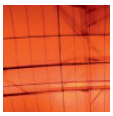
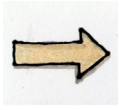
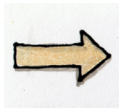
SPAZIO	TIPO	PERFORMANCE	ECO	DATI INTERVENTO			
CONFIGURAZIONE	FUNZIONE	PRESTAZIONE ENERGETICA	FINE VITA	DESTINAZIONE D'USO	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	COMMITTENZA	DURATA
				*CULTURALE*			
				*COMMERCIALE*			
				*UFFICI*			
				*INFRASTRUTTURE*			
				*SANITARIO*			
				*RESIDENZIALE*			
				UFFICI			
				RESIDENZIALE			

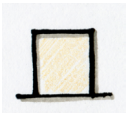
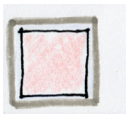
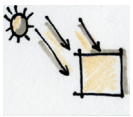
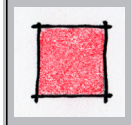
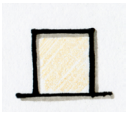
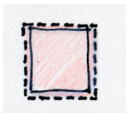
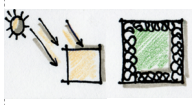
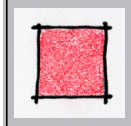
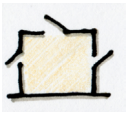
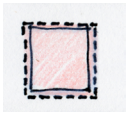
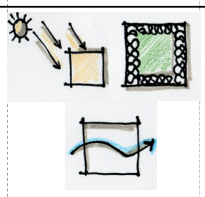
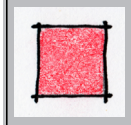
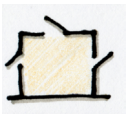
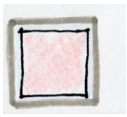
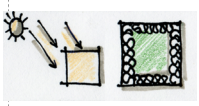
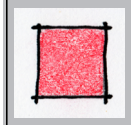
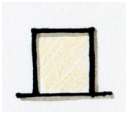
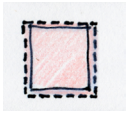
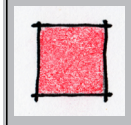
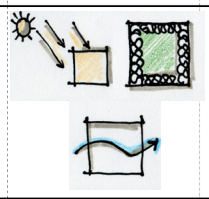
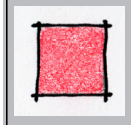
358

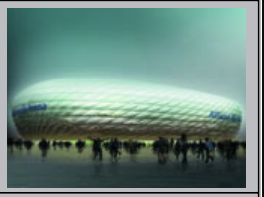
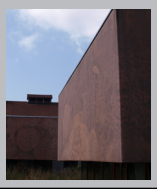
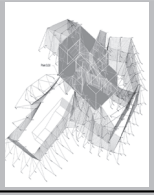
IDENTIFICATIVO		PERCEZIONE			ECONOMIA	SPAZIO
CODICE	FOTO	MATERIALE	SUPERFICIE	FILTRO	COSTO MATERIALE	FORMA
20P		*scocca policarbonato*				
21P		*scocca policarbonato*				
22P		*scocca policarbonato*				
23P		*scocca policarbonato*				
24P		*scocca policarbonato*				
25P		*scocca in fibra di vetro*				
26P		*scocca in FRP*				
27P		*scocca in fili polietilene*				

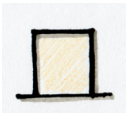
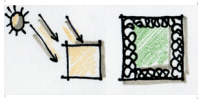
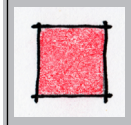
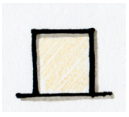
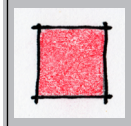
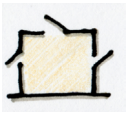
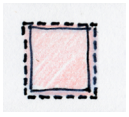
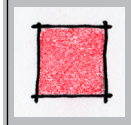
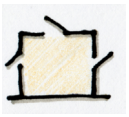
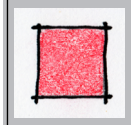
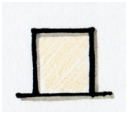
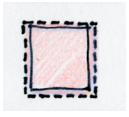
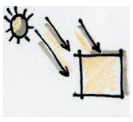
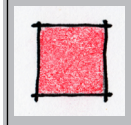
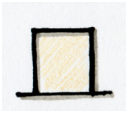
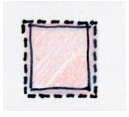
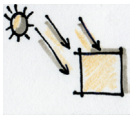
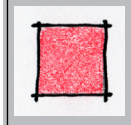
SPAZIO	TIPO	PERFORMANCE	ECO	DATI INTERVENTO			
CONFIGURAZIONE	FUNZIONE	PRESTAZIONE ENERGETICA	FINE VITA	DESTINAZIONE D'USO	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	COMMITTENZA	DURATA
				*CULTURALE*			
				*COMMERCIALE*			
				*INFRASTRUTTURE*			
				*INFRASTRUTTURE*			
				*COMMERCIALE*			
				*RESIDENZIALE*			
				CULTURALE			
				RESIDENZIALE			

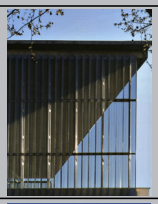
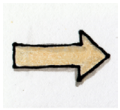
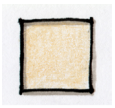
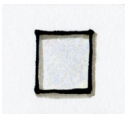
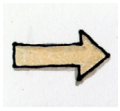
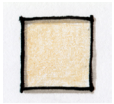
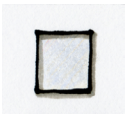
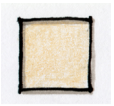
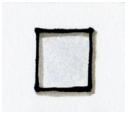
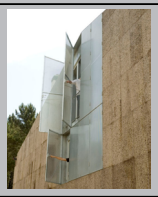
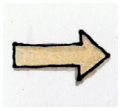
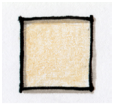
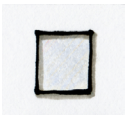
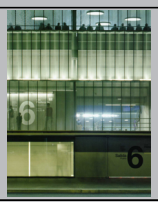
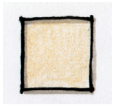
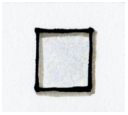
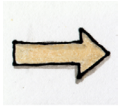
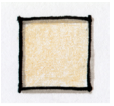
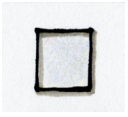
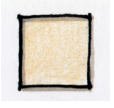
360

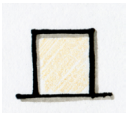
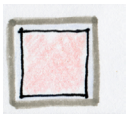
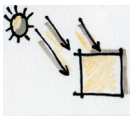
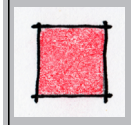
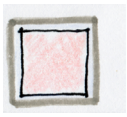
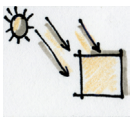
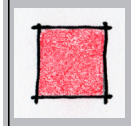
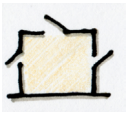
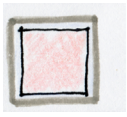
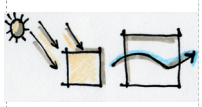
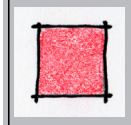
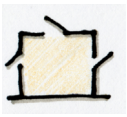
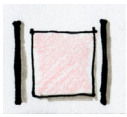
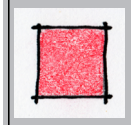
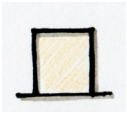
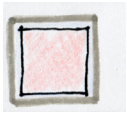
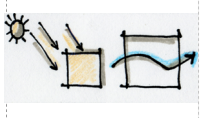
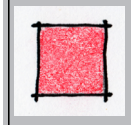
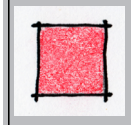
IDENTIFICATIVO		PERCEZIONE			ECONOMIA	SPAZIO
CODICE	FOTO	MATERIALE	SUPERFICIE	FILTRO	COSTO MATERIALE	FORMA
28P		 scocca policarbonato				
29P		 fibrocemento traslucido				
30P		 scocca in Corian				
31P		 scocca in PVC				
32P		 scocca in plexiglass				
33P		 membrana tessile				
34P		 membraba in pvc e carta				
35P		membrana in EFTE				

SPAZIO	TIPO	PERFORMANCE	ECO	DATI INTERVENTO			
CONFIGURAZIONE	FUNZIONE	PRESTAZIONE ENERGETICA	FINE VITA	DESTINAZIONE D'USO	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	COMMITTENZA	DURATA
				*DIDATTICO*			
				*DIDATTICO*			
				*RICETTIVO*			
				*SANITARIO*			
				*CULTURALE*			
				*CULTURALE*			
				CULTURALE			
				CULTURALE			

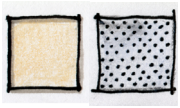
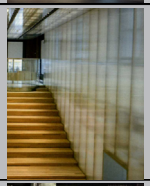
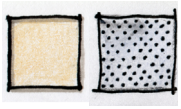
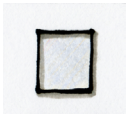
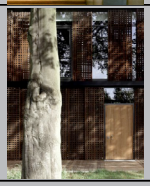
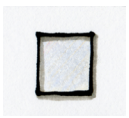
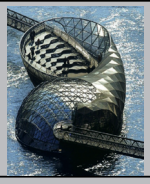
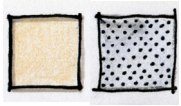
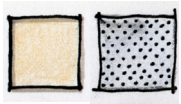
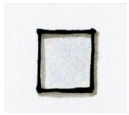
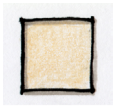
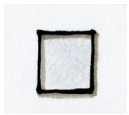
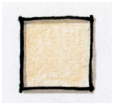
IDENTIFICATIVO		PERCEZIONE			ECONOMIA	SPAZIO
CODICE	FOTO	MATERIALE	SUPERFICIE	FILTRO	COSTO MATERIALE	FORMA
36P		membrana in EFTE				
37P		membrana in EFTE				
38P		membrana in EFTE				
39P		membrana in polietilene + scocca in policarbonato				
40P		membrana in polietilene				
41P		membrana tessile				
42P		filo in propilene				
43P		rete tesata				

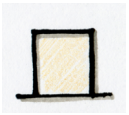
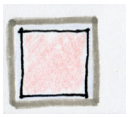
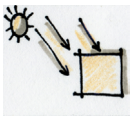
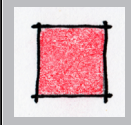
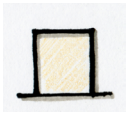
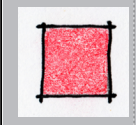
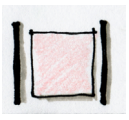
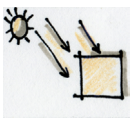
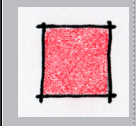
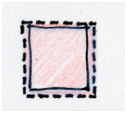
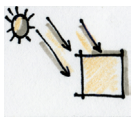
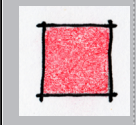
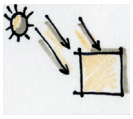
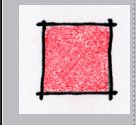
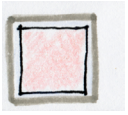
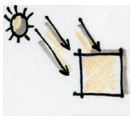
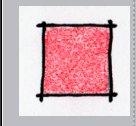
SPAZIO	TIPO	PERFORMANCE	ECO	DATI INTERVENTO			
CONFIGURAZIONE	FUNZIONE	PRESTAZIONE ENERGETICA	FINE VITA	DESTINAZIONE D'USO	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	COMMITTENZA	DURATA
				*CULTURALE*			
				*SPORTIVO*			
				*RICETTIVO*			
				*CULTURALE*			
				*UFFICI/ RESIDENZIALE*			
				*CULTURALE*			
				CULTURALE			
				RESIDENZIALE			

IDENTIFICATIVO		PERCEZIONE			ECONOMIA	SPAZIO
CODICE	FOTO	MATERIALE	SUPERFICIE	FILTRO	COSTO MATERIALE	FORMA
10M		 *lastre icroforate*				
11M		 *lastre microforate*				
12M		 *lastre icroforate*				
13M		 *lastre microforate*				
14M		 *lastre microforate*				
15M		 *lastre microforate*				
16M		 *pannelli corrugati*				
17M		*lastre preossidate*				

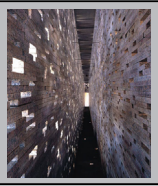
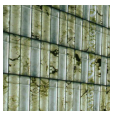
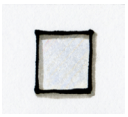
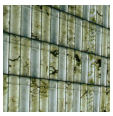
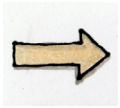
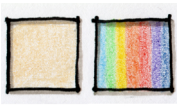
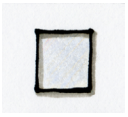
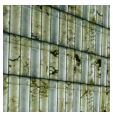
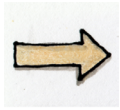
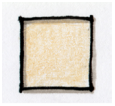
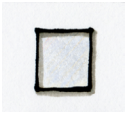
SPAZIO	TIPO	PERFORMANCE	ECO	DATI INTERVENTO			
CONFIGURAZIONE	FUNZIONE	PRESTAZIONE ENERGETICA	FINE VITA	DESTINAZIONE D'USO	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	COMMITTENZA	DURATA
				*UFFICI*			
				*DIDATTICO*			
				*SANITARIO*			
				*RESIDENZIALE*			
				*SPORTIVO*			
				*RESIDENZIALE*			
				DIDATTICO			
				CULTURALE			

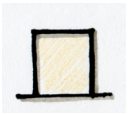
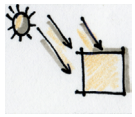
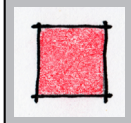
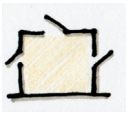
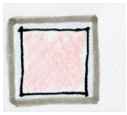
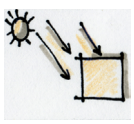
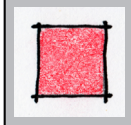
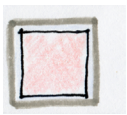
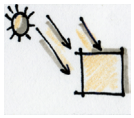
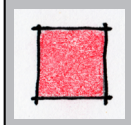
366

IDENTIFICATIVO		PERCEZIONE			ECONOMIA	SPAZIO
CODICE	FOTO	MATERIALE	SUPERFICIE	FILTRO	COSTO MATERIALE	FORMA
18M		 spirali in alluminio				
19M		 lastre preforate				
20M		 frangisole in corten				
21M		 maglia stirata				
22M		 spirali in alluminio				
23M		 spirali in alluminio				
24M		 spirali in alluminio				

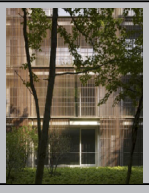
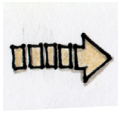
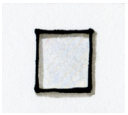
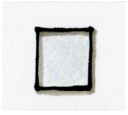
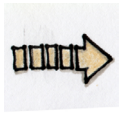
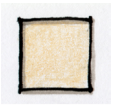
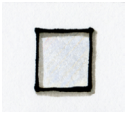
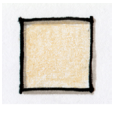
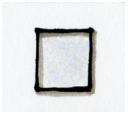
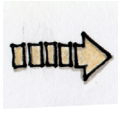
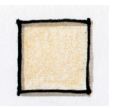
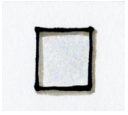
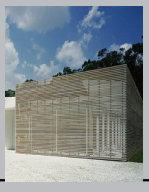
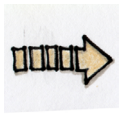
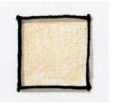
SPAZIO	TIPO	PERFORMANCE	ECO	DATI INTERVENTO			
CONFIGURAZIONE	FUNZIONE	PRESTAZIONE ENERGETICA	FINE VITA	DESTINAZIONE D'USO	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	COMMITTENZA	DURATA
				*UFFICI*			
				*COMMERCIALE*			
				*RESIDENZIALE*			
				*CULTURALE*			
				*CULTURALE*			
				*UFFICI*			
				RESIDENZIALE			

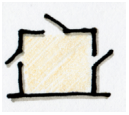
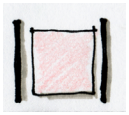
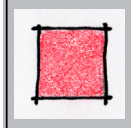
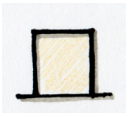
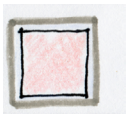
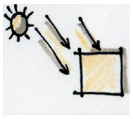
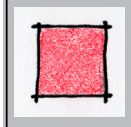
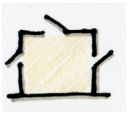
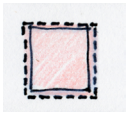
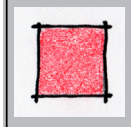
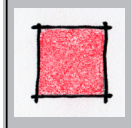
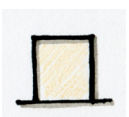
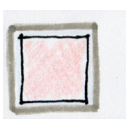
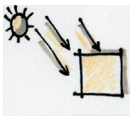
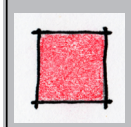
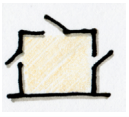
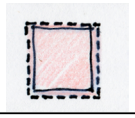
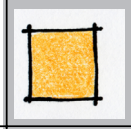
368

IDENTIFICATIVO		PERCEZIONE			ECONOMIA	SPAZIO
CODICE	FOTO	MATERIALE	SUPERFICIE	FILTRO	COSTO MATERIALE	FORMA
3LP						
4LP						
5LP						

SPAZIO	TIPO	PERFORMANCE	ECO	DATI INTERVENTO			
CONFIGURAZIONE	FUNZIONE	PRESTAZIONE ENERGETICA	FINE VITA	DESTINAZIONE D'USO	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	COMMITTENZA	DURATA
				*CULTURALE*			
				*UFFICI*			
				*DIDATTICO*			

370

IDENTIFICATIVO		PERCEZIONE			ECONOMIA	SPAZIO
CODICE	FOTO	MATERIALE	SUPERFICIE	FILTRO	COSTO MATERIALE	FORMA
5LG						
6LG						
7LG						
8LG						
9LG						
10LG						
11LG						

SPAZIO	TIPO	PERFORMANCE	ECO	DATI INTERVENTO			
CONFIGURAZIONE	FUNZIONE	PRESTAZIONE ENERGETICA	FINE VITA	DESTINAZIONE D'USO	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	COMMITTENZA	DURATA
				*RESIDENZIALE*			
				*DIDATTICO*			
				*CULTURALE*			
				*CULTURALE*			
				*CULTURALE*			
				*RESIDENZIALE*			
				CULTURALE			

- **Quadri riassuntivi suddivisi per materiale dei dati di analisi sulla totalità dei 116 casi selezionati**

Vengono quindi presentati in questa sede i dati di analisi desunti sia dalle schede circa i progetti considerati di *best practice,* che dai casi ritenuti rilevanti per lo studio. Essi vengono rappresentati attarverso l'ausilio grafico di tabelle, una per ogni tipologia di materiale analizzato (n. 5: vetro, plastiche, metalli, lapideo, legnoso/vegetale), in cui ad ogni riga è assegnato uno dei parametri di analisi, raffigurati dalle icone, e in verticale il dato di incidenza di quel parametro in riferimento prima ai soli casi di *best practice* (come indica il titolo della colonna grande nella pagina di sinistra)*,* poi ai soli rilevanti (come indica il titolo della colonna grande nella pagina di destra). Questi sono rappresentati da linee blu la cui dimensione è proporzionata al dato. Infine, nell'ultima colonna a destra è possibile leggere il dato di incidenza di quel parametro, in riferimento alla totalità di progetti analizzati per ogni tipologia di materiale.

Il dato raggiunto dall'analisi viene poi successivamente visualizzato nell'ultimo **quadro sinottico** attraverso piccoli grafici 'a torta' (con dati espressi in %). Questo ultimo elemento di lettura critica, mettendo a sistema i dati complessivi desunti dai parametri di analisi applicati ai progetti scelti, con le tipologie di materiali presi in esame, fornisce la base per le osservazioni e note di orientamento alla progettazione di involucri traslucidi affrontate nel paragrafo successivo.

MATERIALE VETRO

PARAMETRO DI ANALISI			ANALISI CASI DI *BEST PRACTICE* (in riferimento ai n.9 casi studio di best practice analizzati)
PERCEZIONE	SUPERFICIE	continua	
		discontinua	
	FILTRO	luminoso	
		colorato	
		grafico	
ECONOMIA	VALORE ECONOMICO	< € 90	
		€250>x>€90	
		> € 250	
SPAZIO	FORMA	piana	
		curva	
		libera	
	CONFIGURAZIONE	chiusa	
		trasformabile	
		aperta	
TIPO	FUNZIONE	strutturale	
		rivestimento	
		doppia pelle	
		copertura	
		integrata all'involucro	
		applicazione interna	

MATERIALE VETRO

ANALISI CASI SIGNIFICATIVI *in riferimento ai n.24 casi studio significativi analizzati*	RAPPORTO DI INCIDENZA DEL PARAMETRO
	24/33
	9/33
	33/33
	9/33
	4/33
	0/33
	28/33
	5/33
	29/33
	2/33
	2/33
	19/33
	13/33
	1/33
	19/33
	4/33
	11/33
	2/33
	0/33
	0/33

MATERIALE VETRO

PARAMETRO DI ANALISI			ANALISI CASI DI *BEST PRACTICE* *in riferimento ai n.9 casi studio di best practice analizzati*
PERFORMANCE	PRESTAZIONE ENERGETICA	*illuminazione*	
		ventilazione	
		isolamento termico	
		guadagno en.elettrica	
		guadagno en.termica	
ECO	FINE VITA	*reversibile*	
		poco reversibile	
		non reversibile	
DATI SULL'INTERVENTO	COMMITTENZA	*pubblica*	
		privata	
	TIPOLOGIA INTERVENTO	*nuova costruzione*	
		valorizzazione esistente	
	DURATA	*permanente*	
		temporaneo	
	DESTINAZIONE D'USO	*RESIDENZIALE*	
		CULTURALE	
		RICETTIVO	
		DIDATTICO	
		UFFICI	
		COMMERCIALE	
		SANITARIO	
		SPORTIVO	
		INFRASTRUTTURE	

377

MATERIALE VETRO	
ANALISI CASI SIGNIFICATIVI *in riferimento ai n.24 casi studio significativi analizzati*	**RAPPORTO DI INCIDENZA DEL PARAMETRO**
	20/33
	6/33
	12/33
	4/33
	0/33
	31/33
	2/33
	0/33
	9/33
	24/33
	29/33
	4/33
	31/33
	2/33
	6/33
	8/33
	1/33
	3/33
	4/33
	5/33
	1/33
	1/33
	7/33

MATERIALE PLASTICO

PARAMETRO DI ANALISI			ANALISI CASI DI *BEST PRACTICE* (in riferimento agli n.11 casi studio di best practice analizzati)
PERCEZIONE	SUPERFICIE	continua	
		discontinua	
	FILTRO	luminoso	
		colorato	
		grafico	
ECONOMIA	VALORE ECONOMICO	< € 90	
		€250>x>€90	
		> € 250	
SPAZIO	FORMA	piana	
		curva	
		libera	
	CONFIGURAZIONE	chiusa	
		trasformabile	
		aperta	
TIPO	FUNZIONE	strutturale	
		rivestimento	
		doppia pelle	
		copertura	
		integrata all'involucro	
		applicazione interna	

MATERIALE PLASTICO

ANALISI CASI SIGNIFICATIVI *in riferimento ai n.32 casi studio significativi analizzati*	RAPPORTO DI INCIDENZA DEL PARAMETRO
	35/43
	8/43
	43/43
	17/43
	4/43
	28/43
	14/43
	1/43
	27/43
	4/43
	12/43
	20/43
	20/43
	3/43
	11/43
	13/43
	12/43
	5/43
	2/43
	1/43

MATERIALE PLASTICO

PARAMETRO DI ANALISI			ANALISI CASI DI *BEST PRACTICE* *in riferimento agli n.11 casi studio di best practice analizzati*
PERFORMANCE	PRESTAZIONE ENERGETICA	*illuminazione*	
		ventilazione	
		isolamento termico	
		guadagno en.elettrica	
		guadagno en.termica	
ECO	FINE VITA	*reversibile*	
		poco reversibile	
		non reversibile	
DATI SULL'INTERVENTO	COMMITTENZA	*pubblica*	
		privata	
	TIPOLOGIA INTERVENTO	*nuova costruzione*	
		valorizzazione esistente	
	DURATA	*permanente*	
		temporaneo	
	DESTINAZIONE D'USO	*RESIDENZIALE*	
		CULTURALE	
		RICETTIVO	
		DIDATTICO	
		UFFICI	
		COMMERCIALE	
		SANITARIO	
		SPORTIVO	
		INFRASTRUTTURE	

381

MATERIALE PLASTICO	
ANALISI CASI SIGNIFICATIVI *in riferimento ai n.32 casi studio significativi analizzati*	**RAPPORTO DI INCIDENZA DEL PARAMETRO**
	38/43
	13/43
	27/43
	0/43
	1/43
	39/43
	4/43
	0/43
	10/43
	33/43
	40/43
	3/43
	38/43
	5/43
	13/43
	13/43
	3/43
	3/43
	2/43
	4/43
	1/43
	3/43
	3/43

MATERIALE METALLO

PARAMETRO DI ANALISI			ANALISI CASI DI *BEST PRACTICE* (in riferimento ai n.9 casi studio di best practice analizzati)
PERCEZIONE	SUPERFICIE	continua	
		discontinua	
	FILTRO	luminoso	
		colorato	
		grafico	
ECONOMIA	VALORE ECONOMICO	< € 90	
		€250>x>€90	
		> € 250	
SPAZIO	FORMA	piana	
		curva	
		libera	
	CONFIGURAZIONE	chiusa	
		trasformabile	
		aperta	
TIPO	FUNZIONE	strutturale	
		rivestimento	
		doppia pelle	
		copertura	
		integrata all'involucro	
		applicazione interna	

MATERIALE METALLO

ANALISI CASI SIGNIFICATIVI *in riferimento ai n.15 casi studio significativi analizzati*	RAPPORTO DI INCIDENZA DEL PARAMETRO
	10/24
	14/24
	23/24
	6/24
	8/24
	12/24
	11/24
	1/24
	21/24
	2/24
	1/24
	14/24
	6/24
	4/24
	0/24
	4/24
	12/24
	1/24
	7/24
	0/24

MATERIALE METALLO

PARAMETRO DI ANALISI			ANALISI CASI DI *BEST PRACTICE* *in riferimento ai n.9 casi studio di best practice analizzati*
PERFORMANCE	PRESTAZIONE ENERGETICA	*illuminazione*	
		ventilazione	
		isolamento termico	
		guadagno en.elettrica	
		guadagno en.termica	
ECO	FINE VITA	*reversibile*	
		poco reversibile	
		non reversibile	
DATI SULL'INTERVENTO	COMMITTENZA	*pubblica*	
		privata	
	TIPOLOGIA INTERVENTO	*nuova costruzione*	
		valorizzazione esistente	
	DURATA	*permanente*	
		temporaneo	
	DESTINAZIONE D'USO	*RESIDENZIALE*	
		CULTURALE	
		RICETTIVO	
		DIDATTICO	
		UFFICI	
		COMMERCIALE	
		SANITARIO	
		SPORTIVO	
		INFRASTRUTTURE	

385

MATERIALE METALLO	
ANALISI CASI SIGNIFICATIVI *in riferimento ai n.15 casi studio significativi analizzati*	**RAPPORTO DI INCIDENZA DEL PARAMETRO**
	21/24
	6/24
	1/24
	0/24
	0/24
	23/24
	1/24
	0/24
	8/24
	16/24
	23/24
	1/24
	24/24
	0/24
	6/24
	8/24
	0/24
	3/24
	5/24
	3/24
	1/24
	1/24
	0/24

MATERIALE LAPIDEO

PARAMETRO DI ANALISI			ANALISI CASI DI *BEST PRACTICE* (*in riferimento ai n.2 casi studio di best practice analizzati*)
PERCEZIONE	SUPERFICIE	*continua*	■
		discontinua	
	FILTRO	*luminoso*	■
		colorato	■
		grafico	
ECONOMIA	VALORE ECONOMICO	*< € 90*	
		€250>x>€90	
		> € 250	■
SPAZIO	FORMA	*piana*	■
		curva	
		libera	
	CONFIGURAZIONE	*chiusa*	■
		trasformabile	
		aperta	
TIPO	FUNZIONE	*strutturale*	■
		rivestimento	
		doppia pelle	■
		copertura	
		integrata all'involucro	
		applicazione interna	

MATERIALE LAPIDEO	
ANALISI CASI SIGNIFICATIVI *in riferimento ai n.3 casi studio significativi analizzati*	**RAPPORTO DI INCIDENZA DEL PARAMETRO**
	**4/5**
	**1/5**
	**5/5**
	**3/5**
	0/5
	0/5
	0/5
	**5/5**
	**5/5**
	0/5
	0/5
	**3/5**
	**2/5**
	0/5
	**3/5**
	0/5
	**2/5**
	0/5
	0/5
	0/5

MATERIALE LAPIDEO

PARAMETRO DI ANALISI			ANALISI CASI DI *BEST PRACTICE* *in riferimento ai n.2 casi studio di best practice analizzati*
PERFORMANCE	PRESTAZIONE ENERGETICA	*illuminazione*	■
		ventilazione	
		isolamento termico	■
		guadagno en.elettrica	
		guadagno en.termica	
ECO	FINE VITA	*reversibile*	
		poco reversibile	■
		non reversibile	
DATI SULL'INTERVENTO	COMMITTENZA	*pubblica*	
		privata	■
	TIPOLOGIA INTERVENTO	*nuova costruzione*	■
		valorizzazione esistente	
	DURATA	*permanente*	■
		temporaneo	
	DESTINAZIONE D'USO	*RESIDENZIALE*	
		CULTURALE	
		RICETTIVO	
		DIDATTICO	
		UFFICI	■
		COMMERCIALE	■
		SANITARIO	
		SPORTIVO	
		INFRASTRUTTURE	

389

MATERIALE LAPIDEO	
ANALISI CASI SIGNIFICATIVI *in riferimento ai n.3 casi studio significativi analizzati*	**RAPPORTO DI INCIDENZA DEL PARAMETRO**
	5/5
	0/5
	2/5
	0/5
	0/5
	3/5
	2/5
	0/5
	0/5
	5/5
	5/5
	0/5
	5/5
	0/5
	0/5
	1/5
	0/5
	1/5
	3/5
	1/5
	0/5
	0/5
	0/5

MATERIALE LEGNO

PARAMETRO DI ANALISI			ANALISI CASI DI *BEST PRACTICE* (in riferimento ai n.4 casi studio di best practice analizzati)
PERCEZIONE	SUPERFICIE	continua	
		discontinua	■
	FILTRO	luminoso	■
		colorato	■
		grafico	
ECONOMIA	VALORE ECONOMICO	< € 90	■
		€250>x>€90	■
		> € 250	
SPAZIO	FORMA	piana	■
		curva	
		libera	
	CONFIGURAZIONE	chiusa	
		trasformabile	■
		aperta	
TIPO	FUNZIONE	strutturale	
		rivestimento	
		doppia pelle	■
		copertura	
		integrata all'involucro	
		applicazione interna	

MATERIALE LEGNO	
ANALISI CASI SIGNIFICATIVI *in riferimento ai n.7 casi studio significativi analizzati*	**RAPPORTO DI INCIDENZA DEL PARAMETRO**
	0/11
	11/11
	11/11
	1/11
	0/11
	2/11
	9/11
	0/11
	10/11
	1/11
	0/11
	3/11
	7/11
	1/11
	1/11
	2/11
	7/11
	0/11
	1/11
	0/11

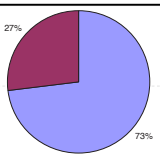
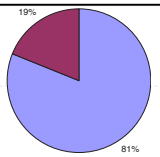
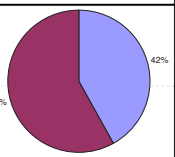
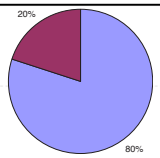
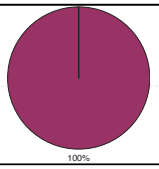
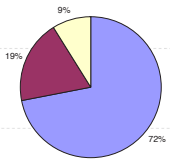
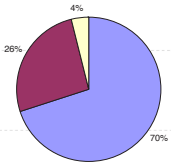
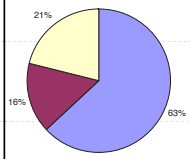
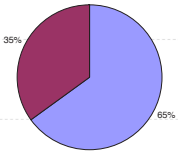
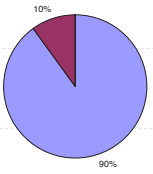
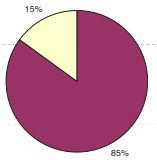
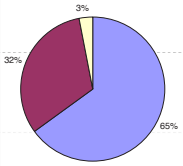
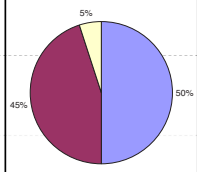
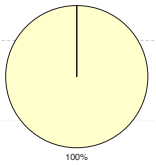
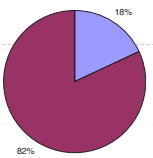
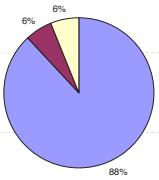
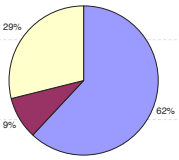
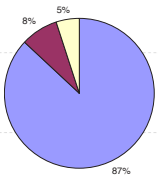
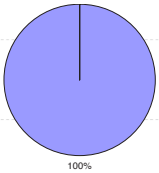
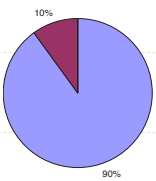
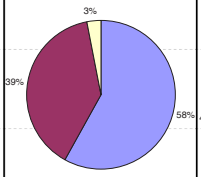
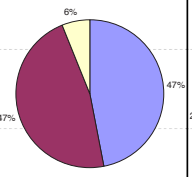
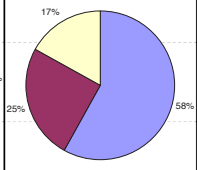
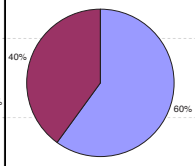
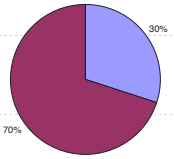
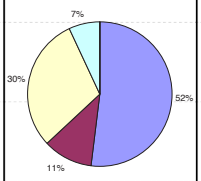
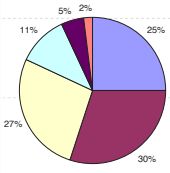
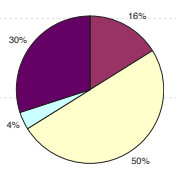
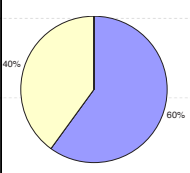
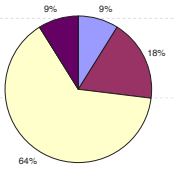
MATERIALE LEGNO

PARAMETRO DI ANALISI			ANALISI CASI DI *BEST PRACTICE* *in riferimento ai n.4 casi studio di best practice analizzati*
PERFORMANCE	PRESTAZIONE ENERGETICA	*illuminazione*	
		ventilazione	
		isolamento termico	
		guadagno en.elettrica	
		guadagno en.termica	
ECO	FINE VITA	*reversibile*	
		poco reversibile	
		non reversibile	
DATI SULL'INTERVENTO	COMMITTENZA	*pubblica*	
		privata	
	TIPOLOGIA INTERVENTO	*nuova costruzione*	
		valorizzazione esistente	
	DURATA	*permanente*	
		temporaneo	
	DESTINAZIONE D'USO	*RESIDENZIALE*	
		CULTURALE	
		RICETTIVO	
		DIDATTICO	
		UFFICI	
		COMMERCIALE	
		SANITARIO	
		SPORTIVO	
		INFRASTRUTTURE	

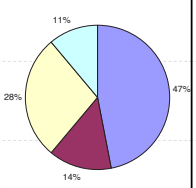
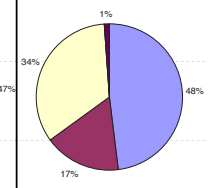
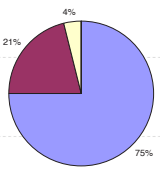
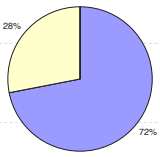
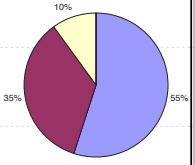
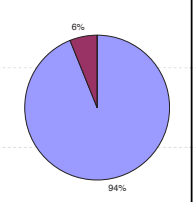
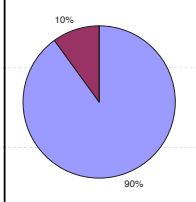
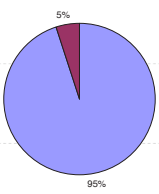
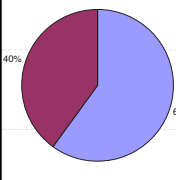
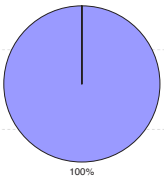
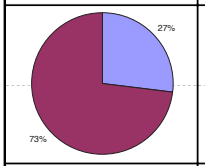
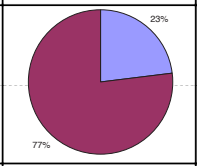
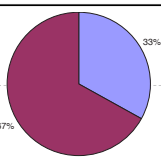
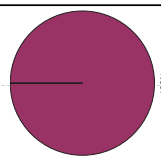
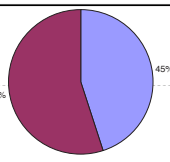
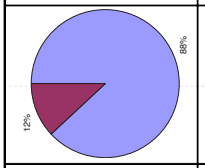
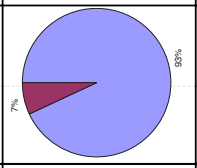
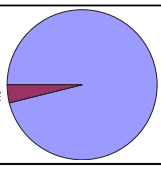
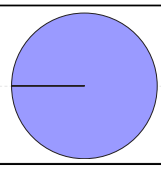
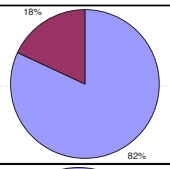
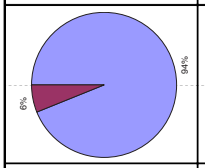
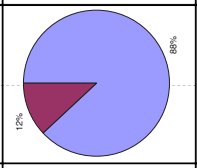
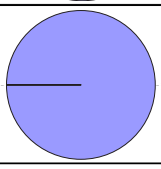
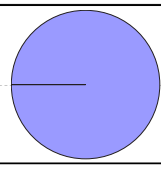
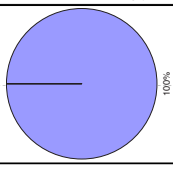
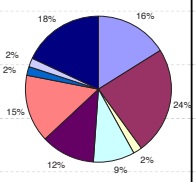
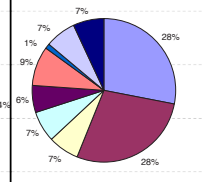
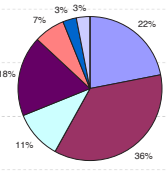
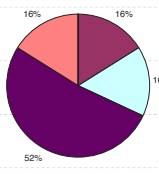
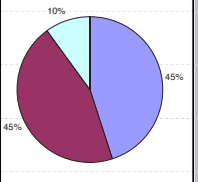
393

MATERIALE LEGNO	
ANALISI CASI SIGNIFICATIVI *in riferimento ai n.7 casi studio significativi analizzati*	**RAPPORTO DI INCIDENZA DEL PARAMETRO**
	11/11
	7/11
	2/11
	0/11
	0/11
	11/11
	0/11
	0/11
	5/11
	6/11
	9/11
	2/11
	11/11
	0/11
	5/11
	5/11
	0/11
	1/11
	0/11
	0/11
	0/11
	0/11
	0/11

QUADRO SINOTTICO DI SINTESI DEI DATI DI ANALISI

PARAMETRO DI ANALISI			MATERIALI VETROSI	MATERIALI PLASTICI	MATERIALI METALLICI	MATERIALI LAPIDEI	MATERIALI LEGNOSI
PERCEZIONE	SUPERFICIE	continua					
		discontinua					
	FILTRO	luminoso					
		colorato					
		grafico					
ECONOMIA	VALORE ECONOMICO	< € 90					
		€250>x>€90					
		> € 250					
SPAZIO	FORMA	piana					
		curva					
		libera					
	CONFIGURAZIONE	chiusa					
		trasformabile					
		aperta					
TIPO	FUNZIONE	strutturale					
		rivestimento					
		doppia pelle					
		copertura					
		integrata all'involucro					
		applicazione interna					

QUADRO SINOTTICO DI SINTESI DEI DATI DI ANALISI

MATERIALI VETROSI	MATERIALI PLASTICI	MATERIALI METALLICI	MATERIALI LAPIDEI	MATERIALI LEGNOSI	PARAMETRO DI ANALISI		
					illuminazione ventilazione isolamento termico guadagno en.elettrica guadagno en.termica	PRESTAZIONE ENERGETICA	PERFORMANCE
					reversibile poco reversibile non reversibile	FINE VITA	ECO
					pubblica privata	COMMITTENZA	DATI SULL'INTERVENTO
					nuova costruzione valorizzazione esistente	TIPOLOGIA INTERVENTO	
					permanente temporaneo	DURATA	
					RESIDENZIALE CULTURALE RICETTIVO DIDATTICO UFFICI COMMERCIALE SANITARIO SPORTIVO INFRASTRUTTURE	DESTINAZIONE D'USO	

7.6 Note di orientamento ed indicazioni progettuali sintetiche per il progettista dell'involucro traslucido: dai tipi al progetto

La ricerca quindi, condotta attraverso l'analisi di casi studio tratti dal panorama internazionale dell'architettura contemporanea, tenta di dare una lettura quanto più completa dei possibili percorsi di innovazione tecnologica, sia di natura produttiva che di sistema, che il tema oggetto di indagine suggerisce.
Per dare infatti un quadro d'insieme, sufficientemente completo, dell'attuale attitudine dei progettisti alla traslucenza nella realizzazione di involucri architettonici, sono stati presi in esame in totale **116 casi studio** di riferimento. Di questi **35 casi** sono stati ritenuti casi di *best practice* in quanto espressioni d'innovazione per la qualità tecnologica raggiunta tramite i materiali utilizzati per la traslucenza, trasferita all'involucro, in riferimento a valutazioni sia di natura percettiva che prestazionale.
I restanti **81 casi** sono stati ritenuti *rilevanti* per lo studio, in quanto capaci di offrire una visione non troppo ristretta del tema, affrontando e permettendo la classificazione di una ragguardevole varietà di soluzioni in riferimento alle alternative possibili.
In questo modo si è cercato, da un lato, di presentare le caratteristiche tecniche maggiormente espressive dell'attuale panorama dei materiali innovativi per l'involucro traslucido, unitamente alle soluzioni applicative più note per tale tipologia di involucro, dall'altro di rendere palese anche quantitativamente la tendenza sempre più marcata all'uso di superfici edilizie sia percettivamente sempre più leggere ed 'evanescenti', che efficaci nell'incremento qualitativo prestazionale.
L'analisi condotta poggia le sue basi per la classificazione dei casi studio sulla precisazione delle principali tipologie di materiali identificate inizialmente dalla ricerca. Più precisamente sono stati analizzati:
- 43 casi studio di involucri traslucidi realizzati sono stati scelti a rappresentazione delle applicazioni tecnologiche a base di prodotti in **vetro**, di questi 11 sono stati trattati come casi di *best practice*;
- 33 casi studio di involucri traslucidi realizzati sono stati scelti a rappresentazione delle applicazioni tecnologiche a base di prodotti in **materiali plastici**, di questi 9 sono stati trattati come casi di *best practice*;
- 24 casi studio di involucri traslucidi realizzati sono stati scelti a rappresentazione delle applicazioni tecnologiche a base di prodotti in **metallo**, di questi 9 sono stati trattati come casi di *best practice*;

- 5 casi studio di involucri traslucidi realizzati sono stati scelti a rappresentazione delle applicazioni tecnologiche a base di prodotti in **materiali lapidei**, di questi 2 sono stati trattati come casi di *best practice*;
- 11 casi studio di involucri traslucidi realizzati sono stati scelti a rappresentazione delle applicazioni tecnologiche a base di prodotti in **materiali legnosi/vegetali**, di questi 4 sono stati trattati come casi di *best practice*.

Ogni caso studio è stato quindi oggetto di analisi, secondo i criteri di lettura individuati precedentemente (paragrafo 7.2). I risultati ottenuti sono stati raccolti ed incrociati nel quadro sinottico finale, che esprime quindi sinteticamente la valenza dei vari parametri per ogni tipologia specifica di materiale. Ciò ha consentito, attraverso una lettura incrociata dei dati, la comprensione e la comunicazione delle principali tendenze progettuali che pervadono la disposizione di superfici traslucide di frontiera. Di qui la proposizione sintetica di linee guida progettuali, ad uso dei progettisti, per una scelta di ottimizzazione, in base alle esigenze dettate dal progetto, del più efficace rapporto possibile fra tipologia di materiale, risultati percettivi e prestazione complessiva d'involucro.

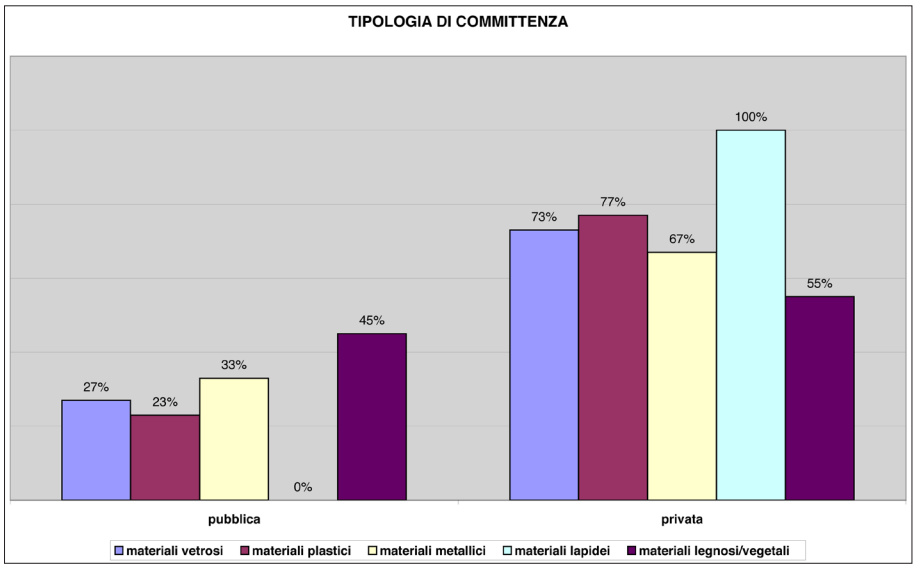
Di seguito quindi vengono enunciate le valutazioni emerse dalla lettura critica dei dati di analisi, che hanno portato alla delineazione delle linee di orientamento per il progetto di involucri traslucidi.

Considerazioni in merito alle tipologie di intervento

Analizzando gli elementi caratterizzanti le connotazioni degli interventi analizzati, che prevedono involucri traslucidi, pare utile dare un quadro di insieme delle condizioni in cui generalmente esso nasce.

Committenza

A tal proposito è interessante sottolineare come la committenza sia costituita principalmente da soggetti privati (circa il 70%). Questo dato evidenzia come l'uso di traslucenza in architettura sia ritenuto una possibilità applicativa a vantaggio di una rappresentatività e riconoscibilità di intervento più consona a soggetti privati, che a investimenti di tipo pubblico. Essa risulta essere quindi sempre più apprezzata principalmente per le sue potenzialità espressive, ma anche per la capacità d'incremento prestazionale ottenuto attraverso una corretta progettazione di soluzioni tecnologicamente innovative. Quest'ultimo aspetto è d'interesse soprattutto per i tecnici, che possono giustificare così meglio i maggiori oneri costruttivi quando presenti.



Istogramma di lettura dei dati in merito alla tipologia di committenza riferiti alle varie categorie di materiali analizzati.



Istituto di arti e scienze umanistiche di Grenoble, 2001 - caso studio 1P.
Committenza pubblica/università.



MUMUTH a Graz, 2008 - caso studio 1M.
Committenza pubblica/amministrazione pubblica per spazi culturali.

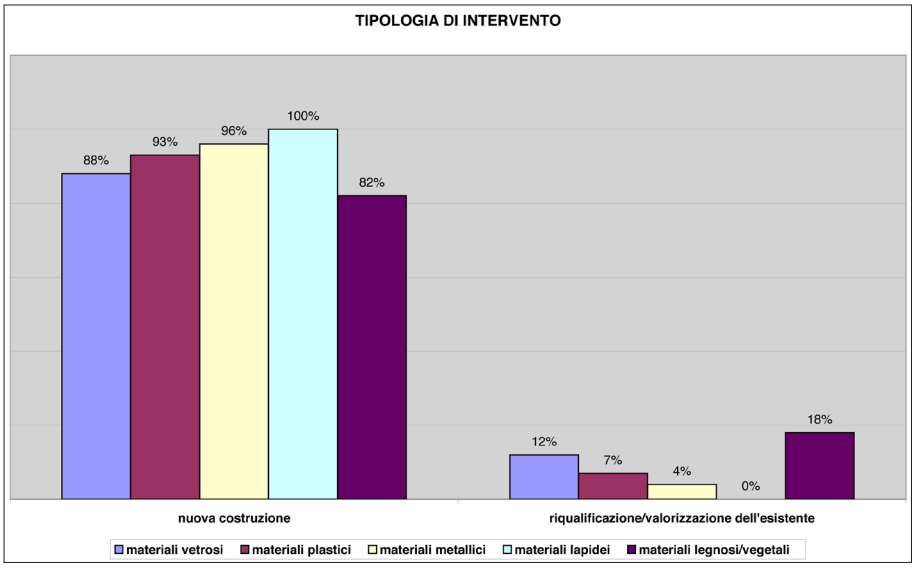
Il dato riguardante quelli che sono stati gli investimenti pubblici per la realizzazione di involucri architettonici traslucidi, seppure minore in quantità, denota un particolare interesse suscitato dalla possibile unione fra potenzialità espressive e di miglioramento prestazionale mediante l'applicazione di tale tipologia di involucro, soprattutto da parte di soggetti quali le università e le amministrazioni pubbliche per la realizzazione di spazi di grande visibilità pubblica o di cultura, spesso in interventi in cui la traslucenza diventa *trait d'union* tra nuovo ed esistente, oppure 'manifesto' di nuove costruzioni. Ne sono esempi, fra i casi analizzati, da un lato il progetto per l'Istituto universitario di arti e scienze umanistiche a Grenoble (progetto di Anne Lacaton & Lean Philippe Vassal, scheda 1P - casi di *best practice),* in cui nell'intervento di ampliamento del polo universitario l'intero complesso è stato collegato, al piano primo, tramite una doppia pelle semitrasparente in pannelli di policarbonato ondulato (gli edifici si aprono sul campus e sull'ambiente circostante attraverso le sue facciate traslucide); dall'altro il MUMUTH -'Casa della musica e auditorium' a Graz in Austria (progetto di UNStudio, scheda 1M - casi di *best practice)*, che rappresenta l'ulteriore sperimentazione architettonica di frande innovazione tecnologica per questa cittadina austriaca.

Motivazione d'uso e connotazione del tipo di applicazione

Il maggior numero di progetti di involucri traslucidi, come facilmente presumibile anche in partenza, riguarda interventi di nuova costruzione (90%), ma è il 10% osservato che induce a credere in un incremento nell'utilizzazione di soluzioni di involucro traslucido anche sull'esistente sia in interventi di ampliamento, in un'interessante dialettica fra nuovo/

traslucido ed esistente, sia di riqualificazione. A tale proposito emerge come, soprattutto in interventi di riqualificazione o riuso di edifici esistenti, la scelta progettuale per l'applicazione di un nuovo involucro traslucido, integrato o giustapposto all'esistente, offre molteplici soluzioni di valorizzazione espressiva del manufatto e di miglioramento della prestazione energetica, oltre che la possibilità di un notevole contenimento dei costi.

A testimonianza di questa potenzialità rilevata un esempio notevole è rappresentato dal 'Blur Hotel' a Beijing (scheda 6P casi di *best practice*) realizzato dallo Studio Pei, dove attraverso l'uso di un involucro in FRP sovrapposto all'esistente (materiale d'involucro che, rispetto ad altri, offre il vantaggio di accoppiare una leggerezza specifica ed un basso costo di manutenzione)si ottengono ottime performance strutturali oltre che ad una notevole resistenza alla corrosione ed agli agenti atmosferici.



Istogramma di lettura dei dati in merito alla tipologia di intervento riferiti alle varie categorie di materiali analizzati.

Le attitudini citate di versatilità dell'alternativa progettuale ritornano evidenti anche nel caso del 'Centrum Bavaria Bohemia' a Schönsee (scheda 5V casi di *best practice*), che ha visto il recupero e l'ampliamento di una vecchia fabbrica di birra trasformata in un interessante centro culturale, landmark nel territorio, reso tale dall'equilibrio fra nuovo e antico, fra volume massivo in pietra e nuovo ampliamento in vetro serigrafato, fra tecnologia locale per la produzione artigianale delle tegole in vetro e l'innovazione illuminotecnica della retroilluminazione con led colorati.

E' interessante osservare che l'involucro traslucido, sia nel caso di progetti di nuove costruzioni, o anche per interventi di recupero dell'esistente, è attuato in un'ottica di durata del prodotto architettonico.

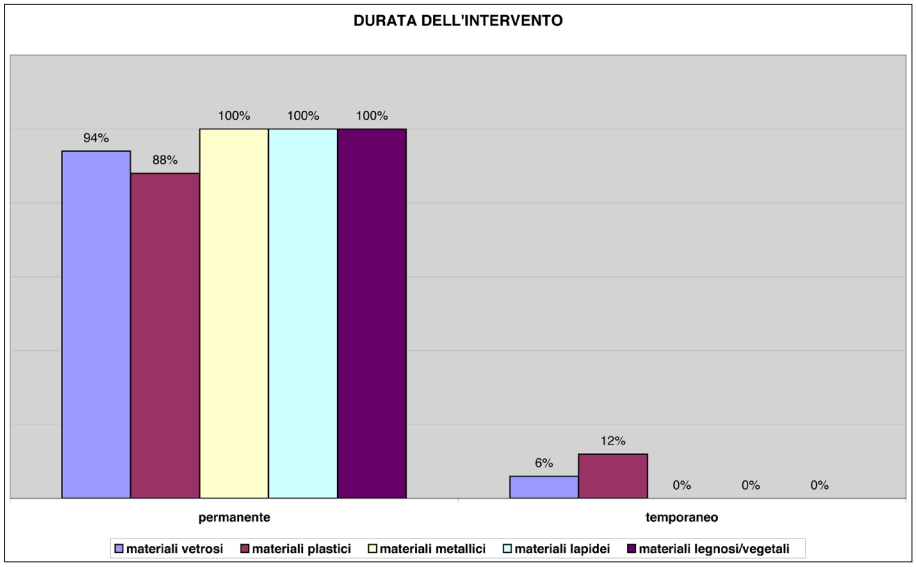


Blur Hotel a Beijing, 2006 - caso studio 6P. Intervento di riqualificazione dell'esistente.



Centrum Bavaria Bohemia, Schonsee, 2006 - caso studio 5V. Intervento di ampliamento e riuso dell'esistente.

Ciò è avvalorato dal fatto che la maggior parte degli interventi (95%) riguarda edifici classificabili come 'permanenti', di cui cioè è stato stimato un tempo di vita pressoché illimitato (con i previsti programmi di manutenzione).
Al pari è interessante sottolineare come gli interventi definiti



Istogramma di lettura dei dati in merito alla durata dell'intervento riferiti alle varie categorie di materiali analizzati.

'temporanei', progettati dichiaratamente quindi per un tempo d'uso limitato (soprattutto padiglioni, installazioni, ecc), risultino in numero più limitato, ma probabilmente in crescita, esempi come per esposizioni e per installazioni artistiche temporanee; di fatto - come da limitazioni iniziali del lavoro - al di fuori dello studio e imperniate sulla trasposizione della traslucenza a partizioni interne degli edifici.
Accomunandoli tuttavia al tema, si osserva che vengono principalmente realizzati in materiali plastici, sia in scocche rigide che in membrane, grazie alla versatilità formale ed espressiva intrinseca di tali materiali, unita alla semplicità di produzione, trasporto e montaggio di elementi facilmente assemblabili in loco (cfr. Padiglione espositivo giapponese all'EXPO2000 di Hannover di Shigeru Ban in pvc e carta - scheda 34P casi significativi -, o ancora l'installazione "Aqua-Scape" in membrana di polietilene e lastre in policarbonato - scheda 39P casi significativi -).





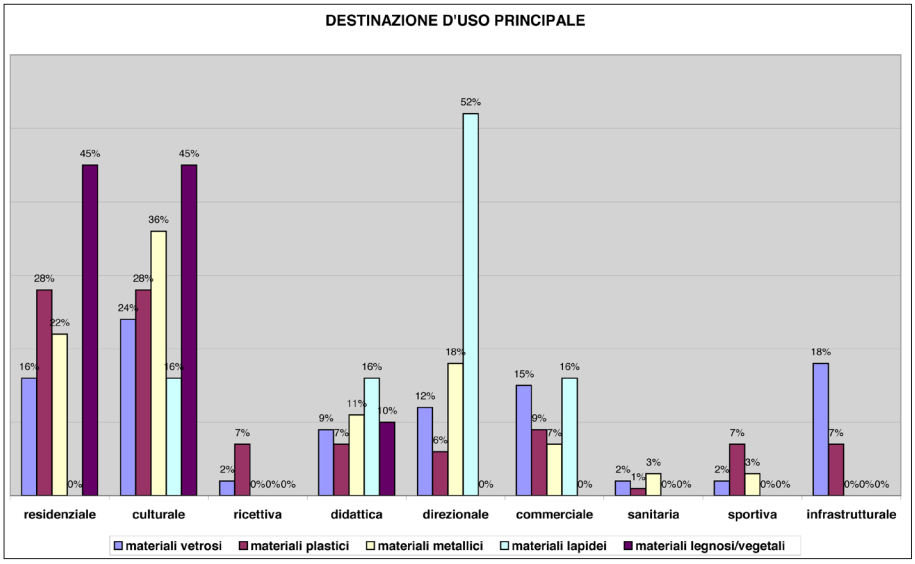
Padiglione EXPO2000 ad Hannover - caso studio 34P, e "Aqua Scape" - caso studio 39P. Installazioni temporanee.

Destinazioni d'uso d'elezione

Anche l'analisi delle destinazioni d'uso principali di edifici a cui vengono applicate involucri traslucidi evidenzia come tale tipologia di 'pelle' architettonica, in virtù delle grandi potenzialità espressive proprie delle soluzioni innovative connotanti, sia scelta soprattutto per edifici di carattere prevalentemente culturale/direzionale (cfr. Museo d'arte Nelson Atkins di Steven Holl - scheda 1V casi di *best practice*

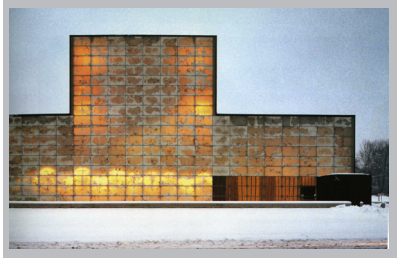
-, e il nuovo centro della Deutsche Bundesbank a Chemnitz - scheda 2LP casi di *best practice* -) ma anche di tipo commerciale. I *brand* di maggiore successo trasformano queste superfici in efficacissimi scintillanti e raffinati strumenti pubblicitari. Il progettista che si accinge quindi a realizzare involucri,ambendo a crearli tali da essere poi facilmente riconoscibili essi stessi come emblema della ditta che devono rappresentare sul territorio, può sbizzarrirsi in soluzioni particolarissime per la realizzazione della 'pelle' edilizia. Pelle che sostituisce in maniera molto più raffinata il richiamo della scritta al neon lanciata dalla pop-art di un tempo, divenendo essa stessa messaggio pubblicitario, sempre più globalizzato per la committenza. A questo scopo sempre più gli accostamenti o la sovrapposizione di trame materiche differenti valorizzate da espressivi giochi di luce, naturale di giorno ed artificiale di notte (cfr. Flagship store REISS a Londra - scheda 7V casi di *best practice* -, e il Luois Vuitton store a Tokyo - scheda 7M casi di *best practice* -).

Considerazioni di ordine economico



E' inoltre utile evidenziare anche che, attualmente, risulta particolarmente interessante a livello progettuale l'uso sperimentale di materiali traslucidi in interventi in ambito residenziale, soprattutto in progetti 'a basso costo', adatto ad una committenza prevalentemente privata, nell'ottica di una sperimentazione su piccola scala, ma di forte impatto percettivo a costi particolarmente contenuti. L'attuale tendenza di sperimentazione in architettura nel campo *low cost,* riguardo materiali e soluzioni applicative, infatti trova riscontro soprattutto nelle numerose realizzazioni di involucri traslucidi che utilizzano prodotti plastici (65% dei casi con costi < € 90/mq*) o metallici (50% < € 90/





Museo Nelson Atkin a Kansas City, 2004- caso studio 1V, a destinazione d'uso culturale, e i nuovi uffici della Deutsche Bundes Bank a Chemnitz, 2004 - caso studio 2PL.

Istogramma di lettura dei dati in merito alla destinazione d'uso principale dei progetti riferiti alle varie categorie di materiali analizzati.





Flagship REISS a Londra, 2008 - caso studio 7V, e Louis Vuitton Store a Tokyo, 2004 - caso studio 7M. Involucri per edifici a destinazione d'uso commerciale.

Istogramma di lettura dei dati in merito alla valutazione economica riferita alle varie categorie di materiali analizzati.



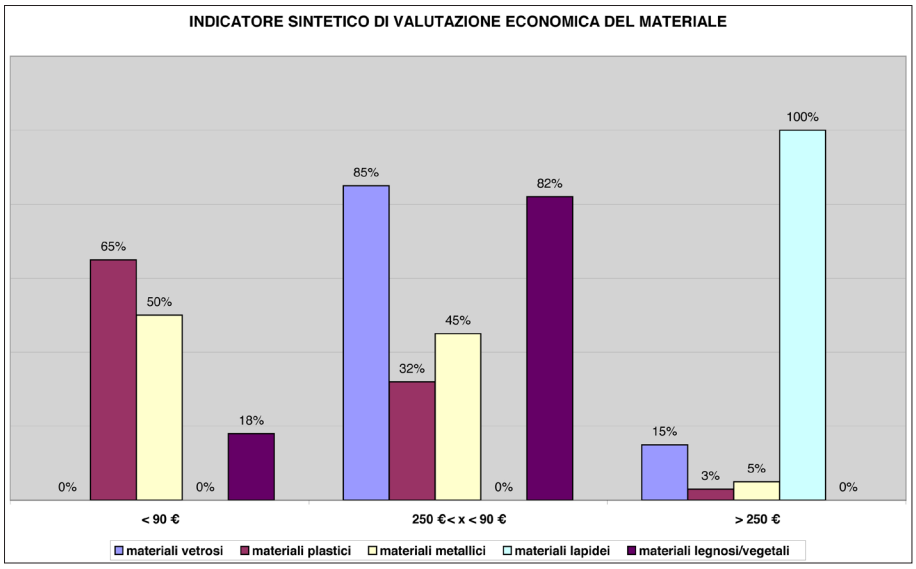


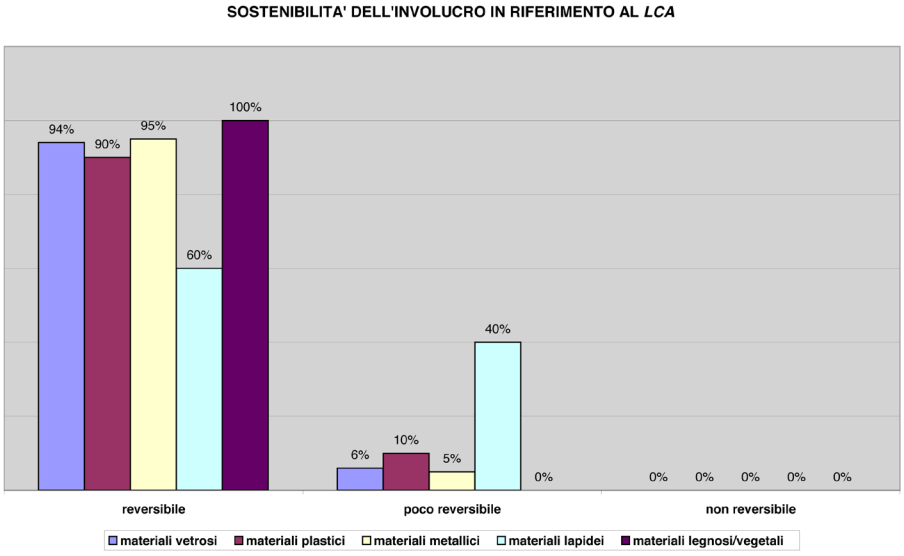
Casa atelier Lang-Kroell, Gliessembreg, 2001 - caso studio 2P, e 'Icon house', Montreuil, 2002 - caso studio 6M. Progetti di involucri low cost per edifici residenziali.

Istogramma di lettura dei dati in merito alla sostenibilità riferita alle varie categorie di materiali analizzati.

mq*), frutto di applicazioni di prodotti, come lastre in policarbonato alveolare o pannelli zincati in maglia stirata o altri esempi, impiegati come rivestimenti esterni o 'doppie pelli' a costo contenuto, (cfr. Casa e atelier Lang-Kröll a Gleissemberg - scheda 2P casi di *best practice* -; e la 'Icon house' dei Periphèrique - scheda 6M casi di *best practice* -).

*dati riferibili al 2010





Valutazioni sulla sostenibilità dei materiali usati per la traslucenza

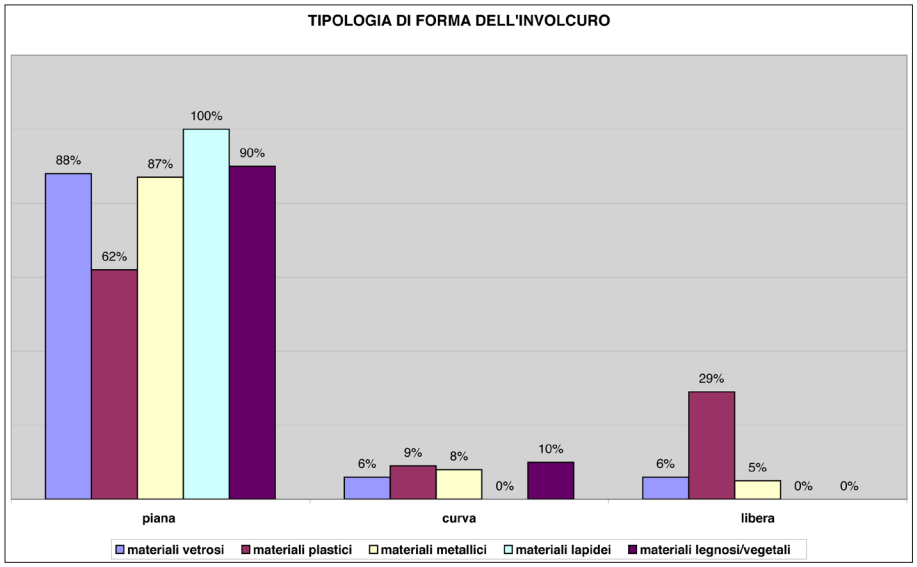
Accanto ad una valutazione economica dei prodotti utilizzati, in linea con l'attuale attenzione per il risparmio energetico e la sostenibilità delle soluzioni tecnologiche adottate complessivamente nel progetto architettonico, è importante sottolineare come la maggior parte proprio dei prodotti innovativi utilizzati per realizzare involucri traslucidi è frutto di un'accurata selezione, di una particolare sensibilità progettuale

per l'impiego di materiali reversibili (vedi istogramma relativo nella pagina precedente), capaci cioè di riutilizzo a fine vita o facilmente scomponibili. Primi fra tutti evidentemente il legno (ovviamente non trattato o depurato da vernici protettive o colorate) e il vetro, ma anche plastiche e metalli, grazie al loro facile riciclo per altre funzioni nel campo edilizio o in altri.

Considerazioni in merito alle caratteristiche morfologiche degli spazi circoscritti dall'involucro traslucido

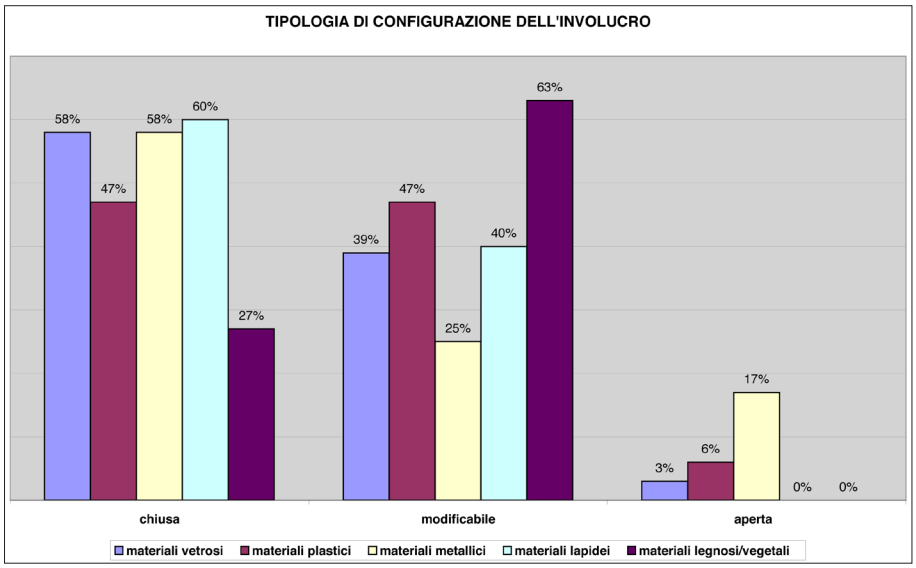
Valutazioni di ordine morfologico/compositivo per il progetto architettonico di involucri traslucidi spostano l'attenzione sugli aspetti formali d'involucro emersi dall'analisi. Analizzando infatti gli aspetti morfo/tipologici degli involucri traslucidi presi in esame emerge la prevalenza di morfologie piane (vedi definizione del parametro data al paragrafo 7.2) (vedi istogramma relativo posto sotto), ciò è determinato da fattori di ottimizzazione energetica, per cui un ridotto rapporto quantitativo fra superficie dell'involucro e volume riduce inutili consumi, affiancata da una puntuale attenzione allo studio di 'pacchetti-involucro', specifici per ogni materiale, sempre più perfomanti sia dalle caratteristiche intrinseche dei materiali progettati (i migliori valori di trasmittanza sono ottenuti con il vetro e con pannelli in materiali plastici, come il policarbonato alveolare, ma anche con pannelli compositi con lastre sottili di materiale lapideo), sia mediante la corretta articolazione degli strati portanti e isolanti, schermanti o di diffusione luminosa, che, aggregati fra loro, determinano il raggiungimento di efficienze complessive sempre più alte.

Riguardo agli scenari di innovazione espressiva è interessante



Istogramma di lettura dei dati in merito alla tipologia di forma dell'involucro riferiti alle varie categorie di materiali analizzati.

segnalare le enormi potenzialità offerte ai progettisti dai materiali plastici con capacità di codificare nuove realtà espressive per la definizione di spazi architettonici. L'impiego di materiali plastici (nel 29% dei casi), ed in particolare delle membrane, attualmente in crescita di diffusione, sono preferiti per la realizzazione di forme libere, studiate ormai quasi esclusivamente attraverso l'ausilio informatico di software di modellazione tridimensionale.
Accanto a valutazioni di tipo morfologico, emergono come prevalenti le tipologie di configurazione spaziale 'chiusa', dove l'involucro si identifica esattamente come frontiera di demarcazione fissa fra uno spazio interno ed uno esterno, accanto a quelle di tipo 'trasformabile', dotata quindi di elementi 'modificabili/apribili' in grado di creare punti di interconnessione fra interno ed esterno (vedi definizioni dei parametri specificate nel paragrafo 7.2).



Istogramma di lettura dei dati in merito alla tipologia di configurazione dell'involucro riferita alle varie categorie di materiali analizzati.

Una indicazione per il progettista è quella che vede come elementi di primaria scelta quei materiali, quali vetro, lapidei e plastiche, che per il loro presentarsi in lastre di varie dimensioni, si prestano alternativamente all'utilizzo sia come superficie esterna continua, ad assetto quindi fisso o variabile, piuttosto che impiegati facilemnte in configurazioni funzionali di 'doppia pelle', come elementi apribili, calibrati dimensionalmente all'interno della logica strutturale e compositiva dell'involucro. Altri materiali invece quali i metalli e il legno, caratteristici per la discontinuità delle loro trame, si presentano sotto forma di prodotti come lastre forate, maglie, grigliati, listelli, graticci, ecc, usati particolarmente come elementi architettonici traslucidi d'integrazione all'involucro, ossia come elementi atti a raggiungere un miglioramento prestazionale complessivo dell'involucro (*brise soleil,*

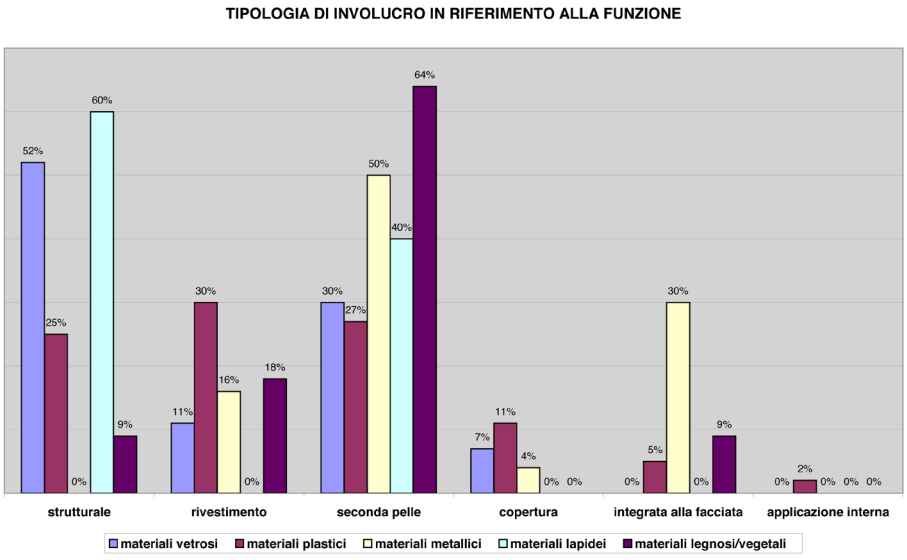
filtri, supporti oscuranti).
Solo in alcuni casi (7%) è previsto l'utilizzo di superfici traslucide in involucri 'aperti', dove quindi predomina la ricerca di dialogo con lo spazio esterno (vedi definizione del parametro data al paragrafo 7.2), quasi esclusivamente realizzati con prodotti metallici o plastici, per ottenere soluzioni di controllo parziale dell'illuminazione o di connessione fra spazi aperti. Ne è un esempio il progetto denominato 'Wall House' a Santiago del Cile (progetto dello Studio FAR - Marc Frohn e Mario Rojas Toledo, scheda 10P - casi di *best practice)*, quando invece l'unica vera "muro". l'unica vera chiusura esterna, della casa è costituito dall'alta vegetazione che delimita, su tutti i lati il terreno del lotto, che viene ripresa e simulata dalla leggera e filtrante trama dei teli in polietilene che avvolgono l'abitazione e la rapportano direttamente alla vegetazione.



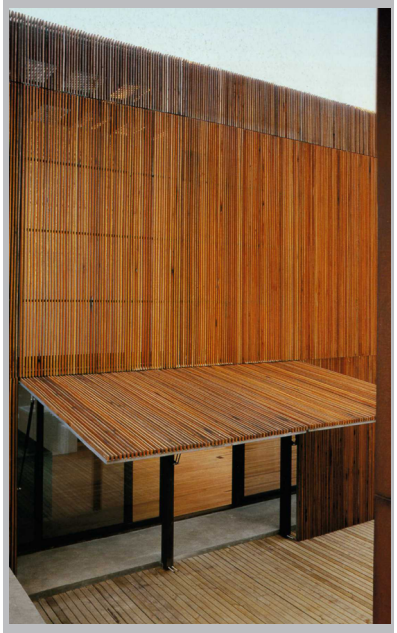
Wall House, Cile, 2007- caso studio 10P. Vista dei teli esterni di involucro a collegamento con la vegetazione circostante.

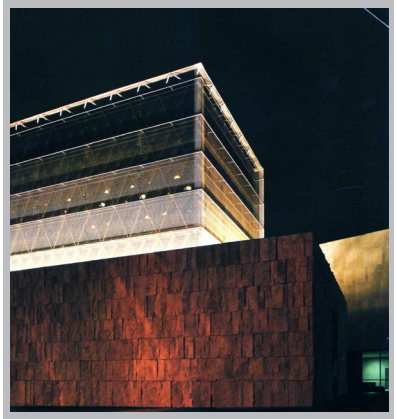
Valutazioni circa la tipologia di involucro in riferimento alla funzione

Veniamo ora alle principali funzioni assunte dall'involucro nella sua particolare accezione traslucida. Materiali come vetro e lapideo sono risultati maggiormente utilizzati con funzione strutturale (per il 56%dei casi, vedi soprattutto l'uso del vetro profilato o di vetrate continue o di pannelli sandwich a base di lastre di lapideo con struttura di sostegno puntiforme) o, insieme alle plastiche, come 'doppia pelle' (nel 35% dei casi), creando 'intercapedini' tecniche accessibili per la manutenzione dell'involucro stesso; altre volte come strato aggiuntivo capace di lavorare sinergicamente per un miglioramento prestazionale complessivo. I materiali plastici, inoltre, vengono ben utilizzati come



Istogramma di lettura dei dati in merito alla tipologia di forma dell'involucro riferiti alle varie categorie di materiali analizzati.





Peninsula house a Victoria, 2002 - caso studio 1LG, e Sinagoga di Monaco di Baviera 2006 - caso studio 3M. Progetti di involucri realizzati rispettivamente in legno e metallo.

rivestimenti. Questi ultimi sono particolarmente apprezzati per la versatilità espressiva, per i costi relativamente contenuti, ed in virtù delle loro proprietà tecniche di diffusione della luce, soprattutto in situazioni progettuali che richiedono una protezione visiva ai fini della *privacy* d'utenza. Oltre a ciò trovano possibili applicazioni nelle pareti divisorie interne o come elementi di design, progettati in stretto rapporto con applicazioni illuminotecniche, che offrono soluzioni suggestive in base a giochi di luce e colori (per altro non analizzati in maniera dettagliata dalla presente ricerca che si concentra sull'involucro edilizio esterno, come già definito precedentemente).

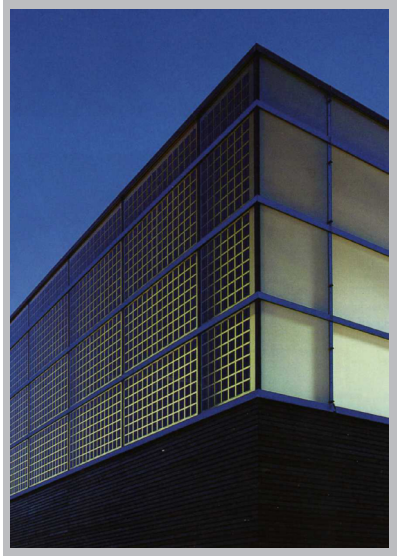
Il legno trova uso in particolare sotto forma di elementi esterni, *brise soleil,* frangisole di schermatura solare e di possibile ausilio al convogliamento dei flussi eolici soprattutto in zone climatiche calde (vedi progetto della Peninsula House a Victoria in Australia di Sean Godsell, scheda 1LG - casi di *best practice)*.

In ultimo i prodotti metallici che, invece, sono applicati soprattutto come soluzioni integrate d'involucro, principalmente per ottenere soluzioni di controllo della radiazione solare, risultano particolarmente interessanti per disegnare raffinate trame scintillanti ad ornamento degli involucri contemporanei (vedi progetto della Sinagoga del centro ebraico a Monaco di baviera dello studio BDA urbanists, scheda 3M - casi di *best practice)*.

Considerazioni in merito alle possibili *performance* energetiche dell'involucro, derivanti dall'applicazione di soluzioni traslucide

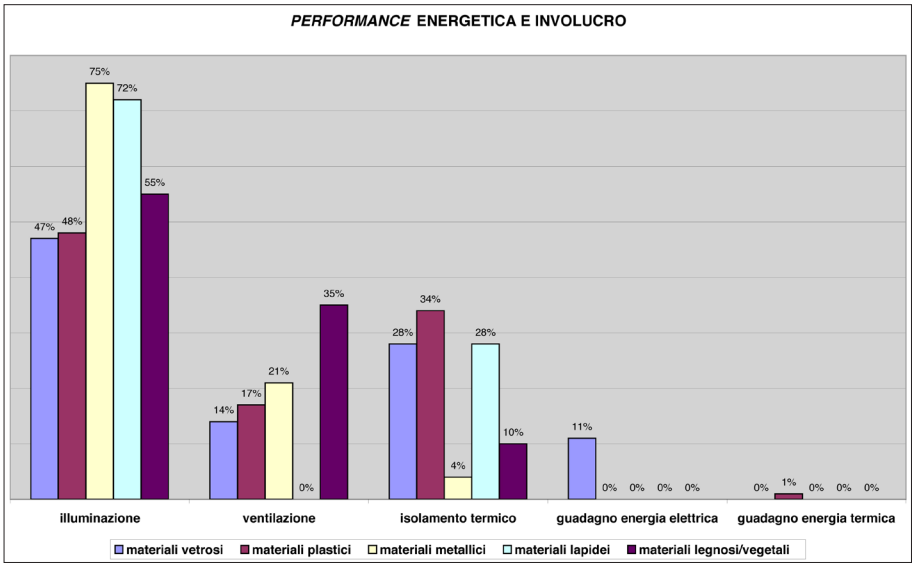
E' evidente, da queste ultime valutazioni, che la scelta di applicare all'involucro architettonico materiali capaci della traslucenza porti con sé precise valutazioni non solo squisitamente formali, da parte del progettista, ma anche e sempre più di frequente di tipo energetico-prestazionale, imprescindibili per la contemporanea necessità qualitativa del costruito. La lettura incrociata dei dati raccolti infatti mostra come, indipendentemente dal tipo di materiale scelto, in virtù delle caratteristiche intrinseche al fenomeno fisico della traslucenza stessa, tale tipologia di involucro permetta un ampio controllo della luminosità interna, sia per finalità di ottimizzazione dell'illuminazione interna (evitando fenomeni di abbagliamento luminoso, o potenziando, in base alla tipologia di materiale scelto, la trasmissione luminosa dall'esterno), sia per un fattore di controllo termico dell'irraggiamento solare (evitando pericolosi surriscaldamenti, cgrazie alla previsione di superfici filtranti realizzate in maglie metalliche o frangisole in lamelle di legno, o sfruttando accumuli di calore in intercapedini appositamente

studiate, come nel caso di utilizzo di doppie pelli in scocche o membrane plastiche).
Contemporaneamente molti materiali (vedi istogramma dei dati di analisi riportato sotto), come il vetro, la plastica e i materiali lapidei (principalmente considerati sotto forma di pannelli sandwich compositi, in questo caso non come lastre sottili) in virtù delle caratteristiche dei materiali, dei prodotti compositi disponibili sul mercato e dell'articolazione delle soluzioni tecnologiche per l'involucro, rispondono in maniera ottimale al requisito, ormai fondamentale, di isolamento termico. Ed ancora vetro, plastica, ma soprattutto metallo e legno, nelle loro configurazioni 'discontinue', sono utilizzati per la realizzazioni di strati di ventilazione, capaci, soprattutto in zone a clima caldo, di ridurre la temperatura superficiale dell'involucro.
Per le valutazioni, infine, in merito di guadagno attivo di energia dell'involucro architettonico, è stata presa in esame quella particolare traslucenza data sia dalle superfici vetrate con celle fotovoltaiche integrate, superfici quindi capaci di operare da un lato come produttore di energia elettrica, dall'altro come filtro luminoso, sia quella che offre un apporto di energia termica, in termini di accumulo di energia solare, grazie a intercapedini delimitate da superfici traslucide, funzionanti quindi come 'serre'. I progetti dell'ampliamento del Palazzetto dello sport a Regensburg (progetto di Tobias Ruf, scheda 8V - casi di *best practice*), e quello per il Centro natatorio nazionale 'Water Cube' a Beijing (progetto degli studi PTW+ARUP+CSCEC design, scheda 8P - casi di *best practice)* esemplificano queste ultime valutazioni.





Palazzetto dello sporta, Regensburg, 2004- caso studio 8V, e Water Cube a Beijing, 2008 - caso studio 8P. Esempi di involucri capaci di un guadagno energetico attivo.



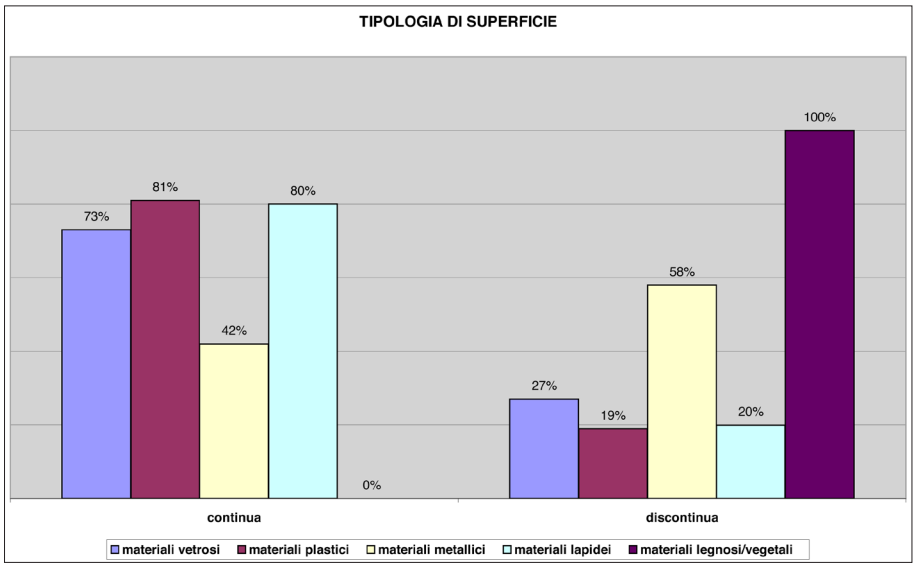
Istogramma di lettura dei dati in merito alle performance energetiche dell'involucro riferiti alle varie categorie di materiali analizzati.

Valutazioni di tipo percettivo in riferimento alla superficie traslucida dell'involucro

E' necessario quindi, a chiusura di questa disanima critica dell'analisi svolta, per fornire al progettista alcune indicazioni sintetiche circa le percezioni ottenibili mediante l'involucro architettonico traslucido, trarre dai casi osservati alcune valutazioni riguardo il valore assunto dalla tipologia di superficie generata dai diversi materiali applicati, e di 'filtro' espressivo che essi costituiscono.

Le soluzioni applicative realizzate con materiali quali il vetro, i materiali plastici e lapidei danno luogo principalmente a superfici continue, senza soluzione di continuità, ottenuti soprattutto con prodotti in lastre piane, di dimensioni anche rilevanti. Esse caratterizzano in contesto progettato in particolare per l'omogeneità con cui diffondono luce. Allo stesso tempo consentono un effetto di opalescenza diffusa quasi impalpabile, generando volumi architettonici puri, immateriali. I materiali legnosi/vegetali (principalmente listelli e graticci in varie essenze legnose o ad esempio in bambù) offrono, invece, in virtù di una discontinuità data dall'intreccio di fili e dalla ripetizione seriale di elementi sottili, a vibranti superfici caratterizzate da forti rapporti cromatici chiaroscurali.

In ultimo è propria dei prodotti di natura metallica, nell'alternanza di vuoti e pieni valorizzati dai giochi di luce e riflessi che si creano, una ritmica serrata capace materializzare la luce e gli ambienti sia per procedimenti di sottrazione della materia (lastre forate) che per l'addizione di trame raffinate (elementi spiraliformi, intrecci di anelli, tessuti metallici, ecc..) ad uso filtrante e separativo variabile.

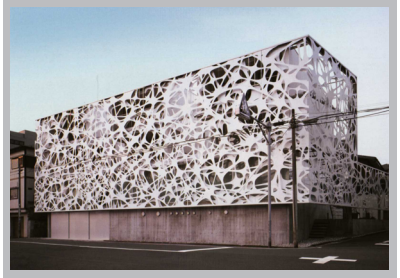


Istogramma di lettura dei dati in merito alla tipologia di superficie per l'involucro, riferiti alle varie categorie di materiali analizzati.

Nella valutazione dell'uso di materiali come 'filtri percettivi', come strumenti quindi di amplificazione di potenzialità espressive del

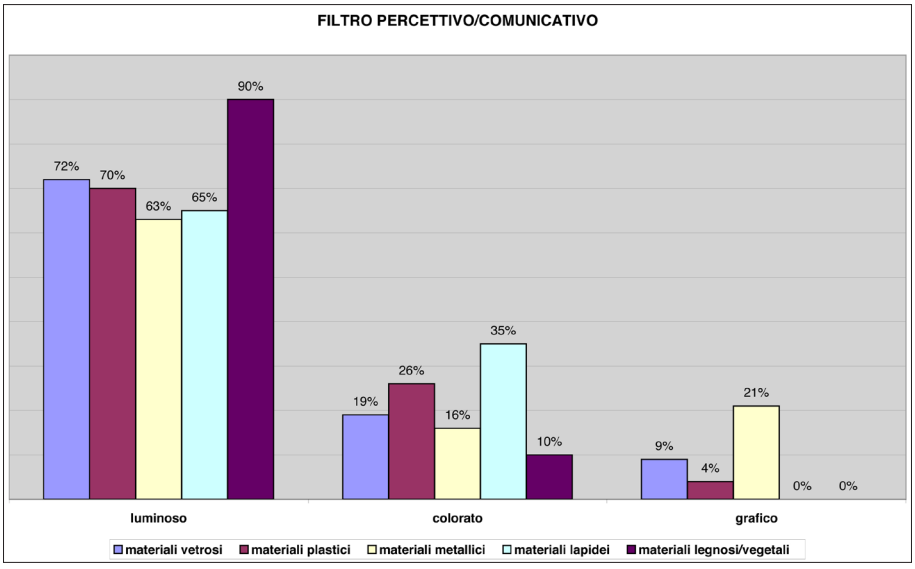
materiale in relazione al progetto di luce, colore e giochi superficiali dati da grafismi particolari, è stato confermato da un campione esteso di applicazioni come nel progetto architettonico di involucri traslucidi essi siano scelti sostanzialmente in virtù della loro proprietà di permeabilità alla luce, ma anche come sistema di schermatura solare e filtro controllato per la luce diurna (anche attraverso l'ausilio di elementi grafici e/o diversamente colorati).

Ciò ha portato, per la loro specificità, a definire gli edifici così caratterizzati - gli "edifici traslucidi" -, che divengono molto frequentemente *landmark* riconoscibili all'interno del contesto costruito. Essi mutano il loro linguaggio espressivo nell'arco della giornata, in un'alternanza di rapporti percettivi tra spazio interno ed esterno: tali superfici traslucide applicate agli involucri, infatti, di giorno filtrano la luce naturale verso gli spazi interni, mostrandosi, ad una visione dall'esterno, come corpi opalescenti e vibranti; di notte si trasformano in lanterne luminose, in cui il rapporto fra spazio interno ed esterno viene ribaltato, ora è l'involucro stesso che, arricchito da una incredibile dinamicità di giochi di luci artificiali, colori e grafismi, diffonde la propria immagine traslucida verso l'esterno che lo circonda.





Complesso Airspace, Tokyo, 2007- caso studio 7P. Visione d'insieme diurna e notturna.



Istogramma di lettura dei dati in merito all'involucro traslucido come filtro percettivo, riferiti alle varie categorie di materiali analizzati.

Conclusioni e linee di futuri sviluppi



Kunsthaus a Bregenz,
progetto di Peter Zumtor,
foto di Valentina Modugno

La presente ricerca, oltre ad offrire un quadro dello stato dell'arte sulla stretta relazione che intercorrre tra luce ed involucro, e sul concetto di modulazione della trasparenza, ha cercato di mettere a sistema edi analizzare tutte le possibili ricadute che lo studio di questa specifica prestazione, di natura fisica, ingenera nel progetto tecnologico dell'involucro architettonico. Di fatto si è cercato di individuare l'insieme delle complesse relazioni esistenti tra le potenzialità espressive delle scelte, le necessità tecnologiche applicative dei diversi casi analizzati, differenziati per tipologie di materiali, e le prestazioni offerte dagli involucri ottenuti.

Tale percorso ha messo in evidenza una crescente necessità di innovazione dei linguaggi architettonici, che si traduce in un continua ricerca, da parte dei progettisti, che hanno individuato questa strada come ragione ordinante della composizione, nella vivace sperimentazione di materiali e sistemi costruttivi sempre più innovativi i primi, ed evoluti i secondi.

Dalla lettura dei molti casi approfonditi è emersa la necessità di una sistematizzazione delle conoscenze finalizzate alla progettazione di involucri traslucidi nell'architettura contemporanea. E' in questa ottica che il lavoro giunge ad una repertoriazione ed analisi di casi studio rappresentativi delle tematiche affrontate. Operazione questa, non fine a sé stessa, ma a comprensione e decifrazione di un fenomeno architettonico in evoluzione, rappresentativo di una cultura architettonica contemporanea particolarmente attenta alla valenza comunicativa e percettiva che assume l'involucro edilizio in rapporto al contesto sociale e ambientale che lo circonda.

La traslucenza quindi porta con sé valori di varia natura (da quelli più tecnici rivolti all'innovazione delle soluzioni tecnologiche applicate, e per lo più in favore di prestazioni energetiche sempre

più performanti a fronte di costi di realizzazione e di gestione del manufatto sempre più ridotti), a quelli squisitamente di natura psico-percettiva nella progettazione della superficie architettonica della frontiera.

La ricerca di potenzialità espressive sempre più raffinate, giocate su variazioni di luce, di segno e di colore, grazie anche a mediazioni tecniche proprie di altre discipline, come l'illuminotecnica e la colorimetria, definisce di fatto nuovi saperi complessi, che vanno ad integrare il bagaglio conoscitivo necessario ad affrontare tale tipologia di progetto.

E' da tale motivazioni che il presente lavoro ha tratto le sue ragioni d'essere, con l'ambizione di divenire strumento di orientamento per il progettista, pur con la consapevolezza di essere solo un primo passo verso la codificazione di un insieme di contenuti, che, anche presi singolarmente, risultano nelle applicazioni di grande complessità.

Sulla base di queste considerazioni, quindi la ricerca ritiene di poter rappresentare, con i limiti evidenziati inizialmente, un primo elemento di valutazione ed approccio al progetto di involucri architettonici traslucidi basato sulla comprensione, da esperienze condotte a livello internazionale, del nesso causale tra percezione dello spazio e dei materiali, e prestazioni del 'pacchetto-involucro'



Municipio di Innsbruck, progetto di Dominique Perrault, foto di Theo Zaffagnini



Municipio di Innsbruck, progetto di Dominique Perrault, foto di Theo Zaffagnini

che li deve ingenerare.Significativi, al di là dei dati conoscitivi sulle singole applicazioni in riferimento ai diverso materiali e ai differenti sistemi costruttivi e d'interfaccia impiegati, appaiono alcuni dati emersi dalla lettura tematica del campo di applicazione della "soluzione" traslucida.

Interessante pare l'osservazione di una crescente attenzione verso l'impiego di questa opzione nel caso della riqualificazione di edifici esistenti, in quanto si pensava ad un fenomeno per lo più volto al progetto di nuova costruzione (anche in virtù delle complessità intrinseche dei sistemi adottati). Se confermato, ciò potrebbe incidere anche sullo spostamento di attenzione da parte del committente non più esclusivamente di natura privata, ma anche di tipo pubblico. Dato poi questo incrementabile al verificarsi di abbattimenti indotti di costi gestionali del costruito e di migliore prestazione energetica dell'involucro così riqualificato.

Ciò anche in funzione di una gestione completa del ciclo di vita del prodotto architettonico, ottenuto mediante applicazioni di tecnologie a secco, che garantiscono principi di progettabilità, sostituibilità e manutenibilità degli elementi costitutivi l'involucro, e, molto spesso, con materiali sostenibili, in quanto reversibili/riciclabili a fine vita.

La presente ricerca, quindi, rivolgendosi da un lato ai progettisti architettonici, ma anche, nella sua qualità di modello e strumento di

analisi implementabile nel tempo, ai ricercatori universitari del settore produttivo, ha tentato di proporre un nuovo strumento di lettura prima e di supporto/orientamento alla progettazione poi, capace di far giungere ad una più puntuale scelta dei materiali e dei sistemi costruttivi secondo logiche esigenziali-prestazionali: una scelta indirizzata all'ottimizzazione e all'incremento delle *performance* (secondo gli aspetti ritenuti caso per caso più d'interesse) richieste all'involucro edilizio tralucente ipotizzato.



Clud House Rohner a Fussach, progetto di Baumschlager & Eberle, foto di Valentina Modugno

Appendice

Il quadro normativo di riferiemento

Per meglio comprendere l'inserimento temporale ed esigenziale da cui nasce il presente quadro normativo di riferimento, in particolare, per le famiglie di materiali precedentemente trattate, occorre fare una precisazione circa le condizioni mosse dal settore delle costruzioni in cui esso, a livello europeo, è nato. Occorre infatti precisare che il settore della costruzione è una componente importante dell'industria europea, esso infatti costituisce la principale fonte di occupazione e la Comunità Europea è il primo esportatore mondiale in questo ambito. Tuttavia, nel quadro del mercato interno, lo sviluppo dell'industria edilizia è stato frenato da un certo numero di ostacoli alla libera circolazione dei prodotti da costruzione, dovuti in particolare a disposizioni nazionali divergenti in materia di specifiche tecniche per la fabbricazione dei materiali da costruzione, delle macchine e dei materiali di cantiere; attestazione di conformità alle prescrizioni tecniche dei prodotti e delle opere; incidenza delle opere e dei materiali da costruzione sulla sicurezza, la salute e il benessere. Per rimediare a tali difficoltà nel 1988 nacque una direttiva sui prodotti da costruzione, basata sul nuovo approccio definito nella risoluzione del Consiglio del 7 Maggio 1985. Questa ha costituito il punto di partenza necessario per procedere all'eliminazione degli ostacoli alla libera circolazione dei prodotti. Contrariamente alle altre, la direttiva sui prodotti da costruzione ha stabilito che i requisiti essenziali che essi devono avere siano chiarificati da documenti interpretativi gettando la base sia all'elaborazione di specifiche tecniche-norme armonizzate europee, sia al benestare da parte degli organismi tecnici di normalizzazione, sia al riconoscimento delle specifiche tecniche nazionali. Per essere commercializzati con la marcatura CE i prodotti da costruzione devono essere conformi alle specifiche tecniche europee o nazionali riconosciute, non è quindi sufficiente che essi soddisfino i requisiti fissati. Nel 1996, la Commissione ha fatto un'analisi dell'applicazione della direttiva, individuando il principale ostacolo alla sua applicazione nella durata eccessiva della procedura. Perciò, in collaborazione con gli organismi di normalizzazione, ha adottato misure volte ad accelerare l'iter, nonostante ciò, il mercato ancora risente di questi problemi.

Di seguito si riporta il quadro normativa di riferimento relativamente alle famiglie di materiali identificate precedentemente e alla base dell'analisi della presente ricerca: vetro, materiali plastici, metalli, materiali lapidei e legno, con una trattazione articolata in più sottogruppi.

Vengono indicate le norme italiane e quelle europee.

I titoli dei documenti normativi citati nei paragrafi che seguono sono stati spesso sintetizzati, omettendo le informazioni più ovvie o ridondanti o meno essenziali,

come quelle relative alle partì o al settore industriale o alla categoria merceologica di riferimento. Per il reperimento dei testi, tuttavia, è sufficiente fare riferimento al codice della norma, che la individua sempre in maniera univoca. Per ulteriori informazioni si rimanda ai siti internet delle quattro istituzioni prese come riferimento, da cui è possibile scaricare la dizione completa, un piccolo sommario e, a pagamento, i testi originali; si riportano alcune indicazioni per altre ricerche o aggiornamenti:
Catalogo UNI: http://webstore.uni.comlunistore/public/searchproducts
Catalogo CEN: http://wvvw.cen.eulesearch
Catalogo ISO: http://wvvw.iso.org
Catalogo DI N: http://wvvw.din.de

VETRO

Il vetro è usato in una miriade di applicazioni: dalla chimica all'elettronica, dall'industria automobilistica a quella alimentare, ma degli oltre quaranta milioni di tonnellate di vetro piano (float glass) prodotto nel mondo (dati Pilkington 2006), l'edilizia ne impiega più di due terzi. Non solo, quello del vetro è sicuramente uno dei settori industriali maggiormente coinvolti nella definizione del valore aggiunto - non solo economico - delle realizzazioni dell'architettura contemporanea. Questo prodotto, sinonimo di "fragilità" ma anche di pericolosità intrinseca, è da sempre tenuto d'occhio dagli enti normativi nazionali, in primo luogo a tutela dei rischi del cliente/utente finale; ma non solo di caratteristiche e comportamento meccanico ci si è occupati. Vetro è sinonimo anche di trasparenza e gli enti normativi - sia quelli più vicini all'industria vetraria sia quelli più vicini ai "consumatori" o meglio agli utenti delle architetture costruite - si sono da subito occupati di caratteristiche ottiche e, in una visione più generale, di caratteristiche energetiche. In Europa, chi la fa da "padrone" è il comitato tecnico TC 129, "Glass in building" del CEN, uno dei più attivi tra quelli che operano per il settore costruzioni, a supporto dell'applicazione della direttiva prodotti (CEE 89/106), È strutturato in quasi venti sottocomitati e ha prodotto moltissimi strumenti di qualificazione e controllo dei prodotti in vetro; queste norme hanno progressivamente sostituito le norme nazionali, riferite non solo ai prodotti "tradizionali" ma anche a quelli più innovativi.
Di seguito presentiamo una selezione di questi strumenti normativi. Si noti che le poche norme UNI (non UNI EN o UNI EN ISO) rimaste in catalogo sono quelle relative alle modalità di utilizzo del vetro: ricordiamo che la Comunità Europea non entra - normalmente - nel merito delle regole di utilizzo dei prodotti (nel nostro caso dell'applicazione dei prodotti da costruzione nella realizzazione dell'involucro traslucido di un edificio), rimanendo ciò pertinenza esclusiva degli Stati nazionali, e stabilisce solo le modalità di loro qualificazione e il livello minimo di qualità da garantire, per poter essere immessi su tutti i mercati dei Paesi europei.
Oltre il mandato relativo ai prodotti da costruzione, tuttavia, il CEN sviluppa anche guide e standard non cogenti relativi all'impiego dei prodotti, oltre a veri e propri strumenti di supporto al progetto, quali sono, ad esempio, gli Eurocodici, Per il vetro la questione è dibattuta: due studi, uno relativo al progetto strutturale degli elementi in vetro, pubblicato come progetto di norma tra il 1999 e il 2000 (prEN 13474 Design of glass panes) e uno relativo alle modalità di posa (prEN 12488 Glazing requirements - Assembly rules), sono stati recentemente rigettati dall'ente normativo europeo e sono in fase di ridiscussione.

Vetri piani e altri prodotti semplici in vetro per edilizia

- **UNI EN 572**, Vetro per edilizia - Prodotti di base di vetro di silicato sodo-calcico
Parte 1:2004, Definizioni e proprietà generali fisiche e meccaniche
Parte 2:2004, Vetro float
Parte 3:2004, Vetro lustro armato
Parte 4:2004, Vetro tirato
Parte 5:2004, Vetro stampato
Parte 6:2004, Vetro stampato armato
Parte 7:2004, Vetro profilato armato e non armato
Parte 8:2004, Forniture in dimensioni fisse
Parte 9:2004, Valutazione della conformità/ Norma di prodotto
- **UNI EN 1051**, Diffusori di vetro per pareti e pavimentazioni
- **UNI EN 1748:2005**, Prodotti di base speciali - Vetri borosilicati
- **UNI 6028:1999**, Lavorazioni del bordo del vetro piano in lastre - Termini e definizioni
- **UNI EN 14178**, Prodotti di base di vetro a matrice alcalina
- **prEN 15681**, Basic aluminio silicate glass products

Vetri stratificati e vetri rivestiti

- **UNI EN 1096**, Vetri rivestiti
- **UNI EN 14449:2005**, Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza
- **UNI EN ISO 12543**, Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza
Parte 1:2000, Definizioni e descrizione delle parti componenti
Parte 2:2006, Vetro stratificato di sicurezza
Parte 3:2000, Vetro stratificato
Parte 4:2000, Metodi di prova per la durabilità
Parte 5:2000, Dimensioni e finitura dei bordi
Parte 6:2000, Aspetto

Vetri temprati e induriti

- **UNI EN 12150**, Vetro di silicato sodocalcico di sicurezza temprato termicamente
- **UNI EN 14179**, Vetro di sicurezza di silicato sodo calcico temprato termicamente e sottoposto a “heat soak test”
- **UNI EN 13024**, Vetro di borosilicato di sicurezza temprato termicamente
- **UNI EN 14321**, Vetro di sicurezza a matrice alcalina temprato termicamente
- **prEN 15682**, Heat soaked thermally toughened alkaline earth silicate safety glass
- **prEN 15683**, Thermally toughened soda lime silicate channel shaped safety glass
- **UNI EN 1863**, Vetro di silicato sodo-calcico indurito termicamente
- **UNI EN 12337**, Vetro di silicato sodo-calcico indurito chimicamente

Vetrate isolanti, strutturali e sigillanti

- **UNI EN 1279**, Vetrate isolanti
- **UNI EN 13022:2006**, Vetrate strutturali sigillate
Parte 1: Prodotti vetrari per sistemi di vetrate strutturali sigillate per vetrate monolitiche supportate e non e vetrate multiple;
Parte 2: Regole di posa
- **UNI EN 15434:2006**, Norma di prodotto per sigillante strutturale e/o resistente ai raggi UV (per impiego in vetrate strutturali sigillate e/o in vetrate isolanti con sigillante esposto)
- **prEN 15651-2**, Sealants for joints in building construction - Definitions, requirements and evaluation of conformity - Part 2: Sealants for Glazing

- **UNI 9611 :1990**, Sigillanti siliconici monocomponenti per giunti. Confezionamento
- **UNI EN 26927:1992**, Prodotti per giunti. Sigillanti. Vocabolario
- **UNI EN ISO 11600:2004**, Prodotti per giunti - Classificazione e requisiti per i sigillanti

Prestazioni, progetto e realizzazione delle vetrazioni

- UNI 6534:1974, Vetrazioni in opere edilizie - Progettazione, materiali e posa in opera (si tratta di una norma molto vecchia e obsoleta)

- UNI 7143:1972, Spessore dei vetri piani per vetrazioni in funzione delle loro dimensioni, dell'azione del vento e del carico neve

- **UNI 7697:2002**, Criteri di sicurezza nelle applicazioni vetrarie

- UNI EN 356:2002, Vetro di sicurezza - Prove e classificazione di resistenza contro l'attacco manuale

- UNI EN 357:2005, Elementi vetrificati resistenti al fuoco comprendenti prodotti di vetro trasparenti o traslucidi - Classificazione della resistenza al fuoco

- **UNI EN 1063:2001**, Vetrate di sicurezza - Classificazione e prove di resistenza ai proiettili

- UNI EN 12600:2004, Vetro per edilizia - Prova del pendolo - Metodo della prova di impatto e classificazione per il vetro piano

- UNI EN 12758:2004, Vetrazioni e isolamento acustico per via aerea - Descrizioni del prodotto e determinazione delle proprietà

- **UNI EN 13541 :2002**, Vetro di sicurezza
  Prove e classificazione della resistenza alla pressione causata da esplosioni
- **prEN ISO 14439,** Glazing requirements , Use of glazing blocks (vetrocemento)
- **prEN 13474**, Design of glass panes:
  Part 1: Fenestration, linear approach;
  Part 2: Special applications - linear and non-linear approach;
  Part 3: Structural applications - advanced structural calculation methods
  (titoli ancora in discussione in sede CEN)

MATERIALI PLASTICI

Le applicazioni dei materiali plastici sono straordinariamente numerose. In edilizia, tuttavia, esse hanno ancora uno spazio relativamente modesto, seppure crescente. Le applicazioni classiche sono nella realizzazione di strati isolanti termoacustici o di impermeabilizzazione, nei rivestimenti sintetici di pavimentazione o di parete; le più recenti sono quelle meno visibili, come additivi per la realizzazione di altri materiali (dal calcestruzzo al legno) e quelle come leganti per pitture, vernici e altri rivestimenti ad applicazione continua. Altre ancora sono quelle di cui parla la presente ricerca, pellicole, tessuti e lastre utilizzati con importanti valenze architettoniche, che, però, per lo più, rappresentano applicazioni non ancora "normate", nel senso che i prodotti sono qualificati in termini generali e non specificatamente per le loro applicazioni in architettura. Per fare un esempio, non esistono norme che definiscono le caratteristiche secondo cui qualificare le membrane di una tensostruttura né regole semplificate per il loro progetto strutturale ma solo quelle che definiscono le modalità di misura delle caratteristiche meccaniche di un tessuto o di una pellicola realizzata con determinati materiali ed eurocodici che permettono di stimare le azioni che le potrebbero interessare e questo gap va colmato con competenze di ingegneria strutturale e dei materiali. Nonostante questo, il patrimonio normativo esistente è straordinariamente

vasto e, più che in altri casi, definito ai massimi livelli internazionali: oltre 1'80% delle quasi quattrocento norme emesse dal CEN (TC 249 Materie Plastiche) sono state sviluppate in sede ISO.

Terminologia

- **UNI EN ISO 11469:2001**, Identificazione generica e marcatura di prodotti di materie plastiche
- **UNI EN ISO 472:2002**, Materie plastiche - Vocabolario
- **UNI EN ISO 1043**, Materie plastiche - Simboli ed abbreviazioni
  Parte 1 - Polimeri di base e loro caratteristiche speciali
  Parte 2 - Cariche e materiali di rinforzo
  Parte 3 - Plastificanti
  Parte 4 -Ritardanti di fiamma
- **UNI EN ISO 18064:2005**, Elastomeri termoplastici - Nomenclatura e termini abbreviati

Materiali plastici principali

- **UNI EN ISO 1060**, Resine di omopolimeri e copolimeri del cloruro di vinile
- **UNI EN ISO 1163**, Materiali per estrusione e stampaggio di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U)
- **UNI EN ISO 1872**, Polietilene (PE) per stampaggio ed estrusione
- **UNI EN ISO 1873**, Polipropilene (PP) per stampaggio ed estrusione
- **UNI EN ISO 1874**, Poliammide (PA) per stampaggio ed estrusione
- **UNI EN ISO 2897**, Polistirene resistente all'urto (PS-I) per stampaggio ed estrusione
- **UNI EN ISO 3673**, Resine epossidiche (vedi anche UNI EN ISO 4597, Induritori e acceleranti)
- **UNI EN ISO 2898**, Poli-cloruro di vinile plastificato (PVC-P) per stampaggio ed estrusione
- **UNI EN ISO 4613**, Etilene/acetato di vinile (EIVAC) per stampaggio ed estrusione
- **UNI EN ISO 7391**, Policarbonato (PC) per stampaggio ed estrusione
- **UNI EN ISO 7792**, Poliesteri termoplastici (TP) per stampaggio ed estrusione
- **UNI EN ISO 8986**, Polibutene (PB) per stampaggio ed estrusione
- **UNI EN ISO 9988**, Materiali a base di poliossimetilene (POM) per stampaggio ed estrusione
- **UNI EN ISO 10082:2002**, Resine fenoliche - Classificazione e metodi di prova
- **UNI EN ISO 11542**, Materiali per estrusione e stampaggio di polietilene ad altissimo peso molecolare (PE-UHMW)
- **UNI EN ISO 12086**, Polimeri fluorurati: dispersioni e materiali per stampaggio ed estrusione
- **UNI EN 13677**, Compound termoplastici rinforzati per stampaggio. Specifiche per GMT (Glass Mat Thermoplastics)
- **UNI EN ISO 14526**, Compound in polveri di resine fenoliche (PF-PMC) per stampaggio
- **UNI EN ISO 14527**, Compound in polveri di urea- formaldeide ed urea/melammina-formaldeide (UF- ed UFIMF-PMC) per stampaggio
- **UNI EN ISO 14528**, Compound in polveri di melammina-formaldeide (MF-PMC) poliestere insaturo (UP-PMC)

- **UNI EN ISO 14529**, Compound in polveri di melammina/fenolo (MP-PMC) per stampaggio
- **UNI EN ISO 14530**, Compound in polveri di poliestere insaturo (UP-PMC) per stampaggio
- UNI EN 14598, Compound termoindurenti da stampaggio in fogli (SMC) e da stampaggio in massa (BMC)
- **UNI EN ISO 15023**, Materie plastiche - Materiali di polivinilalcol (PVAL)
- **UNI EN ISO 15252**, Compound in polveri a base epossidica (EP-PMC) per stampaggio
- **prEN 15342**, Plastics - Recycled Plastics - Characterisation of polystyrene (PS) recyclates
- **prEN 15344**, Plastics - Recycled Plastics - Characterisation of Polyethylene (PE) recyclates
- **prEN 15345**, Plastics - Recycled Plastics - Characterisation of Polypropylene (PP) recyclates
- **prEN 15346**, Plastics - Recycled Plastics - Characterisation of poly(vinyl chloride) (PVC) recyclates
- **CEN/TS 15534**, Wood-plastics composites (WPC)

Prodotti per compositi

- **UNI EN ISO 2078:1995**, Vetro tessile. Fili
- **UNI EN 12654**, Vetro tessile
- **UNI EN 12971**, Rinforzi - Specifica per fili tagliati di vetro tessile
- **UNI EN 13002**, Fibre di carbonio - Metodi di prova e specifiche generali
- **UNI EN ISO 13002:2001**, Fibre di carbonio - Sistema di designazione di fili continui
- **UN I EN 13003**, Fili di fibre di para-aramide (per es. Kevlar®, Twaron®)
- **UNI EN 13417**, Rinforzi - Specifiche per tessuti
- **UNI EN 13473**, Rinforzi - Specifiche per tessuti multi-assiali multi-strato
- **UNI EN 14020**, Rinforzi - Specifica per roving di vetro tessile
- **UNI EN 14118**, Rinforzi - Specifiche per materiali di vetro tessile (materiali a fili tagliati e materiali a fili continui)

Lastre, fogli e pellicole in materie plastiche

- **UNI EN 438**, Laminati decorativi ad alta pressione (HPL) - Fogli a base di resine termoindurenti (generalmente chiamati "laminati")
- **UNI EN 1013**, Lastre profilate di materia plastica, che trasmettono la luce, per copertura a parete semplice componenti

Parte 1:1999, Requisiti generali e metodi di prova componenti
Parte 2:2000, Requisiti specifici e metodi di prova per lastre di resina poliestere rinforzata con fibra di vetro (PRFV)
Parte 3:1999, Requisiti specifici e metodi di prova per lastre di policloruro di vinile (PVC)
Parte 4:2002, Requisiti specifici, metodi di prova e prestazioni per lastre di policarbonato (PC)
Parte 5:2002, Requisiti specifici, metodi di prova e prestazioni per lastre di polimetilmetacrilato (PMMA)

- **UNI EN ISO 7823**, Lastre di polimetilmetacrilato
- **UNI EN ISO 8257**, Materiali per stampaggio ed estrusione a base di poli (metilmetacrilato) (PMMA)

- **UNI EN ISO 11963:1997**, Materie plastiche. Lastre di policarbonato.
- **prEN ISO 11833-1**, Plastics - Unplasticized poly (vinyl chloride) sheets - Types, dimensions and characteristics - Part 1: Sheets of thickness not less than 1 mm
- **UNI EN 13706** (in più parti), Compositi plastici rinforzati - Specifiche per profili poliestrusi
- **UNI EN ISO 14631 :2001**, Lastre estruse di polistirene modificato resistente all'urto (PS-I)
- **UNI EN ISO 14632:2001**, Lastre estruse di polietilene (PE-HD)
- **UNI EN ISO 15013:2001**, Lastre estruse di polipropilene (PP)
- prEN ISO 15015, Extruded sheets of impact-modified acrylonitrile/styrene copolymers (ABS, AEPDS or ASA)
- **UNI CEN/TS 15354:2006**, Fogli e pellicole di poli (cloruro di vinile) plastificato (PVC-P) estruse e/o calandrate non rinforzate - Guida per la caratterizzazione e la designazione
- **prEN ISO 28941**, Poly (phenylene ether) (PPE) moulding and extrusion materials

Qualità ottiche e trasmissione luminosa

- **UNI 8028:1979**, Lastre e fogli trasparenti di materie plastiche - determinazione della trasmittanza luminosa e della torbidità
- **UNI EN ISO 13468-1:1998,** Materie plastiche - Determinazione della trasmittanza luminosa totale di materiali trasparenti - Strumento a fascio unico
- **UNI EN ISO 13468-2:1998**, Materie plastiche - Determinazione della trasmittanza luminosa totale di materiali trasparenti - Parte 2: Strumento a fascio doppio
- **UNI EN ISO 489:2001**, Materie plastiche - Determinazione dell'indice di rifrazione
- **UNI EN ISO 4892-1:2002**, Materie plastiche - Metodi di esposizione a sorgenti di luce di laboratorio - Guida generale
- **UNI EN ISO 4892-2:2006**, Materie plastiche - Metodi di esposizione a sorgenti di luce di laboratorio - Parte 2: Lampade ad arco allo Xeno
- **UNI EN ISO 4892-3:2006**, Materie plastiche - Metodi di esposizione a sorgenti di luce di laboratorio - Parte 3: Lampade fluorescenti UV
- **UNI ISO 4582:1985**, Materie plastiche, Determinazione delle variazioni di colore e delle variazioni delle proprietà dopo esposizione alla luce naturale sotto vetro, agli agenti atmosferici o alla luce artificiale

METALLI

Terminologia

- **UNI EN 1173:1998**, Rame e leghe di rame. Designazione degli stati metallurgici
- **UNI EN 1412:1998**, Rame e leghe di rame. Sistema europeo di designazione numerica
- **UNI EN ISO 8044:2001**, Corrosione di metalli e leghe - Termini fondamentali e definizioni
- **UNI 8680:1984**, Funi di acciaio, loro accessori e applicazioni principali. Termini equivalenti: italiano, inglese, francese, tedesco e spagnolo
- **UNI EN 10020:2001**, Definizione e classificazione dei tipi di acciaio
- **UNI EN 10021 :2007**, Condizioni tecniche generali di fornitura dei prodotti di acciaio
- **UNI EN 10027**, Sistemi di designazione degli acciai
- **UNI EN 10079: 1994**, Definizione dei prodotti di acciaio
- **UNI EN 12258**, Alluminio e leghe di alluminio - Termini e definizioni

- UNI EN 12508:2002, Protezione dei materiali metallici contro la corrosione
- Trattamenti delle superfici: rivestimenti metallici e altri rivestimenti inorganici - Vocabolario
- **UNI CEN/TS 13388:2004**, Rame e leghe di rame - Compendio delle composizioni e dei prodotti
- **UNI EN ISO 16348:2004**, Rivestimenti metallici ed altri rivestimenti inorganici - Definizioni e convenzioni relative all'aspetto estetico.

Alluminio e prodotti in alluminio (e leghe)

- **UNI EN 1403:2000**, Protezione dalla corrosione dei metalli - Rivestimenti elettrolitici
- Metodo per la definizione dei requisiti generali
- **UNI EN 485-1:1996**, Lamiere, nastri e piastre
- UNI EN 507:2002, Prodotti per coperture di lamiera metallica - Specifica per prodotti per coperture in lastre di alluminio non autoportanti
- UNI EN 508, Prodotti di lastre metalliche per coperture - Specifiche per prodotti auto portanti in lastre di acciaio, alluminio o acciaio inossidabile
- **UNI EN 546-1 :1998**, Foglio sottile
- **UNI EN 754**, Barre e tubi trafilati
- **UNI EN 755**, Barre, tubi e profilati estrusi
- **UN I EN 1301**, Filo trafilato
- **UNI EN 1386:1999**, Lamiere goffrate
- **UNI EN 1396:1998**, Lamiere e nastri trattati superficialmente in bobine per applicazioni generali
- **UNI EN 12020**, Profilati di precisione, estrusi di leghe EN AW-6060 e EN AW-6063
- UNI EN 15088:2006, Prodotti per applicazioni di strutture per le costruzioni - Condizioni tecniche di controllo e di fornitura

Rame e prodotti in rame o a base di rame

- **UNI EN 1172:1998**, Lastre e nastri per edilizia.
- **UNI EN 1652:1999**, Piastre, lastre, nastri e dischi per usi generali
- **UNI EN 12163:1999**, Barre per usi generali
- **UNI EN 12166:1999**, Fili per usi generali
- **UNI EN 12167:1999**, Profilati e barre rettangolari per usi generali
- **UNI EN 12420:2000**, Fucinati e stampati
- **UNI EN 13347:2004**, Barre e fili per saldatura e saldo-brasatura
- **UNI EN 14436:2004**, Nastro stagnato elettroliticamente

Prodotti a base di piombo

- **UNI EN 12659:2001**, Piombo e leghe di piombo
- **UNI 6450:1969**, Laminati di piombo. Dimensioni, tolleranze e masse
- **UNI EN 12588:2007**, Lastre di piombo laminate per edilizia

Prodotti a base di zinco

- **UNI EN 1179:2005**, Zinco primario
- **UNI EN 13283:2004**, Zinco secondario
- UNI EN 501: 1996, Elementi per coperture di lamiera metallica. Specifica per elementi per coperture di lamiera di zinco non autoportante
- UNI EN 506:2002, Prodotti di lastre metalliche per coperture - Specifiche per prodotti autoportanti di lastre di rame o zinco
- **UNI EN 988:1998**, Prodotti laminati piani per edilizia

Laminati in acciaio non legato

- UNI EU 153:1982, Prodotti piatti laminati a freddo (lamiere e nastri) piombati a caldo, di acciai non legati a basso tenore di carbonio, per deformazione a freddo. Condizioni tecniche di fornitura

- **UNI 3151 :1982**, Prodotti finiti piatti d'acciaio laminati a caldo. Lamiere striate

- **UNI 3996:1979**, Reti di acciaio a torsione semplice con maglia quadrata, zincate

- **UNI 4630:1982**, Prodotti finiti piatti d'acciaio laminati a caldo. Lamiere bugnate

- UNI 8661 :1984, Prodotti finiti piatti di acciaio non legato, laminati a freddo e rivestiti. Lamiere e nastri per imbutitura e piegamento a freddo protetti con vernice a base di zinco. Qualità, prescrizioni e prove

- UNI EN 10029:1992, Lamiere di acciaio laminate a caldo, di spessore = o > di 3 mm. Tolleranze dimensionali, di forma e sulla massa

- UNI EN 10051 :2000, Lamiere e nastri laminati a caldo in continuo, non rivestiti, di acciai non legati e legati - Tolleranze dimensionali e di forma

- UNI EN 10130:2007, Prodotti piani laminati a freddo, di acciaio a basso tenore di carbonio per imbutitura o piegamento a freddo

- UNI EN 10131 :2006, Prodotti piani laminati a freddo, non rivestiti e rivestiti con zinco o con zinco-nichel per via elettrolitica, di acciaio a basso tenore di carbonio e ad alto limite di snervamento, per imbutitura e piegamento a freddo - Tolleranze sulla dimensione e sulla forma

- **UNI EN 10132**, Nastri di acciaio laminati a freddo da trattamento termico

- UNI EN 10137, Lamiere e larghi piatti di acciai ad alto limite di snervamento bonificati o induriti per precipitazione, per impieghi strutturali

- UNI EN 10143:2006, Lamiere sottili e nastri di acciaio con rivestimento applicato per immersione a caldo in continuo - Tolleranze sulla dimensione e sulla forma

- UN I EN 10149-1: 1997, Prodotti piani laminati a caldo di acciai ad alto limite di snervamento per formatura a freddo. Condizioni generali di fornitura

- UNI EN 10152:2004, Prodotti piani di acciaio laminati a freddo, rivestiti di zinco per via elettrolitica per formatura a freddo - Condizioni tecniche di fornitura

- UNI EN 10162:2006, Profilati di acciaio laminati a freddo - Condizioni tecniche di fornitura - Tolleranze dimensionali e sulla sezione trasversale

- UNI EN 10163, Condizioni di fornitura relative alla finitura superficiale di lamiere, larghi piatti e profilati di acciaio laminati a caldo

- UNI EN 10169-1 :2007, Prodotti piani di acciaio rivestiti in continuo con materiale organico (nastri larghi rivestiti)

- UNI EN 10268:2006, Prodotti piani laminati a freddo di acciaio ad alto limite dì snervamento per formatura a freddo - Condizioni tecniche di fornitura

- UNI EN 10271:2000, Prodotti piani di acciaio rivestiti di zinco-nichel (ZN) per via elettrolitica - Condizioni tecniche di fornitura

- UNI EN 10292:2007, Nastri e lamiere di acciaio ad alto limite di snervamento rivestiti per immersione a caldo in continuo per formatura a freddo - Condizioni tecniche di fornitura

- UNI EN 10326:2004, Nastri e lamiere di acciaio per impieghi strutturali rivestiti per immersione a caldo in continuo - Condizioni tecniche di fornitura

- UNI EN 10327:2004, Nastri e lamiere di acciaio a basso tenore di carbonio rivestiti per immersione a caldo in continuo, per formatura a freddo - Condizioni tecniche di fornitura

Laminati in acciaio inossidabile o speciale

- **UNI EN 10088-1 :2005**, Acciai inossidabili

- UNI EN 10258:1998, Nastri e bandelle laminati a freddo di acciaio inossidabile -Tolleranze sulle dimensioni e sulla forma

- UNI EN 10259:1998, Nastri larghi e lamiere/fogli laminati a freddo di acciaio inossidabile - Tolleranze sulle dimensioni e sulla forma

Elementi metallici in genere per gli involucri edilizi

- UNI EN 502:2001, Elementi per coperture di lamiera metallica - Specifica per elementi per coperture di lamiera di acciaio inossidabile non autoportante

- UNI EN 508-1 :2002, Prodotti d i lastre metalliche per coperture - Specifiche per prodotti autoportanti in lastre di acciaio, alluminio o acciaio inossidabile - Acciaio

Fili, funi, trefoli e catene

- **UNI ISO 2408:1992**, Funi di acciaio per usi generali
- **UNI ISO 8369:1992**, Funi di acciaio di grande diametro
- **UNI EN 10264**, Filo di acciaio per funi - UNI EN 12385, Funi di acciaio - Sicurezza
- **UNI EN 13411**, Estremità per funi di acciaio - Sicurezza
- **UNI EN 818**, Catene a maglie corte per sollevamento - Sicurezza

Resistenza alla corrosione

- UNI EN 12500:2002, Protezione dei materiali metallici contro la corrosione - Probabilità di corrosione in ambiente atmosferico - Classificazione, determinazione e valutazione della corrosività di ambienti atmosferici

Trattamenti di protezione e decorazione dei metalli

- UNI EN 1403:2000, Protezione dalla corrosione dei metalli - Rivestimenti elettrolitici - Metodo per la definizione dei requisiti generali

- UNI EN ISO 1461 :1999, Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova

- **UNI EN 1652:1999**, Piastre, lastre, nastri e dischi per usi generali

- UNI EN ISO 2063:2005, Spruzzatura termica - Rivestimenti metallici e altri rivestimenti inorganici. Zinco, alluminio e loro leghe

- UNI ISO 4520:1987, Rivestimenti di conversione a base di cromati su rivestimenti elettrolitici di zinco e cadmio

- **UNI EN ISO 4526:2004**, Rivestimenti elettrolitici di nichel per impieghi funzionali
- **UNI EN ISO 4527:2006**, Rivestimenti (chimici) autocatalitici di lega nichel-fosforo
- UNI EN ISO 6158:2004, Rivestimenti metallici - Rivestimenti elettrolitici di cromo duro a spessore per impieghi funzionali
- **UNI ISO 7587:1990**, Rivestimenti elettrolitici di leghe stagno-piombo. Requisiti e metodi di prova.
- **UNI EN 10244**, Rivestimenti metallici non ferrosi sui fili di acciaio

- UNI 10681:1998, Caratteristiche generali degli strati di ossido anodico per uso decorativo e protettivo

- **UNI EN 12373**, Alluminio e leghe di alluminio - Ossidazione anodica
- **UNI EN 12476:2000**, Rivestimenti di conversione fosfatati dei metalli

- UNI EN 12487:2000, Protezione dei materiali metallici contro la corrosione - Rivestimenti di conversione cromati per immersione e senza immersione su alluminio e leghe di alluminio

- UNI EN 12540:2000, Protezione dei materiali metallici contro la corrosione - Rivestimenti elettrodepositati di nichel, nichel più cromo, rame più nichel e rame più

nichel più cromo
- UNI EN ISO 12683:2005, Rivestimenti di zinco depositati meccanicamente - Specifiche e metodi di prova
- UNI EN 13858:2007, Rivestimenti di lamelle di zinco applicati in modo non elettrolitico su componenti di ferro o di acciaio
- UNI EN 14431 :2005, Smalti porcellanati - Caratteristiche del rivestimento porcellanato applicato a pannelli di acciaio per architettura
- **UNI EN ISO 14713:2001**, Protezione contro la corrosione di strutture di acciaio e di materiali ferrosi - Rivestimenti di zinco e di alluminio - Linee guida
- **prEN 15646**, Electrodeposited coatings - Electroplated coatings of aluminium and aluminium alloys with supplementary treatment
- **prEN ISO 26945**, Metallic coatings - Electroplated coatings of tin-cobalt alloy

MATERIALI LAPIDEI
Pietra naturale in generale
- **EN 12670:2003** Pietre naturali - Terminologia
- **EN 14618:2005** Lapidei agglomerati - Terminologia e classificazione
- **UNI 11182:2006** Descrizione della forma di alterazione Termini e definizioni
Applicazioni della pietra naturale
- **EN 771-5:2004** Elementi per muratura di pietra agglomerata
- **EN 771-6:2002** Elementi di muratura di pietra naturale
- **EN 1469:2005** Lastre di pietra naturale per rivestimenti
- **EN 12057:2005** Marmette modulari di pietra naturale
- **EN 12058:2005** Lastre di pietra naturale per pavimentazioni e per scale
- **EN 1341 :2003** Lastre di pietra naturale per pavimentazioni esterne
- **EN 1342:2003** Cubetti di pietra naturale per pavimentazioni esterne
- **EN 1343:2003** Cordoli di pietra naturale per pavimentazioni esterne
- **EN 12326-1 :2004** Ardesia e prodotti di pietra per coperture discontinue e rivestimenti
Riferimenti legislativi
R.D. 16.11.1939, N. 2232 - Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione (Gazzetta Ufficiale, 18.4.1940, n. 92 - suppl.)

LEGNO
Terminologia, requisiti e sistemi di classificazione
- **EN 844-1 :1998** Termini generali comuni al legno tondo e ai segati
- EN 844-3:1998 Termini generali relativi ai segati
- EN 844-4:1999 Termini relativi all'umidità
- EN 844-6:1998 Termini relativi alle dimensioni dei segati
- EN 844-7: 1999 Termini relativi alla struttura anatomica del legno
- EN 844-9:1998 Termini relativi alle caratteristiche dei segati
- EN 844-10:2000 Termini relativi alle alterazioni di colore; all'attacco da funghi
- EN 844-11 :2000 Termini relativi al degradamento da insetti
- EN 844-12:2002 Termini supplementari ed indice generale
- EN 942:1998 Legno in falegnameria. Classificazione generale della qualità del legno
- EN 975-1 :2000 Classificazione dei segati di legno di latifoglie in base all'aspetto -

Quercia e Faggio

- EN 975-2:2005 Classificazione dei segati di legno di latifoglie in base all'aspetto - Pioppi

- EN 1316-1: 1999 Legno tondo di latifoglie - Classificazione qualitativa - Querce e Faggio

- EN 1316-2:1999 Legno tondo di latifoglie - Classificazione qualitativa - Pioppo

- EN 1316-3:1999 Legno tondo di latifoglie - Classificazione qualitativa - Frassino e Aceri

- EN 1611-1 :2004 Classificazione del legno di conifere in base all'aspetto - Parte 1: Abeti rossi, Abeti bianchi, Pini, Douglasia europei e Larici

- UNI 2853:1984 Nomenclatura delle specie legnose che vegetano spontanee in Italia

- UNI 2854:1987 Nomenclatura delle specie legnose esotiche coltivate in Italia

- UNI 3517:1954 Nomenclatura dimensionale degli assortimenti legnosi di produzione nazionale

- UNI 4390:1985 Nomenclatura dell'albero e delle sue parti. Caratteristiche macroscopiche del legno. Elementi costitutivi del legno

- UNI 8864:1987 Segati di legno. Tecniche di essiccazione. Termini e definizioni

- UNI 9030:1990 Segati di legno. Qualità di essiccazione

Bibliografia

Sul concetto di traslucenza

CAFORIO A., FERILLI A., Physica, Le Monnier, Vol.2, Milano, 1994

DALL'OLIO L., *Arte e architettura*, Testo & Immagine, Torino, 1997

DA POS O., BORTOLATTO L., *Effetto trasparenza*, da Atti del convegno internazionale di studi promosso da 'Le Venezie' centro triveneto per la cultura e le arti visive e Università di Padova - Centro dipartimentale di studi calore e arte, edizione Le Venezie, 1996

DEVOTO G., OLI G.C., *Vocabolario illustrato della lingua italiana*, selezione dal Reader's Digest, Vol.II, Milano 1980, pg.1395, e *Il Grande Dizionario Garzanti della lingua italiana*, febbraio1988

DUCHAMP M., *Duchamp du signe*

HAMILTON R., *Il Grande Vetro,* 1973, trad. It. di Elio Grazioli

GEORGES-CALONGHI, *Dizionario della lingua latina*, Rosenberg & Sellier, 3°edizione 9°tiratura, Torino 1967

MANZINI E., *Artefatti*, Milano, Domus Academy, 1990

MARRA C., *Le idee della fotografia*, Mondadori, 2001

OLEARI C. (a cura di), Misurare il colore, Hoepli, Milano, 2002

PAZ O., *Apparenza nuda,* trad. It. SE, Milano, 1990

RAVIZZA D., *Progettare con la luce,* FrancoAngeli, Milano 2001

ROGORA A., *Luce naturale e progetto,* Maggioli Editore, Rimini, 1997

SCHWARZ A., *La sposa messa a nudo in Marcel Duchampo, anche,* Einaudi , Torino 1974

WURMAN R.S., *What will be has always been, word of Louis I. Kahn,* Access, New York, 1986

WILDING J.M., *La percezione. Dalla sensazione all'oggetto,* Casa Editrice Astrolabio, Roma 1985

ZAFFAGNINI T., *La serigrafia come arte,* in Archingeo n.6/2002, Maggioli editore

Evoluzione storica della traslucenza nell'involucro architettonico

AA.VV., *Jean Prouvè constructeur 1901-1984,* Reunion des Musees Nationaux, Pris, 2001

AUBRY F., VANDENBREEDEN J., *Horta. Naissance et dèpassement de l'art nouveau,* Ludion, Gand, 1996

BENEVOLO L., *Storia dell'architettura del Rinascimento*, Laterza, Bari, 1968

BORSI F., PORTOGHESI P., *Victor Horta*, Laterza, Bari, 1982

COHEN M., *Victor Horta,* Zanichelli, Bologna, 1998

COLAFRANCESCHI D., *Architettura in superficie*, Gangemi editore, Roma, 1995

FUTAGAWA Y., BAUCHET B., VELLAY M., *La maison de Verre - Pierre Chareau,* A.D.A. EDITA, Tokyo, 1988

GIEDION S., *Spazio, tempo e architettura,* Hoepli, Milano, 1984

HITCHCOCK H.R., *L'architettura dell'Ottocento e del Novecento,* Einaudi, Torino, 1989

MAFFEI A. (a cura di), *Toyo Ito, le opere i progetti gli scritti,* Electa, Milano, 2001

OLMO C. (a cura di), *Dizionario dell'architettura del XX secolo,* Umberto Allemandi, Torino 2000

PEVSNER N., FLEMING J., HONOUR H., *Dizionario di architettura,* Einaudi, Torino, 1981

RICE P., DUTTON H., *Il vetro strutturale*, Tecniche Nuove, 1991, Milano
RILEY T., REED P., *Frank Lloyd Wright. Architetto 1867-1959,* Electa, Milano, 1994

SALAT S. (a cura di), LABBE' F., *Fumihiko Maki, progetti e architetture,* Electa, Milano, 1988

TOYO ITO, *Blurring architecture,* Charta, Milano, 1999

Il progetto dell'involucro architettonico traslucido

ALTOMONTE S., *L'involucro architettonico come interfaccia dinamica, strumenti e criteri per una architettura sostenibile,* Alinea, Firenze, 2005

ANTONINI E., *Materiali complessi*, in MATERIA n.58/2008, Motta editore, Milano

BARTHES R., *Semiologia e Urbanistica*,10 settembre 1967

BARTHES R., *L'empire des signes*, slira, Genova, 1970, trad.it. *L'impero dei segni*, Einaudi, Torino, 1984

BONSIEPE G., *Dall'oggetto all'interfaccia*, Feltrinelli, Milano, 1995

CALVINO I., *Le città invisibili,* Mondadori, Milano, 1993

CAMPIOLI A., *Il contesto del progetto,. Il costruire contemporaneo tra sperimentalismohigh-tech e diffusione delle tecnologie industriali,* Franco Angeli, 1993

COLAFRANCESCHI D., *Architettura in superficie. Materiali, figure e tecnologie delle nuove facciate urbane*, Gangemi, Roma, 1995

COLOMBAN M., *The wall of the future,* in Permasteelisa, *Curtain Wall Lectures,* National University of Singapore, 1994

CIRILLO F., (a cura di), *saper credere in architettura - trentuno domande a Jean Nouvel*, CLEAN, Napoli, 1998

DE FUSCO R., *Segni, storia e progetto dell'architettura*, Bari, Laterza, 1989, pg. 85

FRAMPTON K., *Tettonica e architettura. Poetica della forma architettonica nel XIX e XX secolo*, Skira, Milano, 1999

FRANCO G., *L'involucro edilizio,* EPD Libri, Roma, 2003

GALIMBERTI U., *Parole nomadi*, Feltrinelli, Milano, 2006

GASPARINI K., *Design in superficie,* Franco angeli, Milano 2009

HERZOG T., KRIPPNER R., LANG W., *Atlante delle facciate*, UTET, Torino, 2005

LEONARDI N., *Editoriale*, in THE PLAN n.2/2003

MALDONADO T., *Reale e virtuale,* Feltrinelli, Milano, 1992

MANCINI R., *Progettare l'involucro*, in MATERIA n.55, Motta Editore, Milano, settembre 2007

MANZINI E., *Artefatti,* Domus academy, Milano, 1990

MCLUHAN M., *Gli strumenti per comunicare,* Net, Milano, 2002

NARDI G., *Le nuove radici antiche: saggio sulle questioni delle tecniche esecutive in architettura,* Franco Angeli, Milano, 1988

PORTOGHESI P., *Editoriale*, in MATERIA n.42/2003, *Nuovi materiali,* Motta editore, Milano

PORTOGHESI P., *L'involucro e il volto*, in MATERIA n.55, Motta Editore, Milano, settembre 2007

SACK M., *Verlockungen der Architektur*, Luzern, 2003

SALAT S., LABBE' F., *Ando par Ando*, Arc en Rêve, 1988, (traduzione di P.Zennaro)

SINIPOLI N., TATANO V., *Sulle tracce dell'innovazione. Tra tecniche e architettura,* Milano Franco Angeli, 2002

SPADOLINI P., (a cura di), *Design e tecnologia,* Luigi Parma, Bologna, 1977

VENTURI R., *Complexity and contradiction in architecture*, The Museum of Modern Art, New York, 1966, tr.it. *Complessità e Contraddizioni nell'architettura*, Dedalo, Bari, 1980

ZAFFAGNINI M., *Manualistica come informazione tecnic*a, in V. GANGEMI, P. RANZO (a cura di), *Il governo del progetto*, Luigi Parma, Bologna, 1987

ZAFFAGNINI M., *Progettare nel processo edilizio,* L. Parma, Bologna, 1981

ZANELLI A., *a cura di, Ricerche di tecnologia dell'architettura,* Libreria Clup, Milano, 2000

ZENNARO P., *La qualità rarefatta*, Francoangeli, Milano, 2000

Materiali e superfici traslucide

ALFARANO G., *Trasparenza trasformista. I nuovi materiali per il controllo dell'illuminazione naturale, in Ambiente Costruito,* n.3/1999

ALINI L., *Kengo Kuma: liticità contemporanee, da Stone Museum a Stone Pavillion,* Libria, Melfi, 2008

ARMAN B., POLI M., *Aron Losonczi. Transparent Concrete*, in *Domus*, n. 875/2004

AUCH-SCHWELK H., ROSENKRANZ F. (a cura di), *Atlante dei materiali,* UTET Scienze Tecniche, Monaco, 2005

BALLARD BELL V., RAND P., *Matreials for architectureaò design,* Laurence King Publishing, Londra 2006

CAMPIOLI A., *reversibilità e risparmio energetico: i dettagli della sostenibilità, in Costruire in laterizio* n.65/2008

CAMPIOLI A., ZANELLI A. (a cura di), *Architettura tessile. Progettare e costruire membrane e scocche*, Sole24Ore, Milano, maggio 2009

COMPAGNO A., *Il vetro in edilizia. Sviluppi e tendenze*, in *Trasparenze - vetri, plastiche e metall*i, a cura di F. Kaltenbach, edizione italiana a cura di E. De Angelis, UTET, Torino 2007

CONTI C., *Tecniche attuali per un materiale antico,* in MATERIA n.54/2007, Motta editore, Milano 2007

CIRIBINI G., *Introduzione alla tecnologia del design,* Angeli, Milano, 1979

DEL NORD R., Presentazione, in M.C. Tonelli-Michail, *L'avventura dell'innovazione*, Alinea, Firenze, 1996

DI SIVIO M., *Atlante della pietr*a, UTET Scienze Tecniche, Torino, 2004

GAMGEMI V., *Riciclare in architettura. Scenari innovativi della cultura del progetto,* Clean, Napoli, 2004

GATTI M.P., *Edifici con la pelle in legno.Tradizione e innovazione,* in MATERIA n.57/2008, Motta Editore, Milano

GIBERTI M., *Trasparenza letterale e fenomenica nell'uso di tecnologie permeabili*, in MATERIA n.41/2003, *Architetture di vetro*, Motta Editore

GIORDANO-ORSINI G., GUSMANO G., *Introduzione alla scienza dei materiali,* in Aimat (a cura di), *Manuale dei materiali per l'ingegneria*, Mc Graw-Hill, Milano, 1996

HEGGER M., *Atlante dei materiali,* UTET, Torino, 2006

HERZOG T., KRIPPNER R., LANG W., *Atlante delle facciate*, UTET, Milano, 2004

IMPERADORI M., *Le procedure Struttura/Rivestimento per l'edilizia sostenibile. Tecnologie dell'innovazione,* Maggioli, Rimini, 1999

JETZT C., *Vetri a prestazioni combinate, in* DETAIL n.10/2004, *Costruire con il vetro*

KALTENBACH F., *Trasparenze, vetri plastiche e metalli,* UTET Scienze Tecniche, Monaco, 2007

LANGELLA C., *Nuovi paesaggi materici, design e tecnologia dei materiali,* Alinea, Firenze, 2003

LEFTERI C., *La ceramica. Materiali per un design di ispirazione*, Modena, Logos, 2005

MANZINI E., *La materia dell'invenzione*, Arcadia, Milano, 1986

MUTTI A., PROVENZIANI D., *Tecniche costruttive per l'architettura*, Edizioni Kappa, Roma, 1989

PASNIK M., *Elements in architecture. Materialien, materiaux, materialen,* Evergreen, Taschen, Colonia, 2008

PORTOGHESI P., *Editoriale , in* MATERIA n.41/2003, *Architetture di vetro*, Motta Editore

PORTOGHESI P., *I metalli nell'architettura*, in MATERIA n.54/2007, Motta editore, Milano 2007

SCHITTICH C., STAIB G., BALKOW D., SCHULER M., SOBEK W., *Atlante del vetro*, UTET, Milano, 2000

SCHITTICH C., *Editoriale, in* DETAIL n.05/2008, *Materiali plastici*

SINOPOLI N., *La tecnologia invisibile*, Angeli, Milano, 1997

SIRAGUSA L., Prodotti vetrosi, in *Materiali naturartificiali*, V. TATANO (a cura di), Officina Edizioni, Roma, 2006

STATTMAN N., *Bioplastiche*, in DETAIL 5/2008

TATANO V. (a cura di), *Materiali naturartificiali. Tendenze innovative nel progetto di architettura*, Officina edizioni, Roma, 2006

TATANO V. (a cura di), *Oltre la trasparenza. Riflessioni sull'impiego del vetro in architettura*, Officina edizioni, Roma, 2008

TATANO V., *Armature urbane,* in MATERIA n.54/2007, Motta editore, Milano 2007

TORRICELLI M.C., DEL NORD R., FELLI P., *Materiali e tecnologia dell'architettura,* Laterza, Roma, 2005

TORRICELLI M.C., LAURIA A., a cura di, *Innovazione tecnologica per l'architettura un diario a più voci,* edizioni ETS, Pisa, 2004.

TUCCI F., *Involucro ben temperato. Efficienza energetica ed ecologica in architettura attraverso la pelle degli edifici,* Alinea, Firenze, 2006

VITTA M., *La materia manipolata,* in *L'Arca,* n.136/aprile 1998

WIGGINTON M., *Glass in architecture,* Phaidon, New York, 1996

ZAFFAGNINI T., *Architetture ad alta efficienza energetica per la comunità,* in UFFICIO TECNICO. vol. n.12 dicembre 2006, pp. 40-49 ISSN: 0394-8293

ZAFFAGNINI T., *Il nuovo Gemeindezentrum di Ludesh in Austria. Un esempio di coerenza tra pianificazione e progettazione energeticamente sostenibile*, In: BARUCCO M.; TRABUCCO D.A CURA DI. "ARCHITETTURA_ENERGIA". p. 155-163, MONFALCONE (GO): EdicomEdizioni, 2007