

Coordinamento totale

Niente di più lontano concettualmente: la progettazione spinta sino alle sperimentazioni più ardite e la logica del cantiere lento e molte volte risolto a piè d'opera. Eppure queste due realtà sono oggi a confronto in moltissime opere di architettura in corso di costruzione, con esiti formali e soluzioni tecniche diversi ma molto interessanti.

Due almeno i versanti di indagine strettamente correlati tra loro: il livello di sofisticazione delle tecnologie da un lato e la logica e organizzazione di cantiere dall'altro. Se per buona parte dei settori industriali il progettista cerca sin dalla fase di ideazione la collaborazione e la consulenza dei tecnici di produzione nell'ottica di verificare la coerenza della propria elaborazione alle possibilità tecniche del settore, questo approccio sinergico è poco comune all'edilizia, dove solitamente la verifica in cantiere avviene a progetto esecutivo eseguito poco prima della messa in cantiere. Questa logica penalizza spesso la qualità dell'opera architettonica, soprattutto per un mancato controllo delle soluzioni di dettaglio. Oggi tuttavia, proprio per la complessità delle soluzioni tecniche dovute a forme sempre più ardite, il dialogo sin dalle prime fasi con il mondo produttivo si fa sempre più serrato. Non solo, elevatissimo è il contributo dei consulenti, strutturali, termici, acustici e altro, che risolvono punto per punto le diverse esigenze del progetto.

Le tecnologie per le forme complesse tuttavia, non sempre e non solo, sono

La sofisticazione tecnologica, le forme complesse richiedono un montaggio altamente "progettato", a seconda del tipo di involucro: sette casi di studio

Ingrid Paoletti

riconducibili, come si potrebbe pensare, a tecnologie avanzate.

Esse spaziano infatti da tecniche tradizionali declinate per adattarsi alle superfici curve e convesse a tecnologie ad hoc studiate e progettate per lo specifico intervento, implicando diverse modalità di messa in opera.

Un disamina di sette casi in cantiere in questi mesi, scelti in relazione alla diversità delle tecnologie impiegate, illustrerà di seguito alcune soluzioni costruttive e la loro relativa cantierabilità: due casi di tecnologie per l'opacità, due per la trasparenza e tre ibridi.

I due casi opachi sono il nuovo stadio di Monaco, Allianz Arena, di Herzog e de Meuron (un complesso involucro di cuscini in ETFE) e il centro commerciale Selfridges, a Manchester, dei Future Systems (dischi in alluminio relativamente semplici). I due casi trasparenti riguardano il Museo Mercedes, a Stoccarda, di Van Berkel UN Studio, una gigante spirale in cemento e vetro e la spina dorsale del nuovo polo fieristico di Milano di Massimiliano Fuksas. Infine i tre casi ibridi sono la Torno Internazionale a Milano dello Studio DOBP, la Torre Agbar a Barcellona di Jean Nouvel, una torre con doppio involucro su cemento armato, e la Kunsthaus di Graz, di Peter Cook e Colin Fourier realizzata con vetro acrilico.

In ognuno di questi casi si noterà come la logica del processo edilizio si declini di volta in volta a seconda delle complessità delle tecnologie impiegate e del contesto di intervento con alcuni denominatori comuni.

La forte tendenza, per esempio, verso il general contractor, impresa coordinatrice, che gestisce diversi subappaltatori, sembra, nei casi di buon coordinamento con le parti e con il progettista, risolvere il problema della complessità dell'intervento, delegando a subfornitori specializzati parti della costruzione. Se que-



sto approccio permette una maggiore flessibilità di gestione del cantiere, d'altro canto riduce in parte il colloquio tra il progettista e il costruttore finale della sua opera, fattore cruciale per una corretta esecuzione dell'opera.

Sembra evidenziarsi inoltre una necessità di chiarezza sempre più forte nei ruoli dei diversi operatori per gestire al meglio cantieri che trovano in contemporanea sullo stesso suolo moltissime competenze, tutte organizzate in modo diverso e non rispondenti a un unico interlocutore.

In cantiere, le forme complesse pongono poi molti ordini di difficoltà: se da un lato le tecnologie tradizionali spesso non necessitano di manodopera specializzata rispetto a quelle innovative, permettendo una più facile gestione del cantiere da parte dell'impresa generale, dall'altro canto esse diventando così paradossalmente a maggior rischio di errori di esecuzione per mancata perizia o tolleranze non rispettate.

Viceversa le tecnologie complesse, pur necessitando di un montaggio accurato per via della

difficoltà esecutiva, in alcuni casi garantiscono un migliore risultato, perché gestite in modo evoluto da squadre di subappaltatori specializzati (pensiamo al caso emblematico dell'involucro). Uno dei punti più critici è sicuramente il luogo delle interfacce tra sistemi, quei "luoghi di nessuno" dove più spesso si verificano problemi di assemblaggio in cantiere per la mancanza di controllo dei giunti di connessione tra involucro e struttura, tra impianti e partizioni, etc. Problemi che finiscono spesso per compromettere anche un sistema con prestazioni elevate. In via arbitraria si potrà notare, attraverso la disamina dei casi che segue, che tecnologie e cantiere per le forme complesse possono seguire per lo meno tre vie. Una prima via consiste nell'impiego di tecniche già esistenti ma adatte alla complessità delle forme fluide, si vedano i dischi di alluminio di Selfridges e la tecnologia Bix applicata al museo di Graz, dove il cantiere procede poi in maniera relativamente

tradizionale, attraverso imprese che utilizzano la propria manodopera. In questi casi è fondamentale che il disegno esecutivo sia eseguito nei minimi dettagli per evitare soluzioni approssimative in cantiere. La seconda via riguarda tecnologie esistenti

ma implementate nelle loro capacità grazie alle competenze dei consulenti. All'interno di questo filone si veda il caso della Fiera di Milano, dove la vela progettata dall'architetto Massimiliano Fuksas è stata ottimizzata grazie allo studio degli sforzi a spirale dello studio Schailch Bergermann und partners, e poi messa in opera dalla società Mero che ha vinto il subappalto della vela dal general contractor. In questi casi è fondamentale il coordinamento tra tutte le figure operanti in cantiere e un'accurata scelta dei fornitori non solo nell'ottica del general contractor ma anche del progettista, che può contare su un know how di elevato spessore tecnico, utilissimo a semplificare anche le problematiche in fase di cantiere. Evidentemente è infatti sovente in questo serrato confronto che emergono anche le problematiche legate alle fasi di montaggio e di messa in opera del progetto.

Infine l'ultima via più avanzata, ma possibile solo in alcuni contesti particolarmente recettivi a questo tipo di evoluzione delle logiche di cantiere, consiste nell'impiego di tecnologie ad hoc stu-

diate grazie a team di progettisti e specialisti supportati da avanzati strumenti informatici, lo stadio di Monaco rivestito di cuscini di ETFE e il museo Mercedes di Un Studio ne sono un caso emblematico. In questi casi anche l'impresa si struttura con manodopera specializzata e preparata per il montaggio di opere complesse.

Nel caso della Torno Internazionale la cantierizzazione ha influenzato il progetto costruttivo di officina che ha dovuto considerare l'integrazione tra le varie parti.

In questi progetti il cantiere è già prefigurato nella fase di progettazione grazie a software parametrici evoluti che modificano la sequenzialità delle fasi costruttive, incorporando già in fase di ingegnerizzazione della soluzione tutte le necessità della fase di montaggio di ogni singolo componente. Tutte queste vie di cantierizzazione possono portare alla buona riuscita costruttiva del progetto, implicando, siano esse tradizionali o avanzate, una forte attenzione al rapporto tra progetto e dettaglio costruttivo e tra disegno del dettaglio ed esecuzione in cantiere. Nei casi analizzati esiste comunque una matrice comune, che riguarda una fortissima

integrazione tra progettista e industria delle costruzioni, mentre un po' latente risulta il dialogo con gli operatori del cantiere, fattore che permetterebbe invece di ridurre i margini di errore, soprattutto nelle finiture dell'opera che spesso vengono delegate all'impresa.

Un ultimo punto riguarda infine la ricerca e l'innovazione, temi spesso trattati alle diverse fasi della progettazione ma meno nella fase di cantiere, dove invece meriterebbero un maggior spazio. E' infatti in atto una lenta evoluzione oltre che nelle logiche organizzative del cantiere, dove alcune imprese di costruzioni sembrano volgere verso maggiori livelli di qualità, anche su tutto il versante normativo, che si sta adeguando alla necessità di un cantiere avanzato e sicuro, e sul versante delle attrezzature in cantiere, incrementate in qualità e affidabilità. Evidentemente un'ulteriore evoluzione in questo senso migliorerebbe sinergie e qualità dell'opera edilizia, rianodando quei fili tra fasi di progettazione e cantierizzazione ancora troppe volte distanti.

Ingrid Paoletti è architetto, professore incaricato presso il Politecnico di Milano, Dip. Best

Si ringrazia per il materiale tecnico-iconografico M Fuksas arch, Atelier Jean Nouvel, Un Studio e Bix technologies, Covertex- Canobbio, Gartner Permasteelisa Group, James + Taylor, Studio Dante O. Benini Partners Architects.

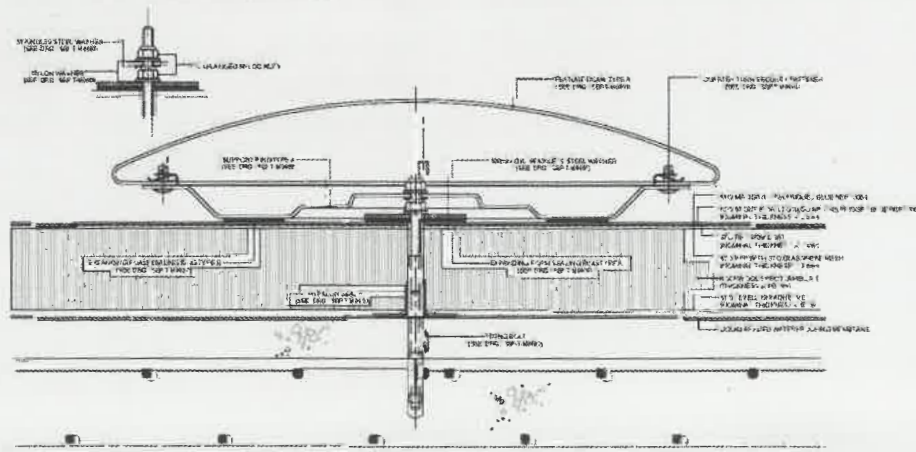
Selfridges

Il grande magazzino Selfridges a Birmingham, progettato da Future Systems e inaugurato a settembre dello scorso anno, presenta tecnologie per il rivestimento esterno non particolarmente innovative, ma innovativo il modo di concepire la forma complessa: un "blob" di cemento colorato di blu coperto di bottoni in alluminio. Se da lontano la superficie sembra complessa e riflette l'idea dei progettisti di rivestire l'edificio con un vestito in maglia metallica stile Paco Rabanne, semplice è in realtà la tecnologia e il sistema di costruzione. La forma fluida sottostante è stata ottenuta con un cemento gettato a spray su una struttura in acciaio utilizzata come ossatura principale, tecnologia utilizzata solitamente per i tunnel.

Studiati e ideati per lo specifico progetto dalla britannica James + Taylor, il rivestimento consiste in 15.000 dischi in scocca da 660 mm di diametro per 3 mm di spessore di alluminio anodizzato e satinato, realizzati con macchine presso-piegatrici e fissati con dei rivetti alla superficie cementizia sottostante. Le macchine a controllo numerico hanno permes-



so un controllo preciso di ogni singolo disco semplificando la fase di cantierizzazione che è diventato un momento di assemblaggio poco complesso. Questi dischi rispondono inoltre all'esigenza di economicità della costruzione, presen-



Il Progetto

Future System
Manchester, 2004 (realizzato)

Tecnologia in cantiere:
15.000 dischi di facile
assemblaggio

tando un costo al metroquadrato vicino a una classica scocca in alluminio piana. La semplicità di montaggio, un piatto rivettato con fissaggi in inox e l'aggancio del disco, ha permesso inoltre una forte rapidità costruttiva: sono stati infatti installati 600 dischi al giorno con tecniche di montaggio tradizionali, ossia circa 60 dischi all'ora e cioè un disco al minuto.

Allianz Arena

66.000 m² di involucro pneumatico dello stadio Allianz Arena progettato da Herzog e De Meuron saranno tamponati da cuscinetti in ETFE (Ethylene Tetra Fluor Ethylene), primo progetto per dimensione ad utilizzare questa tecnologia innovativa.

Con un materiale vicino per caratteristiche al teflon, ogni cuscinetto è realizzato con due fogli di ETFE di spessore di 200 µm, per un peso all'incirca di 700 gr/m², montato su una sottostruttura in acciaio. Questa sottostruttura, su un struttura principale studiata da Arup, consiste in un reticolo formato da 30 anelli sovrapposti, 9 per la facciata e 21 per la copertura, intersecati da 96 diagonali che corrono a spirale, creando di conseguenza spazi a losanga, dove verranno alloggiati i cuscinetti.

I cuscinetti sono di due tipi diversi, per copertura e facciata. Quelli in copertura sono completamente trasparenti e consentono una trasmissione luminosa del 95% lasciando passare i raggi UVA, condizione necessaria per la buona manutenzione del manto erboso del campo, prima preoccupazione dei gestori dello stadio. Quelli in facciata sono costituiti da un foglio trasparente e uno bianco o in alcuni punti stampato, dove saranno posizionati degli spot di luce interni che diffonderanno il colore della squadre in campo. Le dimensioni dei 2.816 cuscinetti sono consistenti: da 4m a 8m di lato, da 2 m a 4,25 m di luce, con una diagonale massima di 16 metri.

Ogni cuscinetto è connesso a un sistema di immissione di aria deumidificata che garantisce la pneumaticità del sistema, portando la pressione interna a un intervallo compreso tra i 200 e i 1000 pascal.

Delicatissima la fase di montaggio in cantiere. Essa prevede infatti la cruciale buona esecuzione dei giunti di connessione, sia per mantenere la pressione interna, sia per garantire la tenuta all'acqua del sistema.

Il tutto avviene con gru mobili, agganciate a punti di fissaggio già previsti nella fase di progettazione, e con l'ausilio di una squadra formata da due persone per ogni gru che "tira" il cuscinetto nei due punti in diagonale e poi un volta sistemato lo mette in pressione.

Per contenere il montaggio nei 15 mesi di tempo previsto per l'installazione, Covertex e Canobbio, le società realiz-



Il Progetto

Herzog e De Meuron
Monaco (in corso)

Tecnologia in cantiere:
Scalatori certificati Irata per i
cuscinetti di ETFE

state poste alla base dello stadio in posizioni facilmente accessibili.

Molto interessante la manutenzione del rivestimento: quasi nulla.

zatrici dell'involucro, si sono dotate di propria manodopera specializzata, certificata dal codice UK Irata. L'Irata, Industrial Roper Access Trade Association, è un'associazione che forma manodopera specializzata nel lavoro con sistemi a funi, garantendo per le società iscritte una formazione di ottimo livello e quindi una maggiore competenza tecnica oltre che sicurezza in cantiere.

E' una certificazione volontaria che tuttavia va nell'ottica di una specializzazione della manodopera molto utile per cantieri complessi e che ha permesso di garantire una elevata qualità in cantiere condizione fondamentale alla buona riuscita dell'opera.

Importantissimo oltre al momento della messa in pressione anche l'alloggiamento delle macchine per il mantenimento della pneumaticità in opera, le quali sono

I cuscinetti sono infatti autopulenti con l'acqua piovana, la sostituzione è semplice in caso di rottura e il materiale riciclabile al 100%.



Museo Mercedes

La messa in cantiere del progetto di UN Studio per il museo Mercedes-Benz a Stoccarda è un vero e proprio luogo di assemblaggio di tecnologie innovative, dove la rapidità e la coordinazione tra gli operatori è la condizione necessaria per la buona esecuzione dell'opera. Il concorso è stato vinto grazie a un'idea innovativa di museo: 20.000 m² di spazio basati su un'organizzazione spaziale interattiva, dove il visitatore è continuamente sollecitato a un rapporto tra interno ed esterno nella sua visita che procede dall'alto verso il basso.

Questo percorso è ottenuto attraverso la fusione di due ellissi che creano un vuoto triangolare centrale sul quale si articolano gli spazi museali.

Spazialmente complesso, il concetto costruttivo che sta alla base dell'intervento ha richiesto una grande efficienza tecnica: la struttura portante è stata infatti studiata in modo da sostenere grandi luci ruotando insieme ai piani e in funzione dei carichi, mentre l'involucro vetrato è sorretto da una struttura in profili a T di acciaio saldati, taponata con vetri speciali, progettati per cambiare in funzione del clima, sfumando dalla totale trasparenza all'opaco.

Cruciale quindi l'interfaccia tra i due

sistemi sia nella fase di progettazione sia di costruzione. L'involucro in vetro, acciaio e alluminio - realizzato dalla Gartner, gruppo Permasteelisa - a causa della sua particolare geometria (circa 6200 m² di facciata vetrata e 5300 m² di rivestimento in alluminio) ha comportato lo sviluppo di cellule tutte diverse una dall'altra. Da qui la forte esigenza di utilizzare in fase di progettazione un software tridimensionale parametrico, quale Catia, per ottimizzare il processo di sviluppo delle singole cellule e del loro aggancio alla struttura portante.

Lo sviluppo progettuale è iniziato dai disegni forniti dai tecnici di UN Studio, che utilizzano il software 3D Rhino, da cui sono partiti tutti i fornitori per estrarre le informazioni necessarie per produrre i singoli sistemi.

In particolare per la facciata, la parte progettuale è stata completamente eseguita con Catia proprio per ottimizzare il difficile controllo di cellule simili ma differenti, partendo dai disegni dei cementi fornito dall'impresa, mentre per i disegni di officina è stato utilizzato Autocad.

La messa in cantiere si sviluppa a partire dai presupposti impostati durante la progettazione.

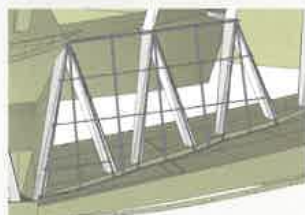
Le strutture, realizzate dalla ditta Züblin, sono infatti caratterizzate da forme molto complesse la cui cantierizzazione richiede moltissimi sostegni: fattore che rende difficile l'installazione delle cellule.

Verrà perciò utilizzata una sequenza di installazione denominata a "puzzle" completando il lavoro nel momento in cui si possono levare i supporti per i cementi e non una tradizionale

Il Progetto

UN Studio
Stoccarda (in corso)

Tecnologia in cantiere:
Montaggio "a puzzle"



installazione sequenziale.

Il sistema di montaggio dell'involucro è eseguito infatti grazie a speciali staffe annegate nella soletta, progettate e sviluppate l'una diversa dall'altra, sia per la diversità delle cellule e sia per l'inclinazione della soletta a rampa. Fissate le staffe, le cellule dell'involucro verranno installate con l'ausilio di impalcature e gru mobili. Una volta installati i profili, verranno fissati i vetri alla struttura.

Questo sistema di montaggio, che prevede l'aggancio della cellula mentre sono ancora presenti i sostegni dei cementi in cantiere, in modo da velocizzare le operazioni e controllare in modo puntuale le tolleranze, è una condizione che richiede tuttavia una grande interazione delle diverse figure coinvolte e un grosso sforzo logistico in cantiere. Il planning di cantiere prevede infatti l'installazione di 25 cellule di involucro la settimana realizzata da una squadra di 15 persone.

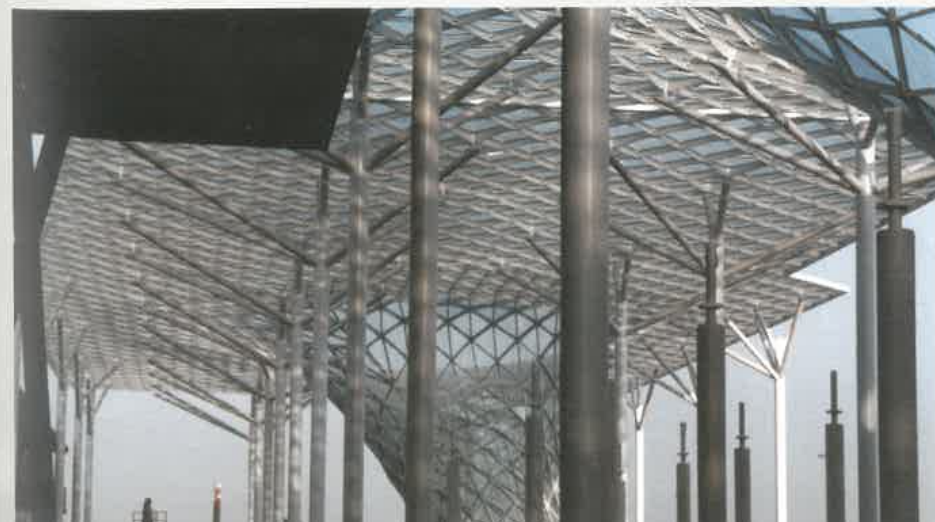


Nuovo Polo Fieristico di Milano

1,3 km di lunghezza per 32 metri di larghezza, 50.000 m² di copertura, 19.000 pezzi diversi: questi alcuni dei numeri della vela vetrata realizzata dall'arch. Massimiliano Fuksas per la nuova Fiera di Milano a Rho Pero. In realtà più che di numeri è opportuno concentrare il discorso sulla grande ricerca formale prima e tecnologica poi, che caratterizzano questo intervento. La copertura, pensata come un fiume che scorre da est a ovest in mezzo ai padiglioni, inizia con un cratere principale che tuffandosi dalla terra verso il cielo, guida lo sguardo e il passo del visitatore lungo un percorso che si sviluppa da nord a sud con alterni "crateri" e "montagne". Questo percorso,

quasi geografico, genera una geometria fluida sotto la quale alloggiavano diversi edifici con altre funzioni (ristoranti, sale riunioni, altro). Tecnicamente, la vela è realizzata in vetro e acciaio, rappresentando un esempio concreto della possibilità di realizzare forme complesse con tecnologie semplici. La variabile vincente è stato lo studio effettuato dagli strutturisti Schailch Bergermann und partners insieme dalla tedesca Mero, che ha permesso di realizzare una struttura statica con diagonali a spirali e perpendicolari, dove, al salire delle curve, fosse possibile ridurre le sezioni in ragione della diminuzione degli sforzi, sino agli esili 8 cm in altezza. I nodi sono costituiti da due anelli di circa 16 centimetri di diametro sui quali si innestano le aste che compongono le facce della vela, quattro o tre a seconda dei casi.

Nessuno spazio al compromesso quindi, e anche una agilità di montaggio



Il Progetto

Massimiliano Fuksas
Rho-Però, Milano (in corso)

Tecnologia in cantiere:
assemblaggio "programmato"
a piè d'opera

dovuta alla tecnologia di fissaggio dei giunti, prefabbricati e assemblati in opera, e dei vetri, che prevede il posizionamento di profili in acciaio, la sistemazione di alcuni feltri in teflon per evitare problemi di dilazioni e infine l'installazione del pannello vetrato finito con il silicone.

Le tecniche di montaggio consistono nell'utilizzo di una gru che preleva il nodo o il vetro e lo porta in posizione, dove almeno altri due montatori posizionano l'elemento supportati nelle parti alte da tradizionali ponteggi.

Concluso anche il logo della fiera, chiamato amichevolmente "monte fuksas", anch'esso frutto della creatività del progettista, che è rappresentato dall'immensa pinna alta 36 metri che si erge sopra il centro servizi e si dirige poi sino al suolo creando un cratere vetrato.

La struttura reticolare è in tutto simile a quella utilizzata per la vela, solo i nodi sono leggermente più grandi, 20 cm di diametro contro i 16 del nodo della vela. In questo caso forte è stata la mediazione anche con i vigili del fuoco per poter apporre gli smoke out richiesti per l'evacuazione dei fumi sulla testa del monte, nel modo meno invasivo possibile.



Torno Internazionale

L'edificio in costruzione rappresenta il secondo blocco del complesso edilizio di via Valtellina ed affiancherà l'edificio ristrutturato in precedenza che è già operativo e, pur mantenendo gli elementi e le caratteristiche fisiche e dinamiche dell'esistente, si presenterà con un impatto completamente diverso.

La nuova forma nasce da una precisa ricerca mirante ad ottenere le medesime performance energetiche del primo edificio, nel contesto dei vincoli urbanistici presenti; inoltre si voleva ottenere che l'edificio, essendo esposto su di un angolo aperto, implodesse su se stesso quasi ad auto-protegersi.

Qui l'ingegneria strutturale ed impiantistica è diventata prevaricante rispetto al segno architettonico; acciaio, vetro e luce danno vita ad una nuova macchina per operare



nel nostro tempo.

Con 5 piani interrati e 8 fuori terra con funzioni miste articolate in autorimessa, uffici, spazi commerciali, l'ingresso al building è caratterizzato dalla lobby di ingresso a tutta altezza (H40 m) che funge da giunto di dilatazione ed innesto tra il nuovo edificio e l'esistente.

Il Progetto

Benini O Partners
Milano (in corso)
Tecnologia in cantiere:
Pezzi Custom Made

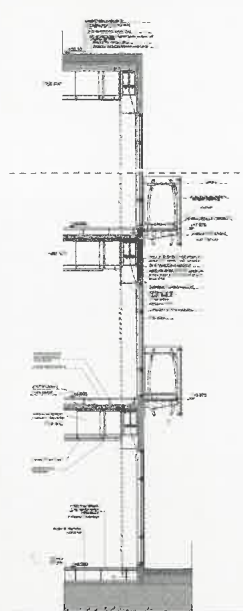
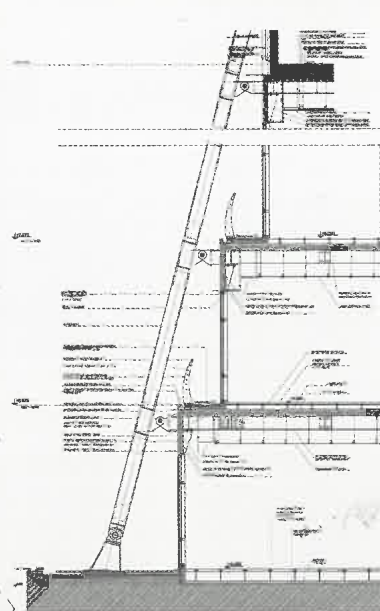
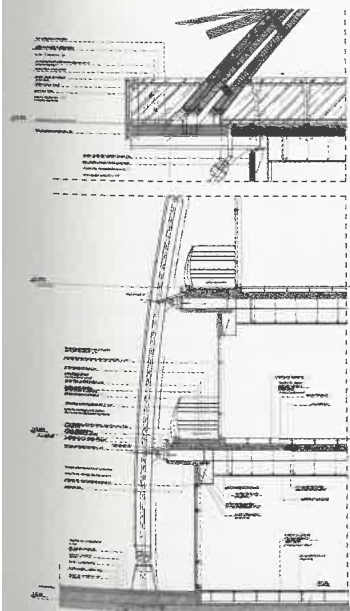
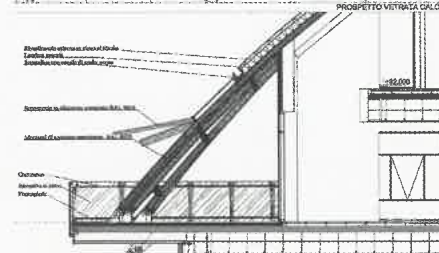
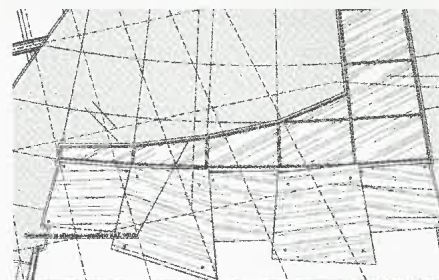
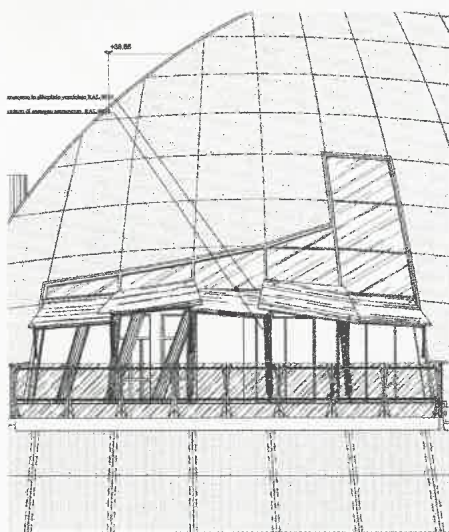
L'involucro ed il corpo edilizio sono costruiti totalmente in acciaio dove gli elementi caratterizzanti sono il grande "spinnaker" di 26 tonnellate, il cui rivestimento è un particolare acciaio AISI 316 20/10 micro-perforato Ugipol di Uginox (Gruppo Arcelor) che culmina sveltando sopra la copertura in vetro dell'edificio esistente e dà origine ad uno scivolo concavo che copre, creando un'unica composizione, l'edificio commerciale più basso, e dalla struttura portante del fronte Ovest che è stata portata all'esterno. Il progetto di massima concepito nel 2001 partendo da una serie di modelli plastici in cartoncino ed il progetto esecutivo, redatto utilizzando software di modellazione tridimensionale per il controllo della geometria spaziale e dinamica delle strutture, e posto a base di gara d'appalto nel 2003, contengono sostanzialmente informazioni per lo stesso risultato progettuale, l'idea è rimasta inalterata ed i contenuti progettuali sostanzialmente identici nello sviluppo del progetto con una emblematica integrazione multidisciplinaria.



re tra Dante O Benini Partners ed i consultant di ingegneria strutturale (Arup e DLC) Ciò che ha avuto una grossa influenza sulla ingegnerizzazione del cantiere, oltre alla complessità del progetto, rendendola ancora più accurata e complessa è stata la gestione del processo di integrazione di diversi appaltatori delle carpenterie metalliche e sistemi di serramenti (Lorenzon, Pichler, Somec, Metalsigma Tunesi) selezionati da un cliente imprenditore di se stesso e gestore del processo di appalto e del coordinamento di cantiere per la ricerca assoluta dell'ottimizzazione di costi e qualità.

La cantierizzazione, quindi, ha influenzato il progetto costruttivo di officina che ha dovuto tener conto dell'integrazione tra le varie parti, appaltatori secondo i propri caratteristici know how, brevetti e procedure di montaggio. Ciò ha anche portato integrazioni al progetto esecutivo in termini di adeguamento ai pezzi di edilizia industrializzata tipici e sotto brevetto come anche viceversa ha portato il know how tipico e l'industrializzazione del processo ad adeguarsi con pezzi custom made laddove il progetto esecutivo era prevaricante.

In sintesi, il progetto esecutivo ha dovuto sostenere vari esami, molti di più di quanto non avvenga nella normalità dove gli interlocutori unici sono cliente e budget. Qui, l'impresa (anche con i giusti titoli di



credito), ha seguito attentamente tutti gli elaborati esecutivi prodotti, sia dal punto di vista tecnico/commerciale, che da quello delle performance del manufatto finito; si aggiunga a questo quanto prima descritto dal punto di vista dei singoli appaltatori per quanto riguarda i progetti di officina e si avrà un quadro completo della complessità. Grande ruolo nel processo progettuale lo ha certamente avuto la prototipizzazione che è stata effettuata praticamente per tutti i componenti e manufatti e questo, in un progetto così complesso, ha permesso di gestire al meglio i processi costruttivi lavorando sul dettaglio al vero e interpretare con meno problematiche e rischi le fasi dei singoli montaggi dei macro componenti e dei complementi costruttivi; il tutto nella massima espressione conosciuta di industrializzazione edilizia

(Luca Gonzo, Studio Dante O. Benini & Partners Architects).



La grande vela rivestita in un particolare acciaio microforato rappresenta un elemento di significatività architettonica di grande complessità costruttiva: ha richiesto (assieme al complesso delle facciate curve) un'accurata gestione del processo di integrazione dei diversi appaltatori di carpenteria metallica e sistemi di serramentistica. Per il montaggio si è scelta una strada di semiprefabbricazione in cantiere, nel senso che si sono premontati a piè d'opera dei manufatti parziali che, issati con autogrù, sono stati messi in opera singolarmente.



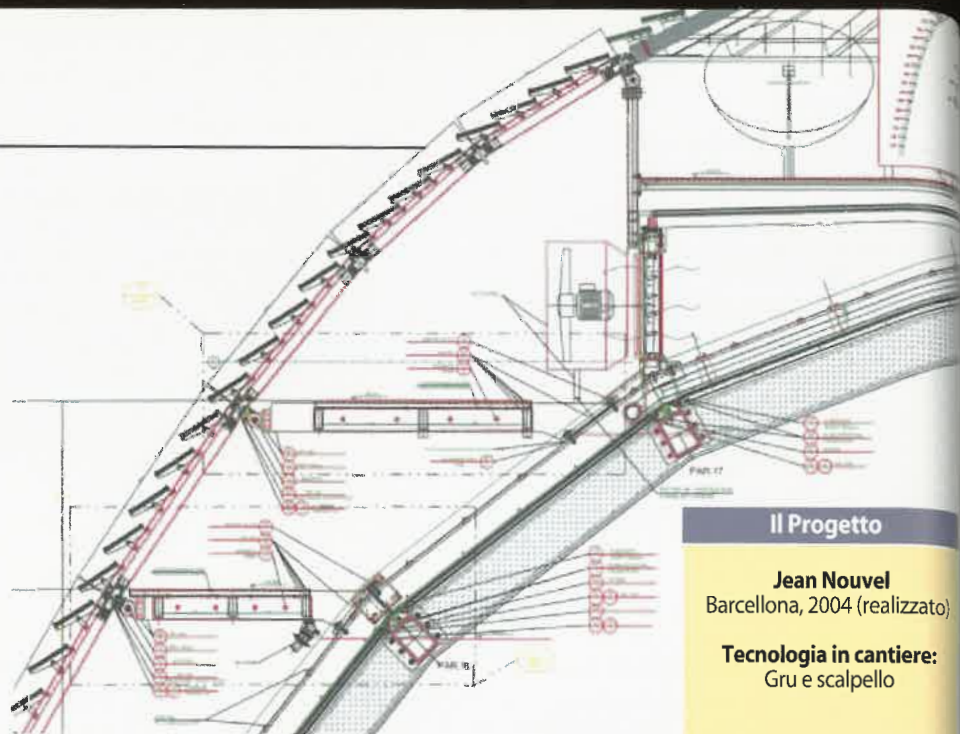
Torre Agbar

Coronata da pochi mesi la torre Agbar ha necessitato da un lato di una sofisticata gru alta ben 166 metri per essere conclusa, dall'alto di un fine lavoro di scalpello per sistemare ogni minima tolleranza tra la struttura e l'involucro esterno. Il grattacielo, progettato da Jean Nouvel, è alto infatti 144 metri, completamente rivestito da una doppia pelle su supporto di pannelli in cemento armato, ed è stato studiato per avere una forte valenza espressiva ed evocare, secondo la volontà del progettista, un geyser che sgorga dal terreno.

La pelle interna è costituita da una parte in calcestruzzo armata rivestita da lamiere ondulate di vario colore (lo studio del colore è stato affidato ad Alain Bony) che incorniciano finestre quadrate. A poche decine

di centimetri una cortina di lamelle inclinate in vetro traslucido, montate su un telaio metallico, che dona all'edificio quell'effetto di semitrasparenza.

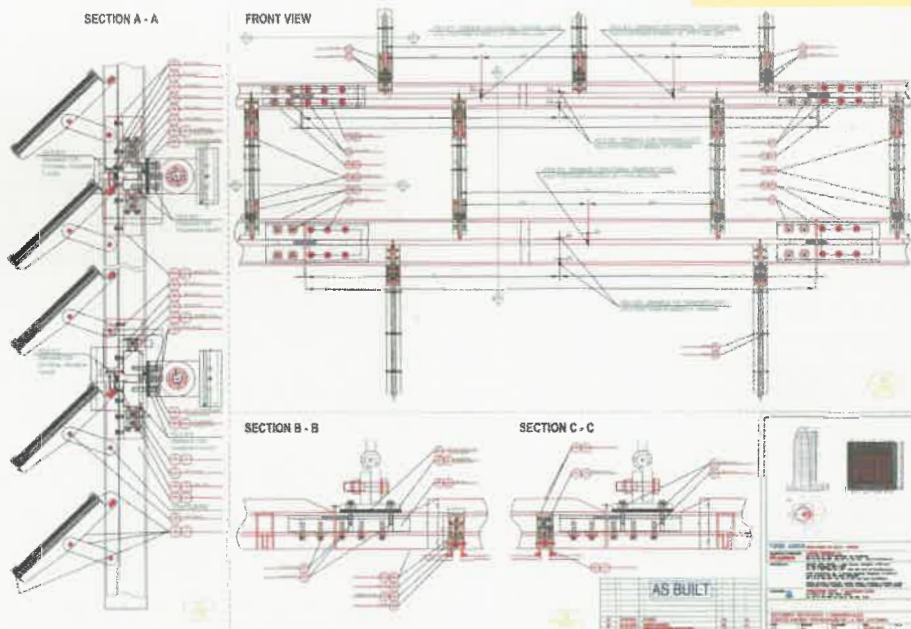
La torre progettata per la società che si occupa della gestione integrata del ciclo dell'acqua a Barcellona ospiterà, oltre agli spazi per uffici e ristorazione, anche un auditorium per 350 persone.



Il Progetto

Jean Nouvel
Barcellona, 2004 (realizzato)

Tecnologia in cantiere:
Gru e scalpello



Il cantiere è stato particolarmente complesso per la forma dell'edificio e per la mancanza quindi di una tradizionale struttura a pilastri e solai.

Per quanto riguarda l'involucro per esempio, realizzato dalla Permasteelisa Group, due le modalità di assemblaggio: per la parte del fusto si è proceduto con monorail e gondole, per la parte della cupola con una speciale gru. La fasi costruttive

hanno presupposto il fissaggio delle lamiere di rivestimento, il posizionamento di staffe sulla parte cementizia per l'ancoraggio di passerelle esterne e conseguentemente il fissaggio delle lamelle in vetro esterne.

Tutta la soluzione di facciata è stata inoltre testata con campioni al vero che verificare che in

caso di rottura accidentale di una lamella esterna non vi fosse pericolo di caduta.

Per il completamente dei 15.000 metri-quadri di rivestimento sono stati necessari 22 mesi, un tempo relativamente lungo dovuto alla difficoltà costruttiva della torre.

In particolare uno dei problemi più complessi in cantiere è stato l'aggiustamento delle tolleranze dei cementi, molto dissimili da quelle dell'involucro esterno, per il quale è stato necessario in alcuni punti scalpellare il cemento per ottenere la planarità e perfetta continuità del rivestimento.

Pochissimi anche gli spazi di stoccaggio in cantiere per cui è stato necessario affittare un magazzino.

Da un punto di vista organizzativo il cantiere è stato gestito dal contract administrator, designato dal committente, che ha gestito tutti i subfornitori, i quali si sono avvalsi di manodopera esterna per completare il lavoro.

Questo forse un ulteriore punto di complessità per l'esecuzione di questa torre affusolata.



Bix technology

L'ultimo caso è il museo di Graz di Peter Cook e Colin Fourier, forse non il più riuscito nel rapporto con il contesto, ma sicuramente studiato per suscitare reazioni, mettendo in evidenza le possibilità espressive e simboliche dell'involucro. In questo progetto le tecnologie costruttive sono sottomesse all'intento formale principale: creare una pelle simbolica e comunicativa.

La forma del "blob" è stata studiata mettendo in relazione un modellino e una simulazione al computer: mentre il modellino veniva ottimizzato attraverso l'uso di biglie legate tra loro sia in verticale che in orizzontale (per verificare i punti gravitazionali), il modello, realizzato con i software Microstation 3D e Rhino, provvedeva all'ottimizzazione della struttura portante e dell'involucro, segmentato per facilitare la costruzione, in porzioni a una sola direzione di curvatura.

In questo modo il cantiere è stato poi un luogo di assemblaggio di pezzi preparati in officina e montati a secco tramite

perni fissati nel cemento sottostante. Il montaggio è avvenuto anche in questo caso, in modo abbastanza semplice, con l'integrazione di gru mobili e ponteggi e l'accuratezza di posi-

zionare i pezzi secondo la numerazione predisposta in fabbrica.

La superficie esterna del museo è tamponata con 1100 lastre di vetro acrilico da 15 mm fissate in modo puntuale le une alle altre, interrotte in alcuni punti da lucernari realizzati con la sagoma di oblò e orientati in modo da ottimizzare la presa di luce alle diverse ore del giorno.

La struttura in acciaio a maglia triangolare sorregge un pacchetto di circa 30 cm finito con una guaina in pvc. Le lastre, sagomate con macchine a controllo numerico e di dimensioni di 3x1,5 metri, sono sollevate dalla superficie, creando un'intercapedine nella quale sono alloggiati delle lampade al neon da 40 W parte di un sistema di illuminazione denominato BIX.

Queste ultime di notte illuminano di un colore blu la superficie del vetro e sono

state studiate attraverso un software che regola 930 lampade al neon, capaci di illuminarsi in modo tale da creare delle insegne luminose visibili da molti punti della città.

Uno dei punti cruciali è stato coniugare l'impiego di corpi illuminanti a neon con le necessità di sicurezza a eventuali corto circuiti, al fuoco, e agli agenti atmosferici.

Ciò è stato ottenuto installando una rete idrica, realizzata tramite canalizzazioni poste nell'intercapedine, che funzioni con

Il Progetto

Peter cook e Colin Fourier
Kunsthhaus a Graz, (realizzato)

Tecnologia in cantiere:
Neon e sicurezza

sprinkler in caso di incendio e che si possa riscaldare in caso di neve per evitarne l'accumulo.

