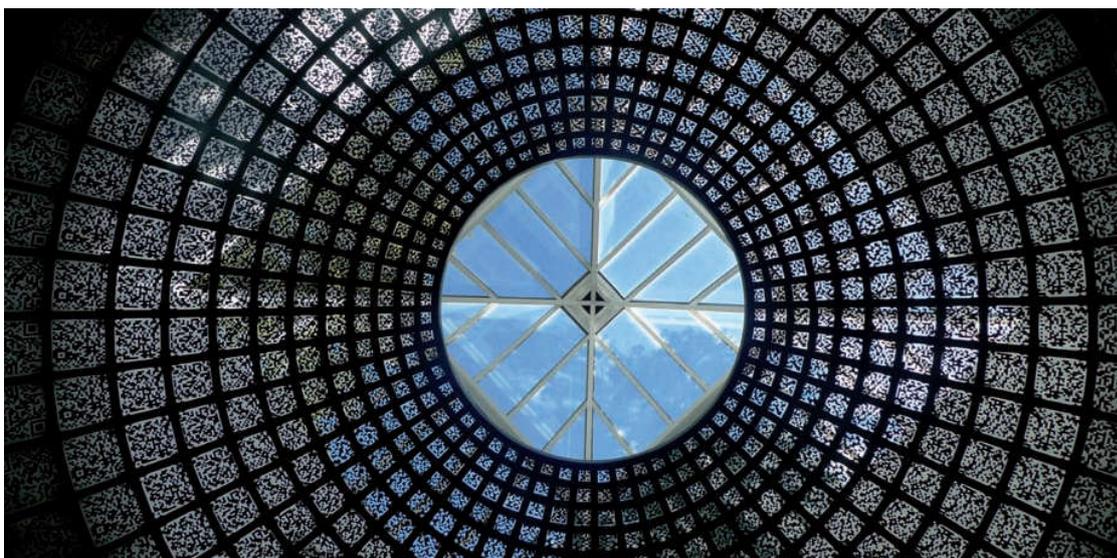


Q MODULO PAROLE CHIAVE

**COPERTURE TRASPARENTI ·  
PROCESSI DI ENGINEERING**  
· MATERIALI COMPOSITI FRP ·  
FIBRE DI CARBONIO · ACCIAI  
AD ALTA RESISTENZA · FIBRE DI  
VETRO · ODINE MANFRONI · MEW  
· **MANFRONI ENGINEERING  
WORKSHOP**

Allestimento del padiglione della  
Russia alla Biennale di Architettura  
di Venezia nel 2012: Arch. Sergei  
Tchoban, engineering Odine Manfroni,  
realizzazione Taltos-Torino



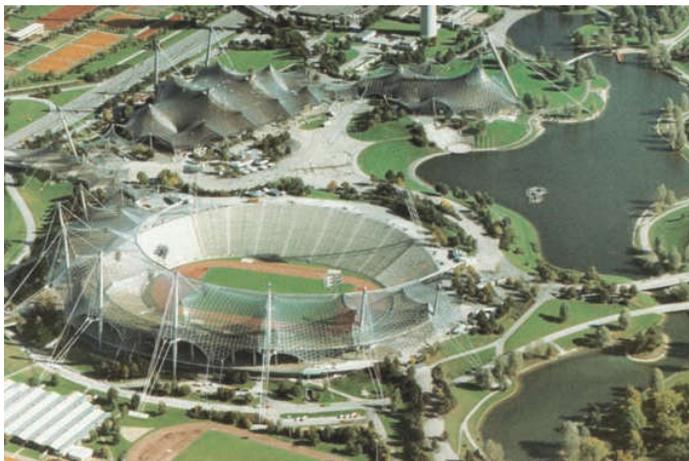
## ENGINEERING ovvero i processi di affinamento dell'idea progettuale che transita verso il progetto esecutivo. Modulo a colloquio con Odine Manfroni, MEW - Manfroni Engineering Workshop

TESTIMONIANZA RACCOLTA DA GIUSEPPE BIONDO

La complessità dell'architettura contemporanea è un aspetto che è necessario governare, affinare in un percorso opportuno e conveniente sia sotto il profilo tecnologico che sotto quello economico, cantieristico, manutentivo. L'affinamento della proposta formale verso il progetto esecutivo, con tutto il suo corredo di notazioni economiche, cantieristiche, manutentive e non solo, spetta all'engineering, che ha un ruolo fondamentale, ben oltre il mero calcolo. Ne parliamo con Odine Manfroni, studio Mew.

**Modulo:** Le coperture trasparenti a grande luce sono da sempre tema di grosso impegno nell'engineering. Quali le potenzialità e le tendenze attuali?

**Odine Manfroni:** Un grande impulso alle potenzialità delle coperture a grande luce è dato dalla ricerca sui nuovi materiali, dalla produzione di acciai ad alta resistenza e dai processi automatizzati di formazione e taglio di lamiere e profilati, che permettono alla fantasia dei progettisti di non avere quasi più limiti, aumentando le parti vetrate e scegliendo forme inconsuete. E' facile prevedere, nei prossimi anni, anche l'utilizzo massiccio in edilizia di materiali compositi (FRP), come le fibre di carbonio o di vetro, oggi impiegati solo in maniera marginale ed ancora appannaggio di ambiti meccanici ed aeronautici. In edilizia l'uso è riservato ad ambiti specifici (restauro, antisismica, ecc). L'impiego di materiali innovativi nasce sempre con l'esigenza di superare problemi ingegneristici nei quali, se non si possono modificare gli schemi statici, si cerca per lo meno di modificare il materiale che li costituisce.



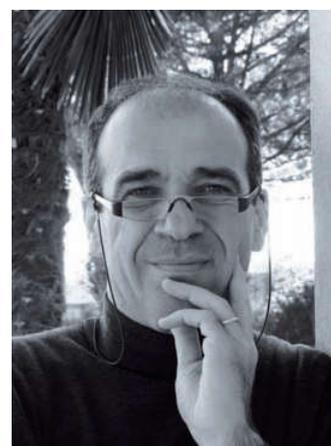
Tre coperture diverse in tre momenti diversi. La copertura dello stadio olimpico di Monaco realizzata nel 1970 è stata progettata con modelli fisici e meccanici mentre le coperture del British Museum a Londra e del Reichstag a Berlino realizzati circa 30 anni dopo scaturiscono direttamente da modelli matematici. Nonostante tutto, la copertura costruita 40 anni fa a Monaco resiste egregiamente al confronto con quelle più recenti, segno che le capacità e le professionalità umane prevalgono sempre sui mezzi e sulle tecnologie a disposizione.

La dimensione delle coperture a grande luce le rende costruzioni estremamente sensibili, che porta a un'estremizzazione dello sfruttamento del comportamento meccanico e delle risorse dei materiali: se si trova una soluzione idonea per una struttura snella di grandi dimensioni, sarà elementare dedurre tutte le altre soluzioni possibili di dimensioni minori in quanto esse contengono tutte le condizioni per affrontare gli altri progetti.

Gli schemi statici solitamente impiegati nell'ingegneria seguono l'evoluzione della tecnologia e lo sviluppo della conoscenza sui nuovi materiali. Lo stesso concetto di arco, come noto, ha subito storicamente un'evoluzione significativa tale da modificarsi in funzione delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali impiegati, passando dall'arco relativamente tozzo con la concavità rivolta verso il basso e costituito da elementi lapidei molto resistenti a compressione e per nulla a trazione (si vedano per esempio gli acquedotti di epoca romana) all'arco di funi degli attuali ponti sospesi, dove l'acciaio, grazie alla sua eccezionale resistenza a trazione, consente con spessori ridotti di sopportare sforzi elevatissimi garantendo una configurazione stabile ad arco con curvatura rivolta verso l'alto. La sostituzione del materiale ha portato sostanzialmente ad un capovolgimento della forma.

Infine soluzioni bi o tridimensionali, più coerenti alla morfologia del mondo naturale ed oggi facilmente studiabili e replicabili grazie alle attuali conoscenze scientifiche ed alle moderne tecniche di analisi e di produzione, consentono un ottimo sfruttamento delle risorse dei materiali grazie alla loro intrinseca capacità di sostenere i carichi prevalentemente "per forma", vale a dire mediante regimi di sforzo di tipo membranale. La morfologia del mondo naturale è in questo caso più che mai maestra nell'indicarci la strada da percorrere per l'ottenimento di soluzioni efficaci ed ottimali.

Una nota particolare va fatta per l'arco a tre cerniere, molto familiare ad ogni ingegnere che laureandosi crede che l'applicazione discenda dalla ricerca e dalla teoria, mentre in realtà i fatti dimostrano l'esatto contrario. La pratica di cantiere aveva suggerito che fosse preferibile costruire a terra i due concetti di un arco con le tre cerniere allineate e poi, solo in fase di varo, si sarebbe potuto alzare l'intera costruzione fino alla sua posizione finale mediante il sollevamento della cerniera centrale, consentendo ad una delle due estremità a terra di poter scorrere longitudinalmente fino alla sua posizione finale. Questa tecnica, ampiamente usata e collaudata durante tutto l'ottocento per culminare con la costruzione delle grandi stazioni in tutta Europa, ha poi stimolato gli ingegneri a verificarne il comportamento statico arrivando a dimostrare che esso rappresenta una chiara situazione in cui le azioni e gli sforzi sono facilmente individuabili e quantificabili.



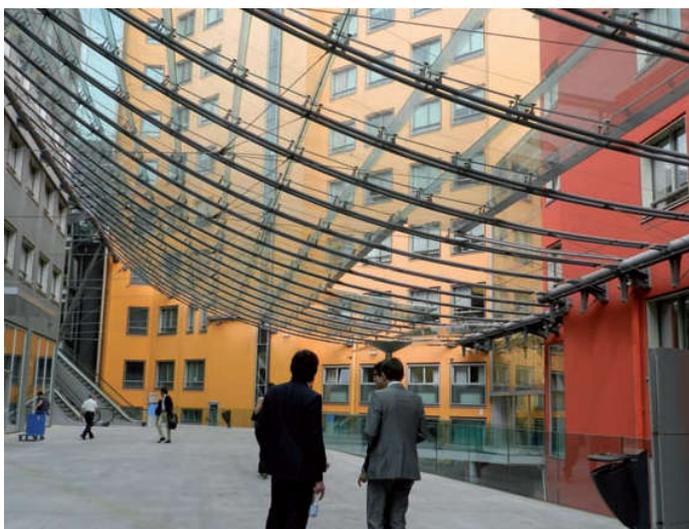


**LE SCELTE STRUTTURALI DEVONO ESSERE PRECEDUTE E VALUTATE IN BASE A UN'ANALISI DEI COSTI CHE COSTITUISCE UN PARAMETRO DECISIVO E UN PASSAGGIO OBBLIGATO PER ELABORARE UN BUON PROGETTO**

Le strutture isostatiche sono facili da calcolare, a differenza di quelle iperstatiche; una delle differenze principali tra questi schemi è quello legato al tipo di materiale che si intende utilizzare. Ad esempio per strutture in vetro, e quindi fragili, è opportuno l'impiego di uno schema isostatico, mentre se si adopera un materiale duttile si può usare una struttura iperstatica. Si immagini, ad esempio, una trave incastrata di vetro temperato ed una di acciaio. Ove venga raggiunta la massima resistenza nella struttura di vetro essa scoppierà in maniera repentina, mentre quella di acciaio avrà ancora una risorsa plastica, di duttilità, e si deformerà in maniera che le fibre vicine a quelle che non sono più in grado di sopportare una determinata sollecitazione diano ancora un contributo alla resistenza globale della trave. Per una struttura fragile come quella costituita da vetro questo è inammissibile. Una struttura duttile permette alle persone di mettersi in sicurezza in quanto lascia il tempo di percepire il pericolo imminente; una fragile no. Lo schema statico è quindi strettamente legato anche alla scelta dei materiali.

Le scelte strutturali devono essere precedute e valutate in base ad un'analisi dei costi, che costituisce un parametro decisivo e un passaggio obbligato per elaborare un buon progetto; la medesima struttura ha costi differenti in base al luogo in cui si trova: ad esempio l'acciaio, facilmente reperibile in Germania, sarebbe poco economico in Africa. Oggi, a seguito della grave crisi finanziaria in cui si trova il nostro paese, queste differenze si notano anche su distanze molto più ravvicinate, dell'ordine di poche centinaia di chilometri.

**Modulo:** In termini generali, in coperture complesse, il progetto architettonico e strutturale deve tener conto della molteplicità dei produttori (ferro, tiranti, nodi, vetrazioni etc) ciascuno dei quali deve produrre con determinate specifiche di prestazione, compatibilità, poi l'assemblaggio deve essere rigorosa-



In alto, Tenda in vetro nella corte interna di alcuni edifici a Milano.  
"Ricordo ancora quando nel suo studio Mario Cucinella e io disegnammo e studiammo su una lavagna la forma a "catenaria" di questa copertura di fronte ai suoi ragazzi".

Unica nel suo genere la copertura praticabile del Museo della Magna Grecia a Reggio Calabria dove sono custoditi i Bronzi di Riace.

- Vetri calpestabili con carico di 5kN/mq con interlayer antiuragano
- Tiranti in acciaio Nitronic50, dello stesso tipo impiegati nella piramide del Louvre a Parigi
- Schema statico Tensegrity come quello delle strutture di Buckminster Fuller.

Durante la costruzione è stato verificato costantemente il corretto tiro di ciascun tirante martellandoli delicatamente ed ascoltandone il "suono" con appositi accelerometri; una maniera moderna di interpretare la consuetudine dei nostri antenati intenti nell'installazione delle catene in ferro nei portici delle nostre città.

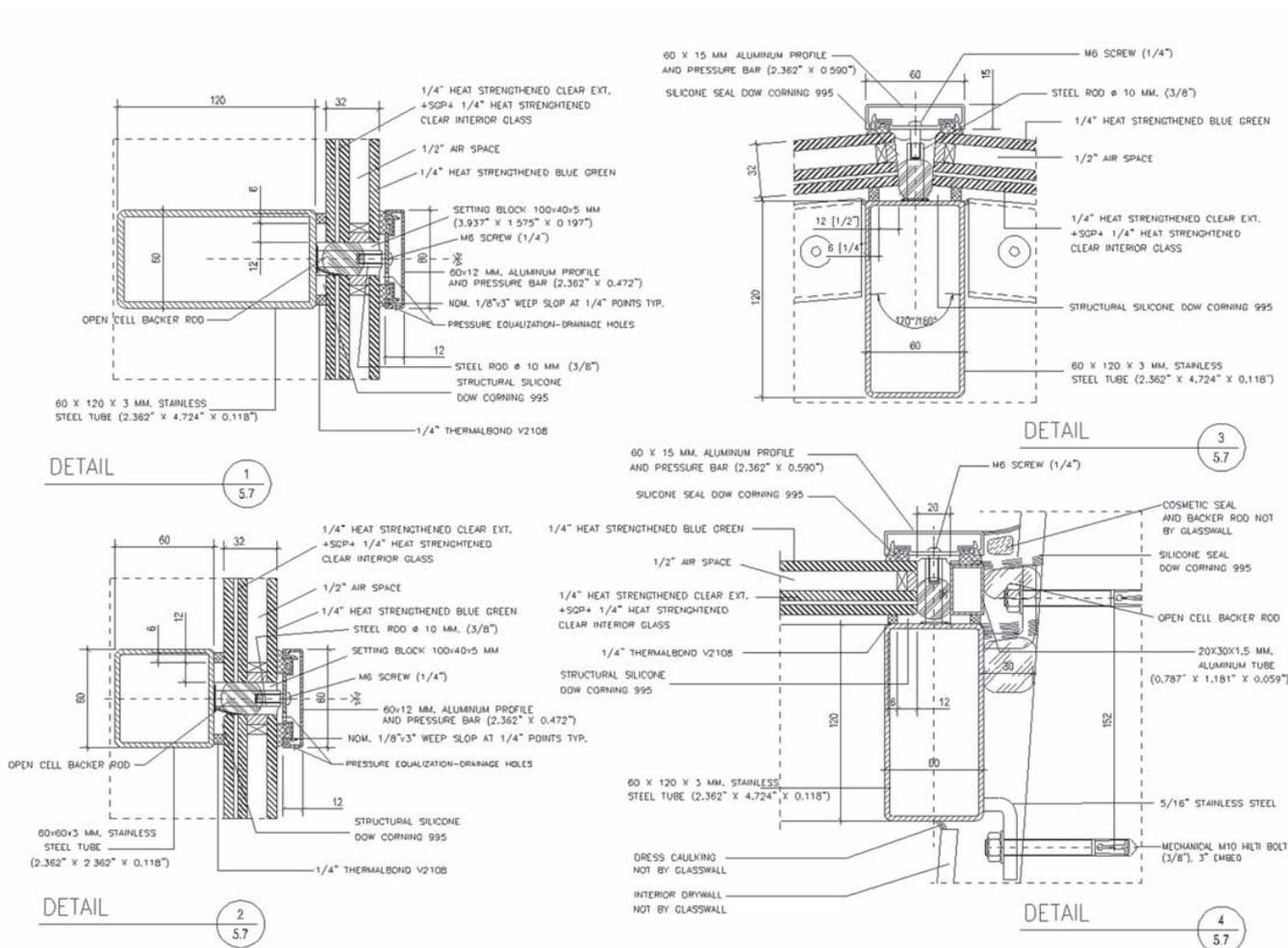
mente codificato etc. Come si gestisce, oggi e in Italia, questo processo? esistono imprese specializzate che offrono una specie di "chiavi in mano"?"

**Odine Manfroni:** Esistono grosse aziende che offrono una sorta di servizio chiavi in mano per le strutture di dimensioni importanti; queste aziende basano solitamente il proprio lavoro sull'opera di fornitori abituali, con cui hanno rapporti che si sono consolidati e potenziati nel tempo, che conoscono i metodi di produzione dei pezzi speciali e le esigenze dell'azienda e lavorano in sinergia con essa per fornire un prodotto valido e funzionante. In questo caso è l'azienda che si relaziona con tutti i fornitori e non il progettista, che ha come unico interlocutore l'azienda con una notevole semplificazione dei rapporti, delle responsabilità e dei tempi. Le aziende che si occupano di un servizio completo sono però pochissime in Italia e nella maggioranza dei casi è necessario relazionarsi con molti interlocutori a diversi livelli. Per questo motivo l'attuale contesto impone al progettista di sviluppare soluzioni semplici la cui realizzazione ed il cui montaggio siano agevolati; non è purtroppo caso isolato quello in cui una struttura venga addirittura montata al contrario per noncuranza dei disegni o anche per incapacità di saperli leggere adeguatamente. Le scelte e le decisioni estemporanee in cantiere dovrebbero essere estremamente limitate perché non si può più fare affidamento sulla competenza delle maestranze che trovino soluzioni ad eventuali problemi improvvisi, e questo soprattutto per l'eterogeneità della loro provenienza e della loro estrazione culturale. Per tale motivo la decifrabilità dei disegni esecutivi e di montaggio dovrebbe essere estremamente semplice e questo comporta un onere ed una responsabilità dei progettisti inusuali per le "abitudini" consolidate progettuali del nostro paese, cosa certamente non vera per altri territori come quelli anglosassoni. Oltretutto l'attività di progetto è sempre meno riconosciuta e contabilizzata dai committenti che identificano sempre di più tale attività col prodotto finale che commissionano, vale a dire acquistando il manufatto tendono ad incorporare in esso anche l'onere ed il costo della progettazione come se questa fosse un semplice atto dovuto di tipo amministrativo, disconoscendo di fatto l'importanza che riveste il ruolo del progettista nell'essere prima di tutto consulente responsabile del committente nell'identificare e nel progettare l'opera da lui richiesta a prescindere da chi poi sarà chiamato a realizzarla.

**Modulo:** Quali sono gli aspetti, oggi, di maggior impegno progettuale? oltre che con i sw, si lavora anche con modelli strutturali o anche solo formali (maquette)?

**Odine Manfroni:** Il modello, come concetto, esiste ancora e perdurerà nei tempi: esso rappresenta l'estrema sintesi concettuale con la quale identifichiamo la realtà e ci proponiamo di prevederne gli sviluppi. E' però necessario distinguere tra il modello architettonico, che riguarda l'aspetto estetico, funzionale e quello relativo alla fruibilità della costruzione, ed il modello meccanico-ingegneristico che invece deve fornire una chiara indicazione sulla fattibilità dell'opera stessa e sulla sua sicurezza. I materiali costituenti i modelli e le proporzioni, nel caso del modello meccanico, devono poter rappresentare in maniera soddisfacente il reale comportamento della struttura e la scala non è sempre in proporzione lineare con le grandezze in gioco.

In passato si è fatto un uso esteso di modelli fisici impiegati in maniera propedeutica alla progettazione; ultimamente però, con l'avvento della modellazione 3d e dei software di calcolo per gestire sistemi complessi, si è persa l'esperienza tattile del mondo fisico e la capacità di vedere e "sentire" ciò che si progetta. Gli ingegneri del recente passato avevano infatti la sensibilità "tattile" delle grandezze fisiche



Dettagli esecutivi realizzati per un progetto a Miami in Florida.

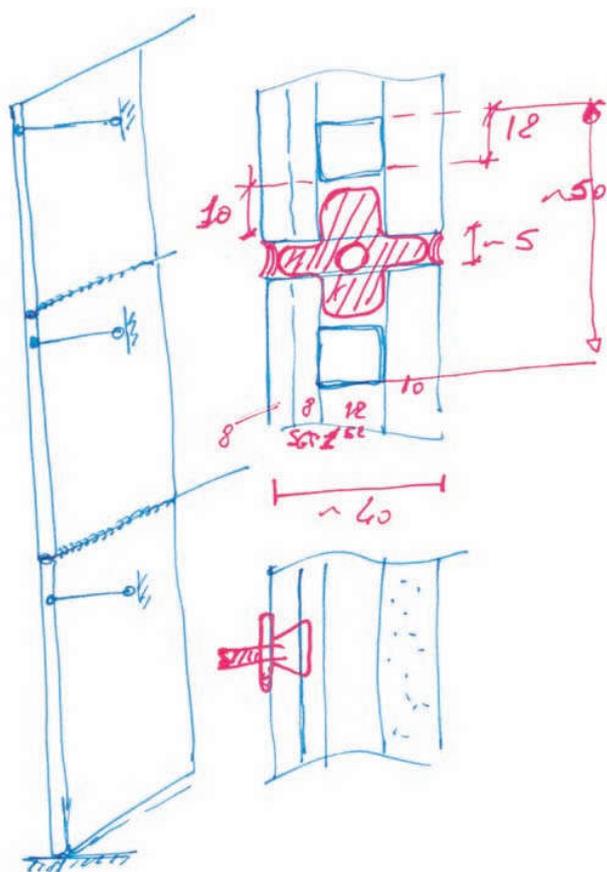
"Nel nostro lavoro è fondamentale la capacità di analizzare i problemi, studiarne i dettagli e rappresentarne le soluzioni anche in una lingua e secondo una cultura diversi dalla nostra".

che caratterizzavano i loro modelli, osservando e misurando quanto a loro serviva per poter dimensionare le strutture e per garantire di conseguenza la sicurezza delle loro opere.

La matematica, quale potentissimo mezzo di identificazione ed interpretazione delle leggi naturali, unita alla tecnologia digitale, è oggi alla base dei moderni modelli "virtuali" coi quali l'ingegnere si cimenta nella sua attività di progettazione e che, costituiscono un'indispensabile protesi della nostra mente e della nostra capacità di progettare.

Pur tuttavia uno dei più grossi ostacoli per l'ingegnere è costituito dal sistema burocratico con il quale egli si cimenta sin dalle primissime fasi della sua progettazione. Questo limita in maniera spesso sproporzionata le sue possibilità progettuali, porta ad un incremento dei costi e dei tempi di progettazione, crea anche difficoltà laddove nella realtà non se ne dovrebbero avere. Paradossalmente il lato positivo di tutto questo è che egli vive una sorta di sfida continua per poter progettare liberamente e senza incanalarsi in modelli e tipologie banali e sempre uguali, ai quali a volte pare che la normativa e la burocrazia vigente ci costringano ad attenerci, ed ogni progetto diventa così una possibilità in più di imparare qualcosa, anche dopo anni di esperienza nel settore.

Per quanto concerne l'aspetto puramente progettuale, il nostro lavoro ci permette di utilizzare qualunque strumento o materiale per comprendere il funzionamento delle strutture: dal foglietto di carta piegato in varie forme e modi, ai programmi di calcolo, alla modellazione cad 3d, ai plastici e modelli reali, che possono ormai essere anche stampati con stampanti 3d.



Il progetto è tutto qui, nello schizzo attento di un dettaglio. In alto lo studio di un particolare metodo di fissaggio dei vetri, poi realizzato. In basso l'idea embrionale di un nodo tipico della Tensegrity di Reggio Calabria schizzato a matita su un tovagliolino di un bar a Roma durante una pausa per un caffè con l'Arch. Paolo Desideri.

Un mio recente progetto è nato osservando un portacenere ed una matita! Un modello banale, che mi ha permesso assieme all'Arch. Paolo Desideri di definire un dettaglio importante della copertura del museo dei bronzi di Reggio Calabria. Un impegno notevole è anche costituito, come già affermato, dall'esigenza di relazionarsi con tanti soggetti diversi e trovare una strada comune e soluzioni innovative al passo con le enormi possibilità tecnologiche ed innovative degli anni recenti. Il rischio è sempre quello di limitare e chiudere le proprie scelte a soluzioni scontate e banali per accontentare tutti e non assumersi così la responsabilità di decisioni che esolino da ciò a cui si è abituati e necessitano di un iter progettuale e procedurale più complesso. Relazionarsi con il committente e fare i conti con i costi rende questo percorso stimolante ma assai complesso, in quanto le risorse economiche non sono illimitate come le possibilità concettuali di cui disponiamo.

La modellazione cad 3d, a differenza dei modelli reali, può talvolta costituire un ostacolo al buon senso e al pudore progettuale. Certi programmi, nati per il design, permettono di progettare forme fino a qualche anno fa inimmaginabili che, per essere realizzate, necessitano di una quantità di materiale talmente elevato rispetto allo standard da poter essere, a mio avviso, considerata uno spreco. La tendenza è talvolta quella di concentrarsi sull'enorme possibilità formale data da questi programmi, che permettono di creare praticamente qualunque forma, perdendo di vista la realtà.

Tali costruzioni sono inoltre il più delle volte opere pubbliche o pagate dalla collettività e a questo proposito si dovrebbe parlare di etica della progettazione e della costruzione, argomento che però esula dal nostro ambito. Pur tuttavia la storia dimostra che l'evoluzione concettuale e culturale nell'ambito dell'ingegneria si è verificato per iniziativa di alcuni personaggi che hanno osato sfidare le leggi e le consuetudini del tempo realizzando opere che si sono successivamente dimostrate affidabili e sicure, così come la torre Eiffel che da monumento effimero è diventato emblema di una nazione.

**Modulo:** Le sono capitati progetti "ineseguibili"?

**Odine Manfroni:** Non credo esistano progetti di per sé ineseguibili; esistono invece progetti che al momento non hanno una soluzione, ma si tratta solo di tempo e di cultura. L'ineseguibilità non è mai una limitazione intrinseca al progetto ma ha a che fare con le nostre capacità concettuali e le nostre limitazioni culturali. Le "protesi" tecnologiche offerteci dai moderni software ci fanno a volte solo vedere con occhi diversi la realtà delle cose regalandoci spesso l'illusione dell'onnipotenza del nostro operato. Di fatto prima di agire dobbiamo conoscere, e conoscere vuol dire fare esperienza consolidata, vale a dire esperienza che da prove successive si dimostra essere stabile e duratura. Dopotutto, come sosteneva un carissimo collega, quando progettiamo per esempio una scuola, pensiamo per un momento che dentro quell'edificio possa esserci un giorno nostro figlio: ne consegue pertanto la profonda consapevolezza della responsabilità inerente al nostro lavoro.

Il rischio grosso che vedo, quindi, sta dietro alla velocità con la quale spesso si progettano forme e soluzioni innovative; velocità spesso innescata dal desiderio personale di successo e fomentata successivamente dai mezzi di comunicazione che in tempo reale consentono il trasferimento di grandi quantità di informazioni tra luoghi del pianeta dove invero le possibilità e le capacità di realizzazione dei progetti non sono equiparabili. Un edificio pensato e progettato a Manhattan non è detto che vada bene per Bombai.

