



a cura di ALESSANDRO ROGORA

CARTA E CARTONE IN EDILIZIA

/ architettura sostenibile / documenti /



EdicomEdizioni

CARTA E CARTONE IN EDILIZIA
EdicomEdizioni

/ architettura sostenibile / documenti

*Questo volume è stato stampato
grazie al contributo di Comieco -
Consorzio nazionale recupero e riciclo
degli imballaggi a base cellulosica.*

EdicomEdizioni
Monfalcone (Gorizia)
tel. 0481/484488
fax 0481/485721
e-mail: info@edicomedizioni.com
www.edicomedizioni.com

I testi e le foto sono stati forniti dagli autori

© Copyright EdicomEdizioni
Vietata la riproduzione anche parziale
di testi, disegni e foto se non
espressamente autorizzata.
Tutti i diritti sono riservati
a norma di legge e delle
convenzioni internazionali.

ISBN 88-86729-62-6

Stampa Grafiche Manzanese
Manzano (UD)
Stampato interamente su carta riciclata
Prima edizione settembre 2006

a cura di Alessandro Rogora

CARTA E CARTONE IN EDILIZIA

EdicomEdizioni

/ architettura sostenibile / documenti /

ARCHITETTURA DELLA LEGGEREZZA, ARCHITETTURA DEL PESO

*Maria Bottero**

L'opposizione leggero/pesante, come tutte le coppie di opposti, disegna l'immagine del mondo.

Vorresti peso? Eccoti il monumento: "Exegi monumentum aere perennium" diceva simbolicamente Orazio e qui l'evocazione del peso è riferita alla durata e alla sfida del tempo, all'esserci per l'eternità. Le piramidi egiziane sono la materializzazione di questa aspirazione all'eternità e al divino.

Vorresti leggerezza? Eccoti le tende degli accampamenti beduini, funzionali alla mobilità delle tribù nomadi, ma anche i tendidos che ombreggiano le strade delle città andaluse, e, nella loro leggerezza, intercettano il sole.

La coppia di opposti leggero/ pesante evoca immediatamente la contrapposizione fra vuoto e pieno che regola non soltanto l'architettura, ma anche la scultura.

In una scultura di pietra o di legno la forma emerge "per levare", sboccando il blocco iniziale e introducendo spazi negativi o "vuoti" necessari al risalto del pieno. Quest'arte di contrapposizione vuoto/pieno è diventata particolarmente espressiva nella scultura del secolo scorso dove costruttivisti come Nikolaus Pevsner o la scuola inglese di Henry Moore hanno introiettato il vuoto nella forma scolpita.

Ma lo scultore americano Alexander Calder ha assunto un altro e diverso punto di vista, interpretando l'espressione peso/leggerezza come una coppia di opposti in equilibrio dinamico: nei suoi "mobiles" il peso delle parti piene è controbilanciato dalla lunghezza e posizione dei bracci di sostegno.

Calder ha fatto parte dell'avanguardia americana anni '50 che ha introdotto nella ricerca artistica e scientifica il parametro dell'energia e del vuoto tra le parti inteso come strutturalmente attivo (vedi Jackson Pollock in pittura con i meandri del "dripping"; John Cage in musica col ruolo assegnato al silenzio e al non-suono; Frederick Kiesler con le sue ricerche sul tensionismo e con le sue sculture "galattiche" fatte di parti staccate, gravitanti nel vuoto come costellazioni; Richard Buckminster Fuller e Robert Le Ricolais con la ricerca della porosità strutturale, Louis Kahn con la ricerca della porosità dell'edificio).

LEGGEREZZA OVVERO L'ARTE DI FARE I BUCHI: RICHARD BUCKMINSTER FULLER E ROBERT LE RICOLAIS

La casa dell'uomo primitivo è la grotta, ossia un vuoto trovato o scavato nella compattezza della terra. Quando si comincia a costruire fuori terra, la creazione di spazi



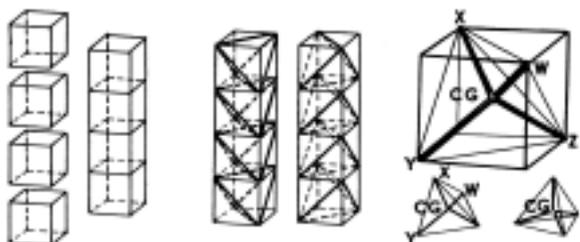
Louis I. Kahn, biblioteca Exeter

vuoti richiede la struttura piena di resistenza alla forza di gravità e appare il problema del peso della materia e la conseguente necessità dell'arte di strutturare-configurare-formare un sistema di vuoti/pieni tale da alleggerire al massimo la costruzione e scaricare il peso a terra nel modo più economico (muri, travi, pilastri, archi e volte, archi rampanti).

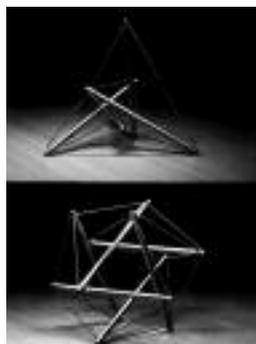
Gli alberi sono esempi di architetture naturali leggere e arditissime, a volte incredibili e provocatorie, come nel caso delle palme di Los Angeles.

Con un'attenzione specifica alla biologia Richard B. Fuller (Southern Illinois University, USA) e Robert Le Ricolais (Graduate School of Fine Arts, Filadelfia, USA), assumono la porosità (ossia il ruolo del vuoto nella materia e nella configurazione statica) come la chiave per creare la massima leggerezza strutturale, seguendo peraltro vie concettualmente assai diverse.

Fuller rifonda la geometria euclidea e la trasforma in geometria energetica/sinergetica: energetica perché basata sull'assunzione del principio einsteiniano dell'equivalenza materia/energia; e sinergetica perché basata sul principio che il comportamento globale di un sistema non è deducibile dal comportamento delle singole parti: in questa geometria l'unità elementare non è più il punto smaterializzato della geometria euclidea, bensì il punto-massa sferico. Dalla disposizione dei punti-massa sferici nello spazio in configurazioni compatte e peraltro porose (secondo il principio atomico del "closest packing" ovvero dell'"impacchettamento minimo") Fuller ricava le proprietà geometriche di alcune figure spaziali fondamentali: in ordine di crescente complessità il tetraedro, l'ottaedro, l'icosaedro regolari e il cubottaedro che Fuller chiama "Vector Equilibrium" o "Dymaxion". Queste configurazioni geometriche sono la matrice delle strutture tensegrali (a tensione integrale) dove la compressione è distribuita in modo discontinuo lungo aste relativamente corte o puntoni, e la tensione in modo continuo lungo tiranti costituiti da cavi e aste tubolari. Così come il principio della geometria energetica-sinergetica è quello dell'inclusione del vuoto e della poro-



Sopra: R.B. Fuller, strutture tensegrali prismatiche



A destra: R.B. Fuller, strutture tensegrali poliedriche

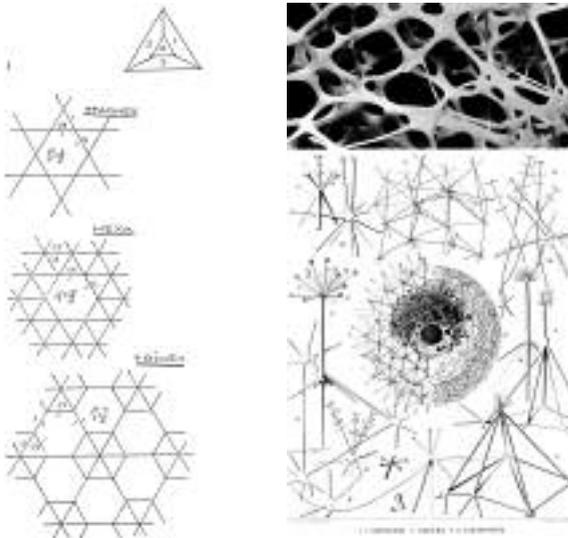
sità nel “closest packing”, il principio delle strutture tensegrali è quello dell’inclusione del vuoto nelle triangolazioni spaziali.

Proiettando sulla superficie sferica le facce dell’icosaedro si ottiene il reticolo sferoidale-tridimensionale della struttura tensegrale geodetica. Nascono così le “Geodetic Structures” o cupole geodetiche che hanno reso Fuller famoso in tutto il mondo (una sua cupola geodetica in cartone venne esposta alla Triennale di Milano del 1954).

L’obiettivo di Fuller nel rivedere i fondamenti della geometria euclidea e nell’ideare le strutture “Tensegrity” e le “Geodetic Structures”, è la ricerca di configurazioni statiche-spaziali diverse da quelle di matrice cubico-ottagonale, dove la struttura, invece di trasmettere il peso a terra su pilastri soggetti a compressione, reagisce alla forza di gravità in modo complessivo e sinergico, distribuendo gli sforzi con continuità in tutte le sue parti. L’obiettivo è quello di ottenere il più con il meno, ovvero il massimo risparmio delle risorse attraverso la qualità della leggerezza.

Le Ricolais conduce una ricerca (quasi tutta teorica e di laboratorio) sulle strutture reticolari tridimensionali e sulle tensostrutture, prima in Francia (1935-1950) e poi a Filadelfia. Nato in Francia nel 1894, Le Ricolais è praticamente coetaneo di Fuller, ma molto diverso per cultura e temperamento – più introverso, con uno scetticismo e un’ironia di fondo che non gli consentono visioni globali del mondo. Nel 1962 è insignito del Grand Prix per l’architettura del “Cercle d’études architecturales” francese e nell’occasione Malraux lo presenta come “il padre delle strutture spaziali”. Nel 1963 esce in un numero monografico de “L’Architecture d’Aujourd’hui” il suo saggio fondamentale *Formes et structures* dove viene esposta la teoria dell’ “automorfismo” e del “metodo dell’immagine” per il calcolo grafico di distribuzione delle forze nelle strutture reticolari.

Obiettivo della ricerca in questo campo è “quello di raggiungere la massima leggerezza, la luce infinita con peso zero”, e ciò richiede da parte del progettista la capa-



A sinistra: Le Ricolais, le griglie Trihex e starhex.

A destra: Le Ricolais, studi sulla porosità del tessuto osseo e sulla struttura dei radiolari

cià di praticare un'arte sottrattiva, ovvero l'arte di fare i buchi ("...la mia preoccupazione essenziale è in qualche modo stata quella di fare i buchi"), che per Le Ricolais nasce dallo studio della partizione omogenea dello spazio e delle sue proprietà topologiche ed è governata dal principio dell'automorfismo. I processi automorfici di Le Ricolais (oggi studiati dall'arte dei frattali) consistono nella scomposizione di un sistema strutturale in sotto-sistemi e in sotto-sotto-sistemi morfologicamente ripetitivi del sistema strutturale primario, così da ottenere strutture reticolari di grande leggerezza, costituite dalla ripetizione di elementi simili in progressione scalare e con sforzi di tensione e di compressione distribuiti in modo ottimale.

La filosofia della forma di Le Ricolais combina il rigore scientifico con la libertà del pensiero analogico; nella ricerca di strutture tridimensionali lontane dalla geometria cubica-ortogonale, un'importante fonte di ispirazione sono le forme biologiche-naturali, a proposito delle quali dispone di una vasta letteratura scientifica: D'Arcy Thompson, Monod-Herzen e Haeckel per la biologia, Kelvin per la cristallografia. Dice Le Ricolais: "L'osservazione delle forme naturali offre un meraviglioso aiuto: vi si trovano risorse infinite di combinazioni al servizio della vita. Nell'ammirevole opera *On Growth and Form* di D'Arcy Thompson, si scopre una ricchezza straordinaria di forme naturali e lo studio della loro crescita".

Questo trattato, dedicato allo studio delle leggi di crescita delle forme biologiche, è particolarmente interessante ai fini della ricerca statico-strutturale dal momento che per D'Arcy Thompson la morfologia: "...non soltanto studia la materia, ma anche la dinamica che ci permette di interpretare, in termini di forza, le operazioni dell'energia".

I suggestivi disegni di radiolari di Haeckel, molto amati da Le Ricolais, compaiono anche nel trattato Synergetics di Fuller, che vi trova conferma alle sue teorie: "Uno studio delle strutture microbiologiche come i radiolari mostrerà che essi sono sempre basati o sul tetraedro o sull'ottaedro o sull'icosaedro".

Per conto suo Le Ricolais ritrova nelle strutture dei radiolari il principio dell'automorfismo. Dice infatti: "Non credo che i radiolari debbano essere ignorati. Sono qualcosa di più che delle curiosità e dovremmo studiarli con cura come prodotti altamente elaborati. La collezione è di una vastità fantastica, Credo ve ne siano circa quattromila tipi diversi, e si potrebbero passare giorni e giorni a guardare le meravigliose illustrazioni di Haeckel... Ma una particolare specie, per me affascinante, è quella che assomiglia a piccoli oggetti cinesi di avorio che si trovano nelle botteghe degli antiquari, dove vi è una sfera contenuta in una sfera, contenuta in un'altra sfera... Vi è qualcosa di intrigante in ciò. Si è confrontati con qualcosa di significativo. Perché dovrebbe esserci questa ripetizione formale?... questo principio è ciò che nel mio linguaggio chiamo automorfismo: un certo tipo di assemblaggio geometrico di forme che rimandano l'una all'altra, ripetendosi".

Il modello automorfico di Le Ricolais postula il principio, caro a Fuller, della continuità dello spazio-materia-energia. Nelle strutture automorfiche le forze si propagano infatti senza soluzione di continuità lungo catene di configurazioni biunivocamente corrispondenti e riproducenti gerarchicamente l'unità dell'insieme. I modelli fisici di Le Ricolais sono quindi interpretabili come effettivi "modelli" di un campo (continuo) di forze.

POROSITÀ OVVERO LA SCOMPOSIZIONE DELL'EDIFICIO IN LOUIS KAHN

Il processo di articolazione e differenziazione dello spazio nell'architettura di Kahn nasce dall'analisi e scomposizione del sistema-edificio ("Credo che l'edificio non sia un monolite e che si debba trovare ogni mezzo per capire l'edificio") e dall'assunzione che il vuoto, ovvero la spaziatura fra le parti, può giocare un ruolo importante nella ricerca morfologica ("Al tempo del gotico, gli architetti costruivano con pietre piene. Oggi noi possiamo costruire con pietre vuote. Gli spazi definiti dalle membrature strutturali sono altrettanto importanti delle membrature. Questi spazi vanno dal vuoto di un pannello isolante, ai vuoti dei condotti per la circolazione di aria, luce, calore, agli spazi maggiori di passaggio o di sosta. La volontà di esprimere positivamente i vuoti nel disegno di una struttura è evidenziato dal crescente interesse e dalla ricerca nello sviluppo delle strutture spaziali. Le forme che si vanno sperimentando provengono da una conoscenza ravvicinata della natura e dalla conseguente costante ricerca di un ordine").

È chiaro il riferimento di Kahn a Fuller e a Le Ricolais e a fonti di conoscenza sulla biomorfologia come il testo di D'Arcy Thompson On Growth and Form.



Louis Kahn

Da sinistra a destra: prima pianta di progetto della First Unitarian Church, pianta definitiva della First Unitarian Church (1959), pianta dell'Assembly Hall (1962/74)

Se le solette a nido d'ape tetraedrico della Yale University Art Gallery (1951-53) o i progetti non realizzati per il municipio della città di Filadelfia (1952-53) rimandano esplicitamente alla ricerca formale di Fuller, il principio di analisi e ricomposizione formale dell'edificio invocato da Kahn si ispira più specificamente, anche se in modo soltanto analogico, ai principi-guida generali di Le Ricolais. E precisamente:

1) Nell'interesse per le trasformazioni topologiche della forma, evidente nell'approccio kahniano alla progettazione, dove l'idea di Forma è immisurabile e indipendente dalla forma misurabile, contingente e specifica del Design. Le Ricolais dice: "Conviene ...distinguere il misurabile che ha a che fare con le cifre e il non misurabile che concerne la forma e deriva dal campo della topologia combinatoria". E Kahn: "La Forma è impersonale... Il Design è un atto legato alle circostanze... La Forma non ha nulla a che vedere con le circostanze...".

Il processo di definizione del progetto per la First Unitarian Church a Rochester è illustrato da uno schizzo molto significativo del 1961 che dimostra il rapporto di invarianza topologica fra la prima idea, ossia lo schema concettuale della Forma (un nucleo spaziale centrale, circondato da un primo anello di circolazione e da un secondo anello di spazi secondari minori), e l'elaborazione progettuale del Design, che si allontana dallo schema iniziale senza peraltro tradirne la struttura topologica e il significato. È ancora Le Ricolais che dice: "La costante del nostro universo è il cambiamento. La nostra sola speranza è di comprenderla: studiare ciò che rimane invariabile nel cambiamento".

L'inversione topologica fra nodo e regione è illustrata dal ruolo immaginifico che la colonna assume nella poetica di Kahn: "Pensate al grande evento in architettura quando le pareti si sono aperte e sono comparse le colonne. È stato un evento così gioioso e così meravigliosamente significativo che da quello discende quasi tutta la nostra vita in architettura". La colonna è un elemento tettonico-strutturale, ma è anche il ritirarsi del muro per lasciar passare la luce. Le due polarità pieno e vuoto si

confrontano in rapporto non soltanto alla struttura ma anche allo spazio e alla luce. E la luce viene dallo spazio. Può la colonna svuotarsi e farsi spazio essa stessa, con un'inversione topologica che trasforma il nodo in regione e il pieno nel vuoto?

“Una volta...spiegando che la struttura è generatrice di luce, ho fatto l'esempio delle colonne greche, del loro rapporto consequenziale, dicendo che la colonna non è luce, e che solo lo spazio fra le colonne è luce. Ma la colonna trova la sua forza all'esterno, non all'interno. E la colonna sempre più vuole trovare la sua forza all'esterno e si svuota all'interno e prende sempre più coscienza della cavità. E se si esaspera questo concetto, la colonna diventa sempre più larga, sempre più larga e sempre più sottile nella sua circonferenza, sempre più vuota all'interno, finché questo spazio interno diventa una corte. E questa fu l'idea-base del progetto della Assembly Hall in Pakistan”.

2) L'automorfismo, ovvero la scomposizione di un elemento in sotto-elementi che ripetono la matrice formale. L'esempio più elementare di automorfismo in Kahn è lo sdoppiamento del muro di facciata che, in quanto elemento di mediazione fra spazio interno ed esterno, può essere scomposto nelle sue due facce – esteriore ed interiore – con funzioni e quindi caratteristiche diverse l'una dall'altra.

Un'altro tipo di automorfismo in Kahn è quello della ripetizione di famiglie di forme, spesso usate con lo scopo preciso di smembrare, articolare e svuotare la struttura o il sistema di partenza.

3) L'arte di fare i buchi, che in Kahn si traduce nella teoria di un sistema gerarchico di “spazi serventi” e “spazi serviti” dove gli spazi minori o serventi assolvono a una funzione di filtro separatore fra gli spazi serviti: “La natura dello spazio è meglio caratterizzata dagli spazi minori che lo servono. Stanze di deposito, stanze di servizio e cubicoli non devono essere ritagliati da un unico spazio, ma devono avere la loro specifica struttura. Il concetto di ordine spaziale deve andare al di là dell'installazione dei servizi meccanici e includere gli spazi serventi in posizione contigua agli spazi serviti. Ciò darà forma significativa a una gerarchia di spazi. Nel passato si costruiva con pietre piene. Oggi dobbiamo costruire con pietre vuote”.

L'arte di fare i buchi di Le Ricolais diventa dunque anche in Kahn elemento generatore di forma grazie alla creazione di spazi minori interstiziali che fungono da partizione fra gli spazi serviti, oppure si costellano accanto agli spazi serviti in strutture che possono essere aperte o a pianta centrale.

La Assembly Hall a Dacca, così come l'Indian Institute of Management ad Ahmedabad (1962-1974) sono opere tarde di Kahn, cui egli ha lavorato fino alla morte (è morto a New York di ritorno da Dacca) e riassumono la sua straordinaria capacità di scomporre e analizzare la struttura di un edificio compenetrando al massimo spazi aperti e chiusi e inglobando al massimo il vuoto nell'edificato. Trattandosi di architetture in clima caldo-arido occorreva creare passaggi e luoghi di sosta in ombra, come porticati o piccole corti; occorreva dosare la luce facendola arrivare in modo indiretto e riflesso negli ambienti interni, creando degli spazi-filtro o pozzi di luce con aperture che

prendono luce dall'esterno e finestre che convogliano la luce all'interno. Per realizzare questo rapporto mediato fra spazio interno ed esterno Kahn ha applicato fino in fondo il principio di articolazione degli spazi serventi e serviti, utilizzando gli uni per schermare e ombreggiare gli altri. Ma oltre a ciò in queste ultime opere gioca un ruolo di grande importanza il principio dell'automorfismo – come moltiplicazione di un sistema formale che ingloba il vuoto, e dell'inversione topologica fra pieno e vuoto – come capacità di rovesciare una forma nel suo negativo e il pieno nel vuoto.

PESO OVVERO IL VILLAGGIO DI NUOVA GOURNA IN TERRA CRUDA DI HASSAN FATHY

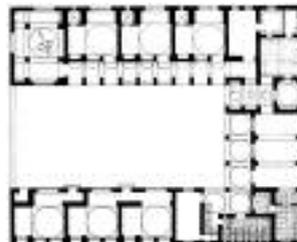
Concludo citando la singolare e davvero unica esperienza della costruzione del villaggio di Nuova Gourna in Egitto, negli anni che seguono la seconda guerra mondiale. Tale esperienza è stata a lungo ignorata dagli storici dell'architettura perché estranea ai codici del modernismo. In un'epoca che considerava l'industria e la leggerezza del manufatto come requisito essenziale, gli edifici di Nuova Gourna apparivano privi di interesse, proprio perché di fattura artigianale e pesanti.

La storia è questa: Hassan Fathy, coetaneo di Louis Kahn (classe 1901) viene richiesto dal Ministero delle Antichità egiziano di costruire un villaggio per circa 7.000 persone, con un budget ridottissimo. L'Egitto è un paese povero e privo di materiali da costruzione. L'unico materiale abbondante è la terra, l'unica fonte di energia disponibile è il sole e l'unica mano d'opera disponibile è quella degli stessi futuri abitanti del villaggio (un insieme di tribù di tombaroli insediati sul vecchio cimitero di Tebe, nei pressi di Luxor). La risposta progettuale e costruttiva deriva da queste premesse: Fathy costruirà gli edifici del villaggio erigendo grossi muri in mattoni di argilla essicata al sole (masse compatte e pesanti ad alta inerzia termica, perfettamente adatte al clima caldo arido del luogo), e con questi stessi mattoni risolverà le coperture con un sistema misto di volte (la volta nubiana a profilo parabolico che non esige centine) e di cupole (ribassate o a pieno sesto).

Il villaggio che nasce da queste premesse è l'opera di un architetto colto che ha studiato attentamente le tradizioni del paese e che si preoccupa di istituire un felice rapporto di relazione microclimatica fra edificio e ambiente utilizzando gli antichi sistemi arabi di raffrescamento passivo: portici, corti, cupole, torri del vento, fontane, aperture di ventilazione, vegetazione. Persino la soluzione urbanistica rispetta i vincoli climatici, con i blocchi di case a corte allungate sull'asse est/ovest e con le strade perpendicolari (nord/ovest - sud/est) orientate in modo da incanalare il vento.

Le masse di terra di muri e cupole costituiscono dei pieni sapientemente bilanciati dai vuoti di piazze, corti, portici, finestre e bucatore, in un insieme urbanistico-architettonico economicamente, funzionalmente e microclimaticamente giusto.

Il risultato visivo è felice, se ne ricava l'immagine di un villaggio bianco, ricco di por-



Hassan Fathy

Sopra: pianta di Nuova Gournà in Egitto

A destra: pianta della scuola elementare femminile, dove sono state usate torri di ventilazione

Sotto: sezione della scuola sulle torri del vento



tici e cupole, con particolari di artigianato preziosi, come le porte in legno a listelli incrociati o le finestre traforate per il passaggio dell'aria.

Fathy ha scritto un giornale di cantiere (*Building with People*) che narra l'intera vicenda con uno sguardo antropologico, sociologico, tecnico-economico (quante piastre egiziane costa un metro lineare di volta di luce x) – un pregevole contributo in se stesso, ma anche la testimonianza di un'avventura eccezionale. Una risposta positiva alle teorie di Ernst Schumacher e altri sull'opportunità/necessità di usare di volta in volta tecnologie appropriate alle circostanze e al luogo.

Bibliografia essenziale

- R. Buckminster Fuller, Robert Marks: *The Dymaxion World of Buckminster Fuller*, Anchor Press, New York 1973
- R. Buckminster Fuller: *Synergetics*, Macmillan, New York 1975
- D'Arcy Wentworth Thompson: *On Growth and Form*, Cambridge, U.K. 1961
- Robert Le Ricolais: "Formes et structures", in *L'Architecture d'Aujourd'hui*, Paris 1963
- Robert Le Ricolais (interview with): "VIA" (Publication of the Graduate School of Fine Arts, University of Pennsylvania) No. 2, 1973
- Robert Le Ricolais: "1935-1969 Etudes et Recherches" in *Zodiac* 22, Comunità, Milano 1974
- Louis Kahn: *Writings, Lectures, Interviews*, Rizzoli, New York 1991
- Hassan Fathy: *Building with People*, The University of Chicago Press, 1973 (trad. it. *Costruire con la gente*, Jaca Book, Milano 1985).

* Professore ordinario di Progettazione ambientale presso il Politecnico di Milano.

SALUTI E BENVENUTO

*Emilio Pizzi**

Il Dipartimento BEST (Dipartimento di Scienza e Tecnologia dell'Ambiente costruito del Politecnico di Milano) ha un forte interesse per i temi dell'innovazione nelle costruzioni, e cerca di coniugare quello che può essere un avanzamento sul piano della ricerca (anche di nuovi materiali e di nuove strategie per operare nel settore delle costruzioni) all'osservazione di come queste innovazioni possano produrre, sempre più nel futuro prossimo, occasioni di impiego e di sperimentazione, ma anche di modifica della prassi corrente del costruire. Credo che sia interessante valutare le prospettive che riguardano i nuovi materiali e, tra queste, la carta e i suoi derivati; questo lavoro, fatto da Alessandro Rogora e Gianni Scudo, indaga proprio le potenzialità di un materiale come la carta, il cui impiego nel nostro immaginario può apparire limitato per una serie di aspetti che sono per noi immediatamente percepibili – come la leggerezza ma forse anche l'apparente scarsa resistenza del materiale – e che in realtà è ben più ampio, come testimoniato all'interno di uno scenario di tecnologie e di innovazione di prodotto che ci lascia intravedere grandi possibilità di utilizzo. L'interesse del nostro Dipartimento non riguarda solo l'ambito della ricerca, ma anche la didattica: sono numerose le tesi che si occupano di questo argomento e che hanno lavorato sul tema non solo del recupero dei materiali – e fra questi anche della carta – ma anche di un loro impiego costruttivo. Questa attenzione prosegue poi nell'ambito della ricerca nelle scuole di dottorato. Il nostro Dipartimento è quindi impegnato a tutto campo a coniugare questi aspetti di possibile innovazione, che possono essere estremamente stimolanti anche per i nostri allievi, per i futuri architetti e ingegneri che sono partecipi ai nostri corsi di laurea e che il Dipartimento segue con attenzione. In particolare, il tema della carta e del suo recupero, con prospettive di tecnologia costruttiva corrente, è estremamente importante e può dar luogo anche a filoni di ricerca ulteriori, perché in un momento come quello attuale in cui la regola del costruire, la regola cosiddetta "dell'arte", in qualche modo è venuta meno, si affacciano nuovi materiali e soluzioni di assemblaggi di tecnologie diverse, che però devono essere governate entro un processo unitario. La ricerca deve fare la sua parte, proprio per evitare improvvisazioni, impedendo, magari, delle uscite anzitempo sul mercato di prodotti che possono essere addirittura in contrasto con certe prassi costruttive correnti e che rischiano quindi di produrre dei guasti. Ricerca e innovazione sono due elementi fondanti del nostro lavoro e credo che la giornata di oggi ne sia una testimonianza.

* Professore ordinario di Architettura Tecnica, Vicedirettore del Dipartimento BEST, Politecnico di Milano.

INTRODUZIONE ALLA GIORNATA DI LAVORO

*Carlo Montalbetti**

Mi sono avvicinato alla conoscenza dell'uso non tradizionale della carta grazie a Giorgetto Giugiaro, qualche anno fa a Torino. Parlando di automobili Giugiaro mi fece vedere che, per alcune applicazioni, la carta veniva usata anche nella costruzione dei progetti per l'industria automobilistica. Questa cosa mi aveva colpito e affascinato e da quel momento ho cominciato a chiedermi quali potevano essere i campi di applicazione, diversi dall'uso tradizionale, della carta e del cartone (editoria e imballaggio).

Attraverso il lavoro di Eliana Farotto (responsabile del Dipartimento di Ricerca e Sviluppo) e Federica Brumen, abbiamo cominciato a costruire un percorso. Il primo punto di questo percorso è stato l'incontro con un architetto particolarmente originale, Shigeru Ban, nostro ospite alla Triennale di Milano, dove ci ha raccontato come costruisce le case di cartone. È stato un incontro molto interessante e ci ha fatto capire quanti e quali tipi di impiego potesse avere questo materiale a base cellulosa – in particolare quello riciclato – seppure in una cultura diversa dalla nostra e per usi magari limitati nel tempo. A partire da queste sollecitazioni, il passaggio seguente è stato immaginare con Gianni Scudo e con Alessandro Rogora un sentiero per giungere alla costruzione di un piccolo atlante, un abaco, che raccogliesse i possibili campi di applicazione di carta e cartone nel settore dell'edilizia. Al di là dell'illustrazione dei contenuti (che lascio agli autori) e del fascino e della curiosità che possono suscitare i diversi impieghi della carta e del cartone nell'edilizia, credo che mi competa segnalare quali utilizzi della carta e del cartone da raccolta si possono immaginare in un mercato come quello italiano.

Questo per un motivo molto semplice: in Italia, fortunatamente, da qualche anno abbiamo ingranato la marcia giusta nella raccolta della carta e del cartone; il divario con altri paesi si è notevolmente ridotto. Nella raccolta, nel nord del nostro paese, praticamente siamo ormai ai livelli dei paesi europei più avanzati, anche se c'è da fare ancora molto, soprattutto nel meridione. Quindi, impieghi diversi dal settore industriale tradizionale rappresentano un'area di interesse, laddove, naturalmente, carta e cartone abbiano un impiego non marginale. Nel settore dell'edilizia per la verità qualcosa già c'è. Non mi riferisco soltanto all'utilizzo dei sacchi, che per l'edilizia sono fondamentali, dal momento che trasportano una delle materie prime principali, ma penso ai casseri che sono fatti in cartone e già oggi sono ampiamente utilizzati (diverse migliaia di tonnellate l'anno vengono impiegate per questi usi). La carta ed il cartone potrebbero trovare un impiego industriale complementare ai settori che riguardano l'imballaggio e le carte grafiche o per uso igienico sanitario. In questi settori

L'impiego della carta da macero è ormai notevolissimo. Per l'imballaggio possiamo tranquillamente affermare che i materiali utilizzati sono fatti con carta e cartone di raccolta con percentuali comprese tra l'80% e il 98%. Nel settore della carta grafica per quotidiani, cioè i giornali che leggiamo ogni giorno, ormai si impiega per il 90% carta proveniente da macero – qualche anno fa non raggiungevamo il 50% – quindi dal punto di vista dell'impiego industriale abbiamo avuto significativi progressi anche se possiamo sicuramente fare di più e anche meglio. I vantaggi sono economici, prima di tutto per l'industria, ma anche ambientali e sociali per la comunità. La raccolta differenziata per noi è un caso interessante di uso pubblico di un interesse privato, vale a dire la possibilità di coniugare quello che è un uso industriale, quindi un interesse privato – l'impiego di una materia prima seconda –, e quello che è, invece, un vantaggio dal punto di vista della comunità, rappresentato dal fatto che vi è una riduzione per quanto riguarda l'impatto ambientale, le discariche, ecc. Ecco, quindi, che il poter cominciare a individuare nuovi campi di impiego della carta e del cartone nell'edilizia per noi ha rappresentato un'esperienza molto interessante dal punto di vista culturale ma anche, un'opportunità da valutare con realismo, e con molta attenzione, per quanto riguarda il settore industriale.

* Direttore generale Comieco - Consorzio nazionale recupero e riciclo degli imballaggi a base cellulosa.

POTENZIALITÀ D'USO DELLA CARTA E DEL CARTONE IN EDILIZIA

Gianni Scudo*

La raccolta di materiali che abbiamo realizzato per Comieco è un piccolo abaco che riporta i principali usi della carta riciclata in edilizia. L'utilizzo di materiali riciclati in edilizia si inquadra nelle politiche e nelle pratiche virtuose dello sviluppo sostenibile (o durevole) nel settore edilizio, così come si stanno delineando in alcuni contesti europei; mi riferisco, ad esempio, a tutte le iniziative promosse "glocalmente" che sono state portate avanti da gruppi "pionieri" a partire dagli anni '60 ("garbage house", "drop city", ecc., fino ai recenti contributi legati anche alle esperienze del sud del mondo) e che ora stanno confluendo lentamente nei programmi europei e internazionali, anche attraverso processi di ricerca ed innovazione istituzionali – come documentato, ad esempio, dall'Agenda 21 del C.I.B. (Council for Research and Innovation in Building Construction) – che stanno modificando, in maniera abbastanza radicale, il processo edilizio, partendo dalle fasi di produzione e dai diversi attori. In particolare si stanno diffondendo pratiche di progetto e produzione che partono dalla "risorsa rifiuti" per riciclarla e/o riutilizzarla in quantità sempre maggiori. I processi di riciclo di vetro, carta e cartone, alluminio, ecc. sono diventati una parte consistente di settori produttivi sempre più economicamente motivati a "chiudere il cerchio" nei processi di utilizzo ambientalmente razionale delle risorse energetiche e materiali, basati sui grandi giacimenti di risorse costituiti dagli scarti di diversi settori produttivi e di consumo.

Purtroppo il settore edilizio in Italia non è particolarmente permeabile a questo tipo di innovazione di processo; diversamente da quanto capita in Europa dove il settore si sta riposizionando lentamente su alcune esigenze e requisiti emersi negli ultimi vent'anni, nel quadro delle politiche di sostenibilità che l'Unione Europea ha imboccato in particolare dopo Maastricht.

Richiamo brevemente i requisiti che sono:

- *l'uso razionale delle risorse*, che significa energia (incluse le risorse climatiche) ed i flussi di materia all'interno dei settori produttivi;
- *la salvaguardia ambientale*, non intesa solo nel termine corrente di acqua, suolo ecc, ma anche di salvaguardia del clima. Quindi tutti i processi produttivi, compreso il settore edilizio (che in Europa consuma all'incirca il 40% delle risorse energetiche e assorbe circa il 50% del flusso dei materiali), devono farsi carico di quanto prelevano da e di quanto immettono nell'ambiente riducendo drasticamente il flusso. Queste esigenze strategiche si traducono in requisiti tecnici per i sistemi edilizi, che debbono garantire il soddisfacimento delle esigenze base di comfort, salute, igiene utilizzando razionalmente meno energia.

Uso razionale delle risorse significa da un lato la sostenibilità energetica (riduzione dell'intensità energetica ed uso di fonti materiali rinnovabili), dall'altro introdurre processi di riuso e riciclaggio, come strategia base del ciclo edilizio. Questi processi possono dare un contributo alla riduzione dell'intensità di energia e materia nella prospettiva di ridurla fino al 90% (i famosi fattore 4 o 10 previsti dall'istituto Wuppertal), il che richiede di mettere a confronto in fase di programma e di progetto strategie alternative diverse che, oltre a valutare le potenzialità anche economiche di panieri tecnologici ad alto contenuto di materiali, elementi e componenti riutilizzati/riciclati, ne valuti anche le implicazioni socio-culturali legate a parametri motivazionali, di accettabilità, ecc.

Purtroppo in Italia le pratiche del riuso di materiali edilizi sono poco diffuse. Scartiamo quantità enormi di elementi, componenti che potrebbero essere facilmente riutilizzabili (mattoni, travi e pavimentazioni in legno, elementi di rivestimento, infissi anche di alta qualità – come quelli in alluminio del Pirellone a Milano – ecc.) se vi fossero le strutture di servizio a rete in grado di alimentare processi di riuso quantitativamente consistenti come capita in Svizzera, dove una banca dati permette a qualsiasi operatore di verificare la disponibilità di elementi e componenti edilizi in termini di quantità, tempistica, localizzazione e di requisiti tecnici.

Diversa è la situazione per il riciclo. Il settore edile in Italia produce un enorme quantità di materiali di scarto da costruzione e demolizione, circa 20-21 milioni di tonnellate anno, cioè circa 0,3 tonnellate per abitante: di questi, ne viene riciclato meno del 10%. Ciò significa che tutto il resto, circa 18 milioni di tonnellate, va in qualche modo ad "inquinare" il territorio. Ovviamente il 10% è la media italiana, ci sono poi regioni virtuose nel Nord Italia che sono al 20% e regioni meno virtuose nel Sud Italia che sono vicine allo zero. In Europa la situazione è molto differenziata; ci sono situazioni estremamente avanzate, come ad esempio l'Olanda che ricicla più del 90%: questo significa che in un'architettura olandese, specie se si tratta di un'opera pubblica, gran parte del materiale utilizzato proviene da riciclo. La percentuale di riciclaggio è molto elevata nei paesi del nord e poi, man mano che andiamo verso il sud, diminuisce molto rapidamente.

È bene però ricordare che l'elevatissima percentuale di riciclaggio di materiali da costruzione e demolizione dell'Olanda è anche frutto di un piano di edilizia sostenibile che l'Olanda ha portato avanti dalla fine degli anni ottanta, cioè appena dopo la pubblicazione del rapporto Bruntland. Dal 1989 è partito un piano nazionale di edilizia sostenibile (o durevole, come la chiamano in Olanda e Francia) che ha portato, poi, in quindici-sedici anni alla situazione attuale. In Italia l'aspetto più critico nel promuovere processi di riciclaggio, è la mancanza di strategie di gestione integrata inter-settoriale dei flussi di risorse materiali. Il settore edilizio, strutturalmente intersettoriale, ha rapporti poco strutturati con i settori del riciclaggio, compreso, ovviamente, il

riciclaggio della carta e del cartone.

Un aspetto molto importante è quindi quello di stimolare il settore della produzione edilizia ad aprirsi sperimentalmente verso settori con i quali tradizionalmente ha pochi rapporti. È il caso ad esempio di tutte le materie seconde derivanti da raccolta differenziata di rifiuti solidi urbani (come il caso della carta e cartone). Si tratta molto spesso di fibre a base di cellulosa che è materia prima pregiata quando si ricava da fibra vergine di tipo vegetale (principalmente pioppo, ma qualsiasi tipo di vegetale fibroso, canapa, cotone, ecc.); ed è materia seconda quando si ricava dal macero di prodotti realizzati in cellulosa. Le materie seconde, come carta e cartone da raccolta differenziata, hanno raggiunto in questi anni quantità molto elevate, sull'ordine di 5 milioni di tonnellate anno, come afferma il dott. Montalbetti nella sua introduzione. Questa grande quantità di cellulosa di diversa qualità a seconda della provenienza selettiva costituisce, assieme a altre materie seconde di scarto agro-forestale, un enorme quantità di risorse disponibili annualmente.

Le categorie di prodotti che si possono realizzare con fibra di cellulosa proveniente da riciclaggio di carta e cartone sono di diversa qualità (la fibra di cellulosa vergine ha una grande resistenza, man mano che viene utilizzata in cicli successivi questa qualità diminuisce).

Accenno rapidamente delle schede di alcuni derivanti da carta riciclata o da fibra vergine che abbiamo individuato nella nostra ricerca.

I *pannelli a nido d'ape* (fig 1) sono realizzati con una struttura alleggerita a nido d'ape che viene poi contenuta da finiture esterne che possono essere ancora di carta, cartone o di altro materiale.

Pannelli alveolari

Spessore	da 12 a
30 cm	
Lunghezza e larghezza	da 30 a 400 cm
Peso specifico	da 28 a 44 kg/m ³
Resistenza a compressione	da 8 a 130 kg/cm ²
Uso	Chiusure e in coperture isolanti, leggere e a basso costo



Fig. 1.

I pannelli "grid core" sono particolarmente interessanti: si tratta di pannelli a nido d'ape stampato, che ha quindi un lato liscio e uno a nido d'ape, raggiungono buone resistenze meccaniche, hanno una capacità isolante termoacustica molto elevata e possono essere accoppiati in vari modi. Queste strutture molto leggere sono state ampiamente utilizzate in molti settori industriali a partire dagli anni trenta (aeronautica, automobili, edilizia, ecc.).

Le casseforme per getti in conglomerato (normalmente cls) (fig 2-3) si sono molto diffuse da alcuni anni in Europa ed in Italia con l'uso di tubi di cartone di diversi diametri. Realizzato il getto, il cartone viene tagliato e, generalmente, mandato al macero, più raramente riutilizzato. La cassaforma si basa sulla resistenza per forma delle strutture tubolari che sono utilizzate anche per motivi strutturali.

I materiali isolanti prodotti a partire da carta sono di vario tipo e derivano dalla sfibratura in fiocchi di carta di diversa qualità. In particolare, uno dei prodotti diffusi in Italia, è una fibra cellulosa proveniente dal riciclo di carta di giornali importata dagli Stati Uniti, che può essere utilizzata sia come isolante per miscele a spruzzo che come fiocco (fig. 4). I fiocchi di carta possono essere utilizzati come materiale isolante sfuso, come materiale di alleggerimento di intonaci e di conglomerati di diversa natura usati in edilizia come protezione dal fuoco ed isolamento termico e acustico (fig. 5-6). Con i fiocchi di carta si possono realizzare pannelli utilizzando matrici di tipo diverso, collanti, resine ecc. Ovviamente la fibra cellulosa proveniente da riciclo di carta, deve essere opportunamente trattata per rispondere ai requisiti di norma che caratterizzano il comportamento degli elementi edilizi (sicurezza, igroscopicità, resistenza al fuoco ad attacchi biologici, ecc.).

Blocchi realizzati con conglomerati di carta e legante (generalmente cemento nel caso del Papercrete): utilizzano la carta da macero non selezionata come alleggerimento inerte, miscelandola ad un legante per realizzare blocchi da costruzione per edifici di modesta altezza. Si tratta generalmente di sperimentazioni a carattere locale di tipo artigianale, spesso legate a processi di autocostruzione e quindi non diffusi a livello di mercato.

Tra i diversi tipi di utilizzi della carta riciclata come materiali ed elementi nel settore edilizio si possono individuare alcune tipologie d'uso: per isolamento, per realizzare parti d'opera, per strutture.

L'uso strutturale è finora basato prevalentemente su tubi di cartone e pannelli rigidi "grid core"; sarebbe interessante introdurre la tipologia a blocchi in conglomerato carta-legante. Per questo è necessaria una sperimentazione in grado di potere individuare le classi di conglomerati con caratteristiche fisiche specifiche (densità, conducibilità, resistenze meccaniche, durabilità ecc.), tali da rispondere ai requisiti minimi richiesti agli elementi edilizi, e quindi potersi diffondere anche a livello di mercato locale nel quadro delle normative correnti.

L'uso come mezzi d'opera è ben consolidato e non necessita di ulteriori sperimentazioni.

Casseri a perdere

Sezione
da 15 a 120 cm

Lunghezza e larghezza
da 300 ad oltre 800 cm

Resistenza a compressione
da 80 N/cm²

Uso
Realizzazione di casseri a perdere per getti di completamento in cls. Più raramente elementi strutturali per strutture verticali ed orizzontali



Fig.2.



Fig. 3.

L'uso come materiale isolante è pure relativamente consolidato ma potrebbe condizi-
videre una cauta sperimentazione per conglomerati molto leggeri.

Resta da accennare alle filiere miste prevalentemente legate alla carta, ma associate
con altri materiali (carta kraft, laminati polimerici, alluminio ecc.); presentano ovvia-
mente tutti i vantaggi delle strutture ibride perché posso aumentarne le prestazioni
in funzione del tasso di ibridazione; tuttavia l'accoppiamento tra materiali molto
diversi potrebbe portare alla fine del ciclo di vita a problemi di disaccoppiamento, e
quindi rendere più difficile la riciclabilità. In questo senso l'esperienza della scuola
inglese, presentata da Alessandro Rogora, è molto interessante perché ha come
obiettivo la realizzazione di un sistema edilizio prevalentemente realizzato con carta
e cartone in parte riciclato.

L'aspetto forse più interessante è quello di poter verificare anche nel contesto italia-
no, da un lato la diffusione dei prodotti che sono già maturi, dall'altro la sperimen-
tazione di materiali ed elementi messi a sistema in edifici abbastanza complessi, tali
da presentare una parte consistente realizzata con materiali provenienti dalla filiera
di riciclaggio della carta e cartone, dando un peso notevole alle prestazioni struttu-
rali che costituiscono nel settore edilizio uno degli aspetti trainanti dei sistemi tecni-
co-costruttivi e senza le quali le altre prestazioni (ed usi) rimangono marginali.

* Professore ordinario di Tecnologia dell'architettura presso il Politecnico di Milano.

Isolanti

- **Spessore**
variabile
- **Peso specifico**
30-80 kg/m³
- **Conducibilità termica**
0,041 W/mK
- **Capacità termica**
940 J/kg K
- **Uso**
Isolamento in fiocchi spruzzati
insufflati in intercapedine,
pannelli isolanti semirigidi



Fig.4.

Isolante in fiocchi di cellulosa



Fig.5.

Applicazione di Isolante in fiocchi di cellulosa: Shelter shield



Preparazione del pannello. Finimento di isolamento con la tecnica "shelter shield".

Fig.6.

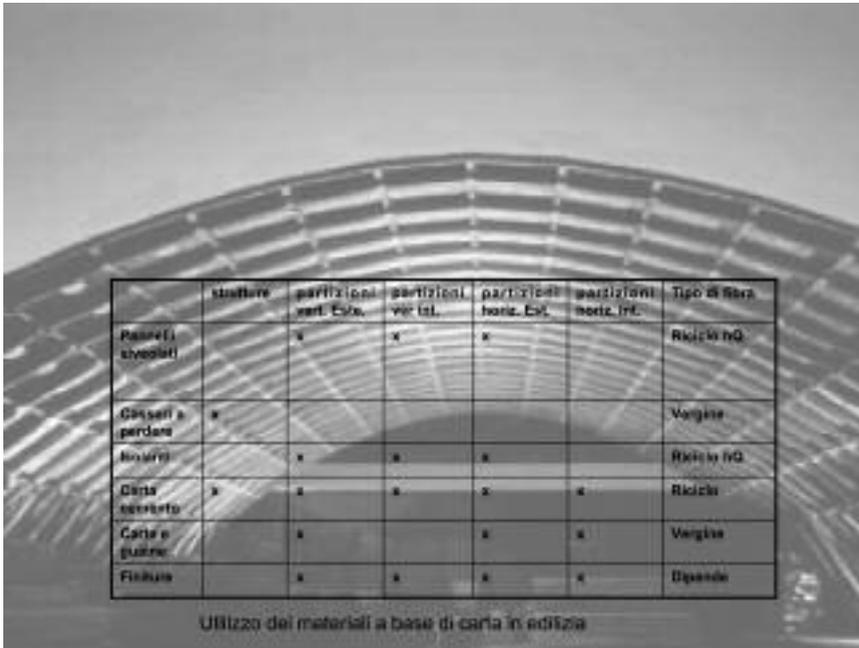


Fig.7.

ESEMPI DI ARCHITETTURE E MATERIALI INNOVATIVI A BASE DI CARTA E CARTONE

*Alessandro Rogora**

Da alcuni anni, diversi soggetti del dipartimento BEST del Politecnico di Milano, tra cui il professor Gianni Scudo ed il sottoscritto, si stanno occupando di materiali di recupero e del riutilizzo nelle costruzioni di materiali provenienti da filiera diversa da quella dell'edilizia tradizionale. Per esempio, abbiamo seguito alcune tesi di laurea che studiano l'uso della paglia di riso come materiale isolante, altre che hanno ipotizzato l'uso di vasetti per lo yogurt come elementi per la ventilazione del vespaio (fig.1), oppure quello del poliaccoppiato (tetrapak) riciclato per realizzare "blocchi" da costruzione e così via. In questo contesto è avvenuto l'incontro tra il Dipartimento BEST e Comieco, un incontro non del tutto casuale tra due soggetti che hanno deciso di collaborare affinché certe idee non restassero solo *sulla carta*. È stato proprio



Fig.1. Progetto di un vespaio in vasetti di yogurt riciclato: tesi di laurea di Amalia Manuela Bruno e Arianna Sauria, Relatore Alessandro Rogora A.A. 2003-2004

questo il motore dell'incontro. Molto spesso con gli studenti, ma anche con i progettisti con cui abbiamo a che fare, quando si cerca di utilizzare qualche elemento innovativo all'interno di un progetto edilizio, tutto funziona finché il lavoro rimane "sulla carta". I motivi per cui questo accade sono diversi: ad esempio, con l'architetto Giacomo Borella, proprio in questo momento stiamo cercando di realizzare una scuola – lui come progettista, io come consulente energetico e per le soluzioni tecnologiche – per la cui realizzazione sembra assolutamente impossibile l'uso di una serie di materiali e soluzioni tecniche, per motivi di rigidità normativa o procedurale. Vagando per internet abbiamo poi scoperto che un doposcuola, recentemente realizzato nella parte sud dell'Inghilterra, è stato costruito con struttura portante in cartone. Questo accade all'interno dello stesso grande paese che ormai è l'Europa in cui sembra però che i problemi di: resistenza meccanica, reazione al fuoco, resistenza termica o acustica siano radicalmente diversi (nel senso di richiedere verifiche che portano a risultati assolutamente opposti, con soluzioni accettabili in alcune regioni e del tutto inammissibili in altre).

Le immagini che seguono mostrano alcune architetture che esemplificano due diversi tipi di approccio nell'uso della carta e del cartone in edilizia.

Il primo approccio è rappresentato dall'opera di Shigeru Ban; è un approccio in qualche modo colto, che cerca di utilizzare la carta proprio come elemento leggero, strutturale e che utilizza materiali provenienti dall'industria – quindi materiali di qualità in qualche modo certa – seppure non immediatamente paragonabili con gli elementi strutturali a cui siamo abituati (fig. 2).

Il secondo tipo di approccio (fig. 3) è esemplificato in un edificio abbastanza atipico nella forma, realizzato con un conglomerato povero (papercrete) che accoppia la resistenza del legante cementizio con la carta da macero (tra l'altro l'esperienza statunitense sull'uso del papercrete riporta delle descrizioni quasi "preoccupanti" di quali altri inerti possano essere aggiunti nella preparazione di certi tipi di papercrete). In questo caso la scelta della carta è legata alle prestazioni ma anche all'economicità e alla dispo-



Fig.2 Realizzazione in tubi di cartone strutturali – Shigeru Ban



Fig. 3 Casa Hart, edificio in Papercrete realizzato in Colorado



Fig. 4 Senzatetto che utilizza un cartone come rifugio

nibilità del materiale. L'uso e la diffusione di questo conglomerato in edilizia è molto presente nella controcultura ambientalista statunitense. È comunque un materiale dall'uso abbastanza diffuso, del quale però non sono disponibili informazioni tecniche affidabili.

Noi abbiamo sempre avuto un'immagine della carta come qualcosa che fosse per un uso temporaneo e, quindi, siamo portati ad accoppiare l'immagine della carta in edilizia a qualcosa di

assolutamente precario, poco durevole nel tempo (chi non ha sentito parlare dei castelli di carta e non ha provato a costruirli da bambino?) o comunque legato a condizioni di emergenza. L'immagine della casa di cartone o della scatola di cartone con chi ci abita, troppe volte richiama alla memoria immagini del tipo che vedete in fig. 4. Questa ipotetica scarsa durabilità della carta, ha fatto sì che il materiale venisse poco diffuso in edilizia, se non in settori molto particolari, come ad esempio per gli elementi di finitura interna. Un fatto che trovo però particolarmente divertente e interessante, è scoprire che uno dei materiali a base di carta maggiormente diffuso nell'edilizia è il cartone bitumato che, nonostante la riconosciuta scarsa resistenza della carta all'azione dell'acqua, viene utilizzato proprio come elemento impermeabilizzante. Evidentemente il bitume, e comunque gli elementi che impermeabilizzano il supporto, rendono il cartone durevole e resistente, ma questo significa che, in qualche modo, le potenzialità della carta possono essere significative anche in ambiti che immediatamente non sembrano adatti a questo materiale.

Ho indicato due tipi di approccio diversi e quasi contrapposti:

- da un lato quello colto-provocatorio e quasi eccezionale, che è quello adottato da Shigeru Ban, che realizza opere semi permanenti in cartone (con una durata prevista comunque superiore ai dieci anni);

- dall'altro quello rappresentato dai conglomerati poveri, con un uso più umile e diffuso, spesso realizzati da gruppi militanti di ambientalisti-autocostruttori.

Per quanto riguarda il primo approccio riporto alcune immagini della sequenza di realizzazione di un edificio straordinario situato nel sud dell'Inghilterra. Straordinario non per le qualità morfologiche (gli edifici di Shigeru Ban sono certamente più intriganti), ma per la partecipazione a questa esperienza di una serie di soggetti diversi: da un lato lo studio di progettisti Cottrell & Vermeulen (non so se costretto a questa operazione o felice e compartecipe), dall'altra la società di engineering tedesca Büro Happold Consulting – che aveva seguito la realizzazione del più noto, quanto meno per le sue dimensioni, edificio in cartone di Shigeru Ban, il padiglione all'esposizione



Fig. 5 Paper Log House, Shigeru Ban



Fig. 6 Case in tubi di cartone, Shigeru Ban



internazionale di Hannover –, quindi un'azienda che produceva elementi in cartone ed infine il consorzio che realizza il recupero di carta e cartone da macero, nella parte sud dell'Inghilterra.

Uno degli elementi interessanti del progetto è che gli obiettivi iniziali non sono stati completamente raggiunti. Inizialmente si voleva costruire un edificio che fosse per il 90% realizzato di carta, completamente riciclabile e recuperabile. Per una serie di problemi messi a fuoco dai diversi attori, si è arrivati a una percentuale comunque straordinaria di utilizzo della carta nell'edificio, pari a oltre il 50%. L'edificio ha una durata prevista superiore ai dieci anni ed ha permesso di studiare il sistema di utilizzo in edilizia di elementi strutturali in cartone.

Per quanto riguarda l'opera di Shigeru Ban, nella Paper house (Lake Yamanashi, 1995 - fig. 5) gli elementi strutturali sono in cartone, con un diametro da 300-330 mm, sono cavi all'interno e sostengono la struttura della copertura. Ci sono, naturalmente, ulteriori elementi di protezione all'aria e all'acqua (nelle immagini che trovate sulle riviste sono poco visibili in quanto si tratta di elementi trasparenti). Un'altra interessante esperienza fatta da Shigeru Ban è quella successiva al terremoto di Kobe in Giappone. In questo caso Shigeru Ban interviene su due fronti, realizzando prima un edificio pubblico, una chiesa, e, contemporaneamente, curando la progettazione di edifici di emergenza per le residenze temporanee. Gli edifici non hanno nulla dell'immagine che è propria dei containers post terremoto: Shigeru Ban interviene utilizzan-

do materiali “poveri” ed evitando: da un lato il taglio di quantità notevoli di alberi che, altrimenti, sarebbero serviti per la costruzione delle residenze temporanee, dall’altro la realizzazione di insediamenti con strutture provvisorie tristi ed anonime. L’idea è quella di realizzare case con materiali prevalentemente di recupero o riciclati. Nelle case vengono utilizzati tubi di cartone per realizzare i muri e le strutture orizzontali, gli elementi di appoggio a terra sono una re-interpretazione dei plinti di fondazione che utilizzano cassette di birra riempite di sabbia, e così via, come a dire che con plastica, carta, con quelli che sono i materiali tipici delle favelas, si può ricostruire un’architettura di grande qualità sia percettiva che prestazionale (fig. 6). La Paper Church è un edificio che raggiunge dimensioni ragguardevoli; da questo momento l’opera di Shigeru Ban comincia ad utilizzare, in maniera attenta ma intensiva, gli elementi strutturali puntiformi in cartone, anche per opere di grandi dimensioni; un esempio particolarmente noto è il padiglione di Hannover che forse è l’opera realizzata da Shigeru Ban a noi più conosciuta, proprio perché costruita in Europa.

Uno dei complessi problemi che affronta Shigeru Ban nel progetto del padiglione di Hannover è dato dall’assenza di normative specifiche sull’uso strutturale della carta. Il caso dell’expo di Hannover è molto particolare; i progettisti provenienti dalle diverse parti del mondo hanno cercato di esprimere le proprie capacità e quelle del proprio paese, realizzando oggetti spettacolari. Due edifici, in particolare, si fiancheggiano, uno è proprio quello di Shigeru Ban mentre l’altro è il padiglione Zeri, costruito con della Guadua Agustifolia, un bambù colombiano di dimensioni giganti.

Entrambi questi padiglioni hanno utilizzato materiali inusuali, atipici per il contesto europeo e, in particolare, sono stati costruiti in assenza di una normativa specifica. I progettisti non si sono fatti intimidire ma hanno dovuto sottostare a un percorso molto faticoso che ha visto, nel caso del padiglione Zeri, la realizzazione in Colombia di un modello a dimensione reale, sul quale gli ingegneri tedeschi hanno eseguito le prove di resistenza del materiale e dei giunti. Per quanto riguarda il padiglione giapponese, è avvenuta una cosa analoga e Büro Happold ha studiato la possibilità di resistenza del materiale, verificando, per la prima volta, i coefficienti di resistenza strutturale degli elementi in cartone, le modalità di connessione più efficaci per impedire lo sfaldamento dei tubi, ecc. Questo straordinario oggetto è stato realizzato interamente con grandi tubi di cartone e lo studio delle soluzioni di connessione tra gli elementi ed il progetto dei giunti ha reso lo studio Happold profondo conoscitore del problema permettendogli di replicare, in opere più piccole come il doposcuola inglese, delle realizzazioni di parti strutturali di edifici in carta e cartone.

Nelle figure 7-8-9 si può osservare l’edificio del doposcuola, mentre dalla fig. 12 alla fig. 28 è riportata la sequenza costruttiva attraverso le immagini del montaggio dei componenti in cantiere. Come si può vedere, si tratta di un edificio di tipo abbastanza convenzionale, sebbene abbia una forma forse non del tutto canonica; in particolare si può notare che, utilizzando la carta, la prima riflessione condotta dagli archi-



Fig. 7 Vista del doposcuola in carta nel sud dell'Inghilterra

tetti è stata quella di capire il perché gli esperti piegatori di origami in Giappone non utilizzino lastre orizzontali ma tendano a nervare i fogli con delle piegature. Sia le murature che la copertura assumono curvature o piegature, proprio per permettere una maggior resistenza di forma, necessaria a superare i limiti imposti dalla resistenza degli elementi strutturali puntiformi o a lastra, dai materiali utilizzati e dai relativi coefficienti di sicurezza che non sono certo comparabili con quelli del calcestruzzo o dell'acciaio.

Le deformazioni, che vengono prodotte dai carichi permanenti e dai carichi accidentali negli elementi puntiformi, sono risultate abbastanza significative, d'altra parte l'esperienza sulla durezza e sul comportamento nel tempo degli elementi strutturali in cartone non è né significativa né sufficiente a dare precise garanzie; si è quindi operato utilizzando ampi margini di sicurezza. L'edificio è una sorta di rettangolo di circa 80 m², la pianta del doposcuola (fig. 10), insieme alle immagini e alla sezione trasversale (fig. 11), permettono di avere un'idea delle dimensioni degli ambienti e, in particolare, della forma dei muri perimetrali strutturali in cartone.

Alcuni momenti importanti del processo di realizzazione non sono documentati nelle immagini, in particolare non è riportata la realizzazione delle strutture provvisorie a protezione del cantiere. Un edificio in cartone deve infatti essere protetto, durante la sua fase di costruzione, fino al momento in cui non sarà in grado di autoprotteggere il proprio involucro. A differenza di altri tipi di costruzioni, non è infatti possibile



Fig. 8-9 Viste dell'edificio completato

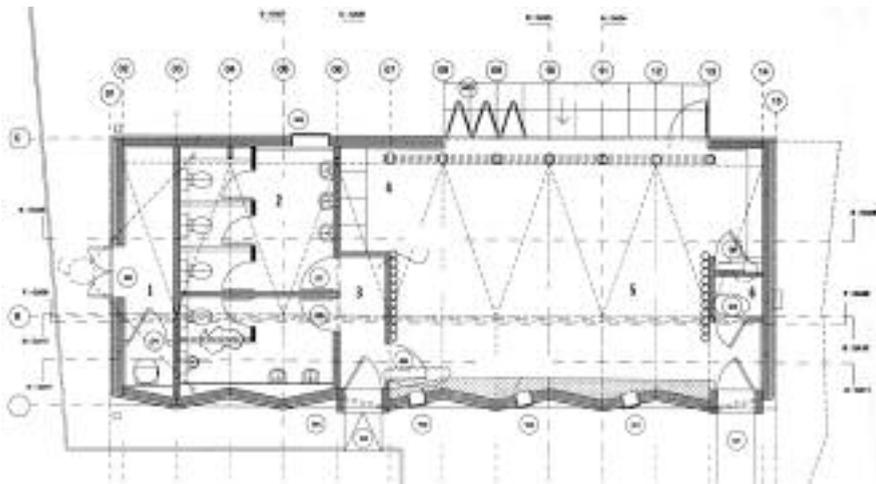


Fig. 10 Planimetria del doposcuola progettato da Cottrell & Vermeulen a Westcliff on Sea nel sud dell'Inghilterra

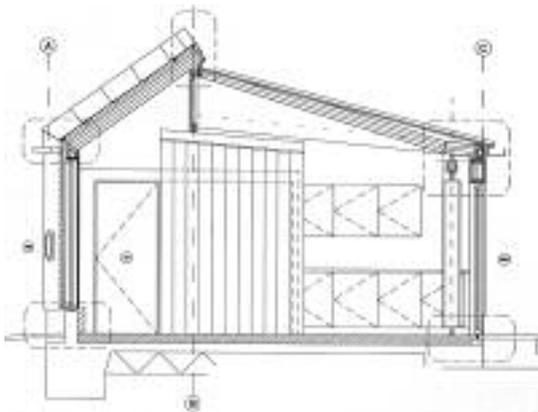


Fig. 11 Sezione trasversale del doposcuola progettato da Cottrell & Vermeulen a Westcliff on Sea nel sud dell'Inghilterra



Parete est



Parete sud



Vista da est



Vista di una trave dall'interno



Pilastri in cartone



Struttura in legno vista da est

Fig. da 12 a 28
Fasi di
montaggio del
doposcuola
progettato da
Cottrell &
Vermeulen a
Westcliff on
Sea nel sud
dell'Inghilterra



Vista dall'alto dei pilastri in cartone



Vista interna



Vista del tetto dall'angolo sud est



Muri interni realizzati con tubi di cartone



Tetto in fase di completamento - falda nord est



Tetto quasi completato - falda est



Copertura pronta per il rivestimento



Pannelli di copertura e lettore



Finitura esterna muro sud



Finitura esterna vista da ovest



Colmo della copertura

lasciare il cantiere esposto alla pioggia battente.

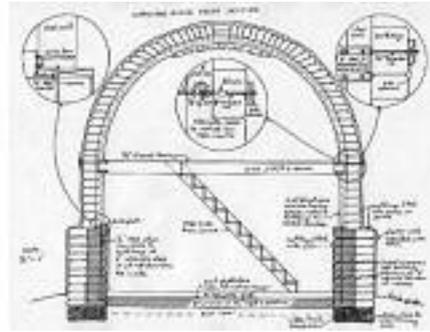
Il cantiere avrebbe potuto essere completato in tempi più brevi ma, a differenza di una costruzione convenzionale, la necessità di avere dei feed-back da parte dei progettisti e degli utenti, e le necessarie verifiche con eventuali modifiche in corso d'opera, hanno portato a dilatare i tempi di esecuzione. Gli elementi strutturali orizzontali avrebbero teoricamente potuto essere realizzati in cartone ma, per motivi di tipo prevalentemente normativo, sono stati realizzati in legno, i pilastri in cartone sono protetti da un film plastico che riduce le variazioni del tasso di umidità, variazione che può risultare molto rischiosa per il comportamento strutturale.

I fissaggi tra i diversi elementi sono prevalentemente di tipo meccanico e non ottenuti per incollaggio, in quanto l'incollaggio produce uno sfaldamento delle spire del cartone riducendo significativamente la resistenza della struttura. I muri interni hanno avuto una grande importanza per la resistenza complessiva della struttura; prima della posa delle partizioni si è infatti potuto notare un movimento significativo tra capriate, pilastri e muri perimetrali, il ri-posizionamento degli elementi e l'aggancio con gli elementi divisorii interni, ha prodotto un incremento dei vincoli eliminando i movimenti di assestamento. L'edificio è monitorato dal 2000, quando è iniziata la fase di progetto e quindi quella di costruzione. Sul muro nord è stato realizzato un decoro, da parte dell'artista Simon Patterson, che richiama le modalità di piegatura di un foglio di carta per realizzare un airone secondo le tecniche dell'origami giapponese, proprio a raccontare il valore intrinseco di questa architettura.

Il secondo gruppo di immagini si riferisce all'uso del Papercrete, un conglomerato di carta e cemento che venne brevettato nel 1928 negli Stati Uniti. Il brevetto non ebbe particolare fortuna per una serie di motivi: il primo di tipo congiunturale, con la famosa crisi del '29 alle porte, il secondo di tipo strutturale. Fare il Papercrete era talmente semplice che, in realtà, era come brevettare un'idea molto generica, cioè quella di miscelare un legante con un inerte diverso dalla sabbia e dalla ghiaia. Questo conglomerato di carta permetteva di realizzare, una volta essiccato, un materiale leggero, con grandi prestazioni di tipo termico, prestazioni di tipo statico abbastanza buone, e con una resistenza all'azione dell'acqua e dell'umidità accettabile purché protetto dall'azione diretta. Il Papercrete è stato riscoperto nel 1980, quasi contemporaneamente nel Nuovo Messico e nel Colorado, e ha permesso di realizzare centinaia di edifici a basso costo in diverse zone degli Stati Uniti. Nelle immagini potete vedere alcuni esempi di edifici realizzati in Papercrete. In questo caso si tratta quasi unicamente di edifici autocostruiti, realizzati da soggetti che spesso appartengono a culture di frangia di tipo ambientalista "militante" (fig. 29, 30 e 31).

Normalmente si inizia con l'auto produzione dei blocchi. Per questa operazione occorre preparare il conglomerato; si inizia con la raccolta della carta che viene posta a macerare in acqua per 24 o più ore, si procede quindi a frullare la carta con un apposito miscelatore, aggiungendo infine il cemento, nella percentuale desiderata,

Kelly Hart - Carriage house



Sean Sand - His own house New Mexico



Fig. 29 - 30 - 31 Edifici statunitensi realizzati in Papercrete

prima del getto nelle casseforme. La percentuale di cemento può variare tra il 10% e il 100% rispetto al peso della carta (asciutta); a volte vengono inseriti anche altri inerti come la sabbia, questo aumenta il peso e quindi migliora le prestazioni di tipo statico, peggiorando però le prestazioni di tipo termico. Esistono casi anche estremi in cui l'elemento stabilizzante è quasi del tutto assente, a questo punto si tratta di blocchi in cartapesta. I casseri in cui viene gettato questo materiale sfuso, che farà presa formando dei blocchi, sono normalmente realizzati in legno. Il disarmo avviene all'inizio della presa e segue il periodo di maturazione dei blocchi, che devono essere riparati dalla pioggia. I blocchi possono avere dimensioni anche molto diverse; possono essere relativamente piccoli (comparabili a dei mattoni doppio UNI o, più facilmente, comparabili a dei blocchi in laterizio di grande formato che si trovano



Macerare la carta



Aggiungere il cemento



Completare i muri



Eventualmente
prefabbricandoli a terra



Leggero



Resistente

Fig. 32 - 33 - 34
Realizzazione e
prestazioni di
un blocco in
papercrete

comunemente in edilizia). Il ridotto peso specifico (circa 160 kg/m^3) permette di movimentare manualmente anche elementi di dimensioni relativamente grandi. Se è vero che nel Papercrete la miscela prevede normalmente il 50% di carta e il 50% di cemento in peso, per quanto riguarda il volume finale, si ha una ridondanza di carta e il cemento influisce poco sul peso finale del conglomerato. Oltre alla realizzazione di blocchi è possibile pensare al getto del materiale direttamente in casseforme, oppure alla prefabbricazione a terra di pannelli anche di dimensioni maggiori (fig. 32-33-34).

Gli edifici realizzati in papercrete possono avere le forme più diverse, anche molto distanti da quelle a cui siamo abituati, in realtà si possono realizzare edifici con forme analoghe a quelli costruiti con tecniche costruttive convenzionali. Il Papercrete è leggero, viene sollevato facilmente da un autocostruttore ed ha una buona resistenza meccanica, sebbene non siano disponibili dati certi di riferimento in questo ambito. Vorrei concludere il mio intervento con due immagini relative a tesi di laurea che hanno affrontato l'uso della carta e del cartone in edilizia.

La prima immagine riguarda una tesi di laurea realizzata all'interno del Dipartimento BEST del Politecnico di Milano; non è naturalmente l'unico esempio di tesi che ha affrontato il tema della realizzazione di edifici in carta, ce ne sono tante altre sia all'interno di questa università sia all'interno di altre università italiane e straniere. Il laureando ha pensato ad un utilizzo della carta simile a quello di Shigeru Ban, quell'approccio che utilizza materiali provenienti dall'industria, accoppiando all'uso delle



Fig. 35 Modulo prefabbricato in carta. Tesi di laurea di Matteo Merini, relatore prof. Anna Delera

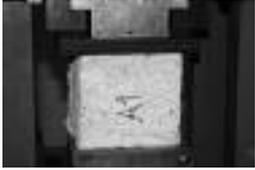
strutture in cartone l'uso di carta come isolante. In questo caso si tratta di carta "appallottolata", questa idea potrebbe far sorridere, ricordo però che nel Messico e in altri paesi del Centro America esistono dei manuali per l'uso di elementi isolanti realizzati in carta appallottolata. Evidentemente l'Europa non è il Messico, ma non è detto che si debba necessariamente raggiungere livelli elevati di sofisticazione del materiale per garantire prestazioni significative. Le ultime due immagini riguardano la tesi di laurea "Costruire con la carta: sperimentazione di un conglomerato in carta riciclata" in cui abbiamo sperimentato diverse miscele di Papercrete per verificare la resistenza e le prestazioni di questi conglomerati, una volta maturi.

* Architetto, ricercatore presso il Politecnico di Milano

TIPO	COMPOSIZIONE	RAPPORTO
A1	CARTA tipo 1 + CEMENTO	1:1
A2	CARTA tipo 2 + CEMENTO	1:1
B1	CARTA tipo 1 + CEMENTO	2:1
B2	CARTA tipo 2 + CEMENTO	2:1
C1	CARTA tipo 1 + CEMENTO + SABBIA	3:1:2
C2	CARTA tipo 2 + CEMENTO + SABBIA	3:1:2
D1	CARTA tipo 1 + CALCE	1:1
D2	CARTA tipo 2 + CALCE	1:1
E1	CARTA tipo 1 + CALCE	2:1
E2	CARTA tipo 2 + CALCE	2:1
F1	CARTA tipo 1 + MALTA BASTARDA	1:1
F2	CARTA tipo 2 + MALTA BASTARDA	1:1
L1	CARTA tipo 1	1
L2	CARTA tipo 2	1
M	CARTA mista + CEMENTO	1:2
N	CARTA mista + CEMENTO	1:3
O	CARTA mista + CEMENTO	1:4
P	CARTA mista + CEMENTO	1:5
R	CARTA mista + CEMENTO [filtrata]	1:1

Tabella 1: Elenco dei diversi tipi di miscela prodotti. Tesi di laurea di Nicola Parecchini e Gabriele Zapparoli, relatore prof. Alessandro Rogora

Provino con miscela tipo A1

TIPO MISCELA: carta [tipo 1] + cemento → 1:1		
	Lunghezza	137,1 mm
	Larghezza	111,2 mm
	Altezza	129,7 mm
	Volume	1977 cm ³
	Peso	632 g
	Peso specifico	0,317 g/cm ³

Dati del provino A1



Sequenza della prova a compressione del provino A1.

RESISTENZA	550 kg
CARICO DI ROTTURA	610 kg
VALORE A COMPRESSIONE	3,61 kg/cm ²

Valori di carico del provino A1

INNOVAZIONE E SFIDA TECNOLOGICA
DEI NUOVI MATERIALI IN EDILIZIA

*Claudio De Albertis**

Il tema affrontato riguarda non solo i nuovi prodotti in edilizia, ma anche quanto essi possano contribuire a innovare il processo edilizio e ad affrontare, in termini positivi, una sfida tecnologica che ormai è una sfida globalizzante. Come imprenditore edile, e come presidente dell'Associazione Nazionale dei Costruttori Edili, volevo esporre alcune questioni che credo debbano essere affrontate. In primo luogo, è importante ricordare che il settore edilizio è fortemente parcellizzato, composto di tantissime piccole aziende: una realtà, questa, che deve essere tenuta in considerazione per capire molti elementi che lo contraddistinguono, tra i quali, per esempio, la scarsa spinta all'innovazione, che porta a costruire come un tempo. C'è sicuramente innovazione e ricerca da parte dei produttori dei singoli componenti e anche dei produttori di macchinari che vengono utilizzati nel processo edilizio, ma molto spesso in questi casi non si tiene conto, e questo è secondo me uno dei limiti del processo di innovazione, del fatto che i singoli componenti vanno poi assemblati in un tutt'uno, sia che si tratti di una casa, che di una strada, che di qualunque altro manufatto. Quando poi si vanno a verificare le prestazioni che, teoricamente, quei singoli materiali avrebbero dovuto fornire, si scopre a volte che i risultati sono sostanzialmente diversi da quelli teorici attesi, evidentemente perché non si considera nella valutazione teorica di questi valori quanto si perde dopo che i materiali vengono posati. I risultati non sono spesso così virtuosi e questo sicuramente contribuisce a creare delle resistenze da parte delle imprese, che poi sono gli assemblatori di questi componenti.

Un ulteriore punto da considerare è che spesso le regole che governano questo settore, soprattutto sotto il profilo delle tecnologie, sono veramente tante, troppe. Troppi sono i normatori, troppi sono i regolatori, il dramma è che queste regole sono di frequente frutto (ma in questo paese non c'è da meravigliarsi) di singole volontà di lobby, di corporazioni, qualunque esse siano; il risultato è che spesso le norme sono, tendenzialmente, non rivolte al fare, e quindi diventano obiettivo di per sé stesse. Non aiutano, non guidano e non contribuiscono a promuovere l'innovazione; anzi, troppo spesso c'è una aperta contraddizione tra la norma e il progetto. Si arriva al punto che in molti casi il progetto è impedito dalle norme; Alessandro Rogora parla di un progetto fatto al di là delle norme e senza norma, ebbene in questo paese le norme impediscono di progettare e spesso sono addirittura conflittuali.

La situazione di confusione che esiste nel campo della normativa sismica è esemplare a riguardo; il nostro paese è ad alto rischio di sismicità ma oggi c'è una grande confusione normativa, esistono infatti due norme, da poco emanate, che sono sostanzialmente in aperto contrasto tra di loro. Un problema che riguarda (e a cui forse finalmente si riuscirà a mettere mano) anche le norme relative all'isolamento

termico e a quello acustico, che poi molto si collegano ai problemi visti oggi rispetto ad alcuni utilizzi della carta e del cartone di riciclo, spesso utilizzato come materiale isolante. Oggi la normativa per il contenimento dei consumi energetici da un lato e quella per le prestazioni acustiche degli elementi d'involucro dall'altro, sono state pensate come corpi separati, il che crea, inevitabilmente, alcuni problemi. Su questo la confusione è ancora maggiore perché i normatori sono tanti e operano a livelli diversi: statale, regionale, locale, ecc. Anche sul piano dell'unificazione delle norme l'UNI deve fare ancora molto rispetto a quanto fatto fino ad ora. A mio giudizio e a giudizio del sistema di imprese che rappresento – che sicuramente ha molte responsabilità sulla mancanza di innovazione di processo e anche di prodotto – c'è anche da dire che la maggior parte delle normative non sono, come avviene in altri paesi, di tipo premiale ma solo prescrittivo; basti solo pensare, per esempio, alla normativa sull'isolamento termico: la nostra Regione ha fatto una normativa specifica a riguardo, aumentando i valori di isolamento termico, passando dai valori dettati dalla "storica" Legge 10/91 a incrementi delle prestazioni pari ad almeno il 30%, senza pensare però agli effetti prodotti. Molto meglio sarebbe stato fare come altre regioni che hanno messo a punto un sistema premiale che incentiva il raggiungimento di determinati risultati. Questa è la logica secondo me giusta da perseguire. Probabilmente adesso che siamo in presenza di un decreto legislativo che modifica il sistema di valutazione (192/2005), passando dalla logica di valutare semplicemente l'isolamento termico, non solo come valore di trasmittanza degli elementi, ma come comportamento dell'edificio nel suo complesso computando l'energia prodotta e consumata, potrebbero esserci dei miglioramenti. Questa mi sembra un'occasione per ripensare anche a quelle leggi regionali per cercare di ottenere qualche risultato significativo. Con riferimento ai temi del rifiuto, riuso e riciclaggio, credo che in questo paese, soprattutto nel settore dove io opero, ovvero quello dell'edilizia, si faccia poco. Debbo dire che spesso il tema è affrontato sempre dal legislatore a proprio uso e consumo o addirittura, di frequente, nelle interpretazioni della magistratura, in termini assolutamente "fondamentalisti". Pensare che il materiale che deriva da uno scavo sia definito come rifiuto, quand'anche si provi che il terreno non è inquinato, riflette a mio parere una logica del tutto aberrante, così come non è logico a tutt'oggi impedire, o quasi, la possibilità di mettere all'interno del cantiere come strutture mobili degli impianti di riciclaggio del materiale derivato, per esempio, dalle demolizioni. Oppure costringere questi impianti fissi ad essere localizzati in aree a destinazione industriale, quando questi credo rappresentino un servizio e quindi potrebbero benissimo – e questo vale per alcune amministrazioni, anzi, per la maggior parte delle amministrazioni locali – essere localizzati in zone a servizi e, quindi, avere se non altro un costo limitato dell'area da ammortizzare. Non c'è poi da stupirsi se i materiali riciclati, per esempio, dalla demolizione di opere in cemento armato, che servono soprattutto per fare dei riempimenti, alla fine costino più del materiale nuovo e quin-

di non c'è da meravigliarsi della continua richiesta di aperture di cave. Questa logica "fondamentalista", mi sembra abbastanza assurda, ed è la stessa che spesso pervade tutto il sistema normativo; quando noi andiamo a recepire le direttive comunitarie, inventiamo delle cose che sono inapplicabili e che quindi risultano del tutto inapplicabili.

Rispetto all'isolamento acustico molti dei materiali che abbiamo visto, tra l'altro, potrebbero anche essere utilizzati a questo scopo; proprio sugli isolamenti acustici noi ci siamo inventati dei parametri da applicare che sono e vanno al di là di quelli che sono applicati o che derivano da specifiche normative in altri paesi europei. In paesi come la Germania, le logiche che vengono seguite sono molto più realistiche. Ricordo infine che mentre in Italia abbiamo una normativa che riguarda i materiali assemblati (che quindi mi riguarda come imprenditore edile), che discende dal codice civile e che sancisce (articolo 1669 del C.C.) che il prodotto edilizio deve durare per lo meno dieci anni, (indipendentemente dalla valutazione, dalle prestazioni offerte, dal livello manutentivo che si dedica all'edificio), in Germania, con un approccio molto più realistico, hanno differenziato i materiali in funzione della loro tipologia,





del livello di prestazioni e delle manutenzioni. Questo ha prodotto già da tempo (sembra un paradosso ma è così), per esempio per gli elementi di facciata, un processo di virtuosa ricerca di nuovi prodotti, perché non c'era più questo spauracchio, per cui un'impresa continuava a costruire nella stessa maniera perché sostanzialmente preferiva non correre dei rischi. Detto questo, e detto che la finanziaria di quest'anno prevede una grandissima opportunità, ovvero la creazione dei cosiddetti distretti non più su base territoriale ma su base settoriale, ricordo che, insieme a tutti i presidenti delle associazioni produttori di singoli materiali legati all'edilizia, stiamo lavorando, oltre alla costituzione di questa federazione delle costruzioni, per la costruzione di un grande distretto della industria delle costruzioni, tesa proprio alla ricerca e all'innovazione di prodotto, ma soprattutto di processo.

* Presidente ANCE (Associazione Nazionale Costruttori Edili).

*Antonio Citterio**

La mia esperienza professionale ad Amburgo, dove da anni ho lo studio, mi porta ad affermare che i problemi che si incontrano nella pratica, nella maggior parte dei casi, hanno la loro origine nel quadro legislativo; in Germania, inoltre, c'è anche un problema di grande sensibilità industriale nei confronti dei temi legati proprio al riuso/riciclo dei prodotti e dei materiali. Fin dai primi anni novanta, nel mondo dell'industria, in settori anche molto diversi tra di loro – dall'automobilistico a quello dell'arredamento, ad esempio – ci si è posto il problema e si sono affrontate questioni relative al riciclo o al non consumo, perché a volte il problema non è solo quello di riciclare l'oggetto, ma anche quello, ad esempio, di riutilizzarne delle parti. Così già dagli anni novanta, alcune aziende hanno pensato di spedire i mobili non più attraverso degli scatoloni bensì utilizzando dei sacchi, che poi venivano recuperati. Può sembrare una cosa da poco, ma se si pensa a cosa succede con gli imballaggi, si può facilmente intuire come proprio questo problema, quello degli scarti da imballaggio, sia diventato uno dei maggiori che si pongono in questi anni. Nell'ambito del design, ad esempio, si è lentamente affermata l'idea dei prodotti riciclabili, non più strettamente legata a un problema ecologico, quanto piuttosto ad una logica di produzione industriale basata appunto sul riutilizzo.

Pensiamo, ad esempio, ad un'azienda che produce migliaia o centinaia di migliaia di



elementi di seduta ogni anno: quasi sempre questi prodotti, quando hanno delle implicazioni tecnologiche, subiscono un invecchiamento; per questo motivo, determinate sedie dopo dieci-quindici anni devono essere recuperate. E questo è un problema che in Germania è stato posto già dagli anni '90.

Sin dai primi anni novanta ho iniziato a progettare riferendomi non più ad una concezione del progetto per cui c'era forma, funzione, processo tecnologico, a cui ci si riferiva nel secolo scorso; il problema ora è la fine dell'oggetto. Anziché partire da forma, funzione, processo, si parte dal capire che cosa succede quando il prodotto termina la sua vita utile e da lì si percorre il processo a ritroso. Questo comporta, ad esempio, capire cosa vuol dire disassemblare, ma anche cosa comporta il fatto che un materiale da disassemblare non può essere incollato ad uno di tipo differente; vuol dire, quindi, che le strutture devono essere fatte diversamente, ma che alla fine tutto deve essere riciclato secondo lo specifico materiale, per cui un materiale plastico viene riciclato come materiale plastico, un particolare in alluminio viene riciclato come alluminio e via dicendo. Questo è fondamentale, perché porta a pensare all'oggetto totalmente disassemblato ma anche a concepire, secondo un processo mentale fondamentale, il progetto in un certo modo.

Con riferimento alla carta e a tutta la tecnologia ad essa legata, credo, e ho sempre creduto, che siano i condizionamenti economici, forse anche politici ma principalmente economici a spingere, bene o male, la ricerca in una certa direzione. Ormai è chiaro a tutti che il costo delle risorse è un costo che tende ad crescere e che sarà così sempre di più, e questo aumento riguarda qualsiasi materiale ma soprattutto riguarda il lavoro manuale all'interno di un qualsiasi processo produttivo. Abbiamo due grandi frecce che puntano verso l'alto, una è la materia prima, l'altra è la manodopera; per cui, chiaramente, questa problematica inevitabilmente ha già innescato e innescherà sempre di più, nell'ambito dell'edilizia, un processo industriale; quando dico processo industriale intendo dire che oggi il mondo delle costruzioni per certi aspetti è tradizionale, ma questo non è sempre del tutto vero in altri paesi e sicuramente lo sta diventando sempre meno anche in Italia. Un esempio è che si vedono sempre più costruzioni di legno, io stesso in questo periodo mi sto dedicando a nuovi progetti di costruzioni di legno, per esempio abbiamo appena terminato un asilo a Verona totalmente costruito in legno. Il legno è un prodotto industriale, molto di questo manufatto viene prodotto nell'industria, viene assemblato con tempi molto più veloci e, di fatto, l'edificio diventa una sorta di meccano, un qualcosa che è possibile pensare e montare. In fondo, parlare delle costruzioni di legno può sembrare un elemento di poco conto, però c'è un grande sviluppo in questo settore tecnologico e il legno anche da noi diventerà sempre di più un argomento possibile per il progetto.

*Architetto progettista professore presso l'Accademia di Architettura della Svizzera Italiana di Mendrisio.

A PROPOSITO DI LEGGEREZZA E RESISTENZA

Giacomo Borella*

“Leggerezza e resistenza” è un binomio che ha una forte capacità di ispirazione, a diversi livelli. È un sinteticissimo e buon programma minimo sia architettonico che, in fondo, esistenziale. Ha qualcosa in comune con il binomio “pesanteur e grace” di Simone Weil, che Fortini tradusse con difficoltà in italiano con “ombra e grazia”; ma quello della Weil ha la tragicità di un accostamento tra due opposti inconciliabili, mentre la coppia di termini qui proposta suggerisce una possibile alleanza e integrazione virtuosa tra due opposti solo apparenti, entrambi necessari e auspicabili, ancora più efficaci e benvenuti se combinati assieme.

Riflettendo sul mondo reale, più che sul quadro fornito dalle storie dell'architettura, al di là delle apparenze ho l'impressione che si possa leggere nell'avvento delle tecniche costruttive e dell'ideologia della modernità l'affermazione di una specie di “monocultura dell'abbastanza-pesante” nella costruzione dell'architettura e dell'ambiente, la sostituzione di un prevalentemente pesante a una molteplicità di tecniche sedimentate e stratificate lungo i secoli che andavano dal pesantissimo al leggerissimo, combinate tra loro in modulazioni e varietà infinite. Se riprendiamo in mano un “testo sacro” come *Architecture without architects* di Rudofsky (del '64), e lo osserviamo da questa angolatura, vediamo che rispetto alla molteplicità di tecniche leggere e pesanti, maneggevoli o massicce, frugali e/o sofisticate, impiegate in quell'età pre-moderna che in molte parti del mondo si è infiltrata fino agli anni '60 e '70 (e che infatti Rudofsky presenta come architetture ancora vive, e non come i pezzi da museo che sono diventate nei pochi decenni successivi), i paesaggi e le tecniche che oggi ci sono familiari, e che abbiamo esportato in ogni parte del mondo come unica possibile soluzione razionale, igienica ed economica, costituiscono un deciso impoverimento dell'ambiente umano, un grande passo sulla strada della sua riduzione ad un'unica dimensione, dall'Africa alla Cina, e ad un unico peso più o meno standard. Un primo tema di interesse delle sperimentazioni sulle costruzioni in carta e cartone, è per me legato, di conseguenza, proprio a questa forte riduzione della “polifonia” dell'ambiente costruito, e quindi alla preziosità di ogni ricerca e di ogni pratica che di fatto contribuisca ad un riallargamento e ad una diversificazione della gamma delle esperienze costruttive umane contemporanee e future.

Un secondo aspetto, forse ancora più importante, è legato alla natura di questi materiali, al loro ciclo di vita, e alla questione del riciclo. Non sto a dilungarmi sul fatto che le tecniche costruttive della modernità, così come i suoi modi di produzione, i suoi stili di vita e di consumo, implicano una mole – incommensurabile rispetto a ogni

altro periodo della storia umana – di rifiuti, scarti, residui, scorie. Questa è una delle questioni cruciali del nostro tempo, e questo il momento in cui i nodi della nostra civiltà vengono al pettine. La questione del riciclo, in questo quadro, anche in architettura appare sempre più come un tassello decisivo di un necessario processo di riconversione e di ripensamento che c'è da augurarsi modifichi in modo consapevole le nostre abitudini, le nostre tecniche, le nostre pratiche.

Anche se faccio fatica, soprattutto in architettura, a usare la parola "stile" – legata nella nostra tradizione recente a questioni di codifiche formali non troppo emozionanti – comincio però a intravedere la possibilità che attorno a questi temi, attorno al necessario sottrarsi all'imperativo del consumo e a un distanziamento da questa moderna filosofia dell'onnipotenza, si vada catalizzando una sorta di possibile, minoritario "stile del nostro tempo", uno stile precario, parsimonioso e ancora confuso, che a partire da questioni robustamente concrete e urgenti – principalmente energetiche – trovi di volta in volta la sua strada.

Con riferimento sia a questo secondo punto della questione "ambientale" in generale (e delle strategie del riciclo in particolare) che al primo tema dell'impoverimento dell'immaginario costruttivo, in essi possiamo cogliere due esempi lampanti di quella che Ivan Illich, oltre trent'anni fa, chiamava la "controproduttività moderna". Vediamo chiaramente come la nostra civiltà ha cancellato come antichità e arretrate una serie di pratiche concrete consolidate e diffuse, per poi tornare, dopo pochi decenni dal loro sradicamento, a cominciare ad accorgersi della loro importanza cruciale, e a dover tentare di reinventarsele praticamente daccapo. Solo per limitarsi al campo dell'architettura, c'erano fino a tempi recenti capacità ed esperienze enormi nelle strategie del riciclo.

Reciso il legame diretto con queste pratiche "obsolete", il modo in cui oggi possiamo riaccostarci alle pratiche di riciclo in architettura non può che essere un po' da "bricoleur", un fai-da-te che mescoli scampoli reinventati di questa sapienza perduta – tutti da riverificare nel quadro delle dinamiche globalizzate attuali – con le tecniche del ready-made, del objet trouvé dadaista, del collage pop, o del grande bacino di sperimentazione che è quello dell'"arte di arrangiarsi", pur sempre vivo in molte situazioni interstiziali e marginali del pianeta.

Dico ancora una cosa prima di concludere: ho finito per accennare più che altro ad aspetti generali e un po' "ideologici", mentre credo che la questione sia principalmente concreta.

Tra i molti punti concreti, ne evidenzio solo due:

1) la questione normativa che, in Italia in particolare, costituisce un enorme limite. Senza neppure parlare del cartone, se pensiamo solo alle strutture portanti in legno, vediamo che un normalissimo sistema "balloon-frame", in uso dall'Inghilterra, alla Svizzera, agli Stati Uniti – anche nell'ambito degli edifici pubblici – se impiegato in Italia, per certe tipologie antincendio e antisismiche, costringe a quadruplicare le

sezioni portanti, compromettendo del tutto l'intelligenza e l'economicità della soluzione. Lo stesso, o peggio, dicasi per gli isolamenti, per i quali nelle opere pubbliche il quadro italiano finisce per incentivare l'impiego di materiali nocivi come la lana di vetro, a scapito di altri ecologicamente più sensati. Un primo fronte su cui lavorare è quindi evidentemente quello normativo (per quanto non possa nascondere un mio profondo scetticismo, ma sarebbe un discorso troppo lungo);

2) l'altro tema, collegato al primo, è un po' delicato: è quello della situazione di semi-legalità nella quale penso oggi un progettista debba accettare il rischio di trovarsi spesso, volendo difendere alcuni obiettivi irrinunciabili, anche a proposito di alcune scelte ecologiche fondamentali, di fronte alla plètora di normative, competenze, commissioni, nel tragitto attraverso la patafisica articolata prassi burocratica quotidiana. Sono ormai convinto che chi voglia mantenersi in una situazione di garanzia assoluta, nella situazione italiana attuale, non possa riuscire a produrre un'architettura molto diversa, e molto più viva, di quella corrente.

Bisogna quindi cercare nelle smagliature della burocrazia, negli interstizi delle normative e delle dinamiche reali ogni punto di appiglio utile su cui fare leva per introdurre nei progetti concreti elementi di senso, che tentino di rispondere a quel profondo ri-orientamento cui accennavo prima. Il metodo e le stesse architetture di Rural Studio mi sembrano un buon esempio in questa direzione.

C'è ancora un'ultima ragione per cui ho grande simpatia per ogni sperimentazione sull'utilizzo di carta e cartone in architettura. Vedo, infatti, queste prove come piccole tessere di un più ampio mosaico di tentativi di fare spazio, di riconoscere la dimensione della vulnerabilità: un attributo umano fondamentale, con il quale facciamo fatica a convivere, che vogliamo nascondere. Queste strutture di cartone, per esempio quelle giustamente famose di Shigeru Ban, hanno una grande resistenza ma contengono anche una quota di fragilità. Sono esperienze in cui le nozioni di misura, soglia, limite, vengono poste in primo piano. Affermare un tipo di resistenza che sa convivere con la fragilità, con il limite, e contenere al suo interno un elemento di vulnerabilità mi sembra una cosa di grande valore educativo, a contrasto di una civiltà che propone come filosofia prevalente una sorta di onnipotenza fondata su una illusione disponibilità infinita di mezzi, risorse ed energie.

* Architetto progettista Studio Albori - Milano.

*Mario Cucinella**

Tra i diversi temi che suggerisce la coppia dicotomica "leggero-pesante", ve ne sono due che appaiono rilevanti: uno è un tema relativo all'educazione, l'altro è un aspetto più propriamente tecnologico, relativo cioè al rapporto che leggerezza e resistenza hanno con la tecnologia.

Presso l'Università di Ferrara, in cui tengo un Laboratorio di Costruzione dell'Architettura, abbiamo fatto alcune esperienze didattiche su questo tema, perché affrontare il rapporto leggerezza-resistenza è anche un modo per imparare a ragionare sul progetto e questo mi sembra molto importante.

Una prima esperienza è stata sviluppata a partire dalla riflessione condotta sulla relazione che intercorre tra leggerezza e resistenza a partire dal tipo di materiale utilizzato; nel nostro caso, abbiamo usato della pasta (fig. 2-3-4). Questo piccolo intervento potremmo dunque chiamarlo "leggerezza e resistenza nell'uso della pasta" o, comunque, un altro modo di utilizzare la pasta. In questo e negli altri esperimenti condotti in questi anni all'Università di Ferrara nel corso del Laboratorio di costruzione, abbiamo affrontato il tema della leggerezza e della resistenza assegnando un ruolo importante allo studio di questo rapporto in funzione della tecnologia: ecco che allora la costruzione di ponti, torri, cupole non è finalizzata tanto alla costruzione dell'oggetto in sé, quanto piuttosto allo studio di una struttura con precise caratteristiche tecniche, ad esempio alla realizzazione di un ponte che superi una certa luce. Nelle immagini 2, 3 e 4 potete vedere una "luce" di due metri costruita con un etto e mezzo di spaghetti, capaci di sopportare quattro chili di carico; c'è, quindi, un rapporto molto semplice tra forma e resistenza. È fondamentale capire che la forma è molto importante, al di là dell'uso del materiale, perché anche un materiale fragile può raggiungere resistenze straordinarie attraverso la geometria o altre forme di ingegneria. Quello che vedete nelle immagini è il risultato di un lavoro di due giorni di Laboratorio per un totale di sedici ore di lavoro in aula.

In un'altra esperienza, sviluppata a partire dall'idea che si lavorava all'interno di un Laboratorio di Costruzione dell'architettura (sembra banale da dire ma ci interessava costruire qualche cosa), abbiamo cercato di sperimentare l'uso del cartone. Abbiamo comprato 250 tubi di cartone di 120 mm di diametro e, per due anni, abbiamo sviluppato il progetto, riutilizzando il materiale. Il processo di costruzione è complesso e non pretendo di insegnarlo durante il corso, è un qualcosa che gli studenti possono comprendere appieno solo iniziando a lavorare





Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.

concretamente e con il tempo, però si può imparare a mettere insieme alcuni elementi semplici, cioè cercare di dare concreta forma nello spazio ad un'idea. Questo è un tema di insegnamento poco esercitato, per questo motivo facciamo un concorso interno, scegliamo un progetto e lo realizziamo.

Durante il primo anno, abbiamo progettato e realizzato uno spazio espositivo fissando il tempo di costruzione in quattro ore (fig. 5-9); la fase di progetto, svi-

luppata con gli studenti, è durata due mesi, durante i quali si sono affrontati tutti gli aspetti del processo di progettazione, dal computo metrico allo studio dei dettagli esecutivi. Il progetto è stato poi realizzato tutto in cartone, con dei nodi di compensato. L'esperienza ha prodotto negli studenti un certo entusiasmo e un progressivo coinvolgimento, a cui ha sicuramente contribuito la comprensione dei possibili utilizzi di una materia "semplice" come un tubo di cartone, oltre che delle possibilità racchiuse in essi.

Altro tema trattato nel Laboratorio è quello dell'energia; un interesse che ci ha portato a sperimentare, secondo un approccio analogo a quello adottato per lo studio dell'impiego della carta, la costruzione di un pannello solare ad acqua calda riciclando le bottiglie dell'acqua che i ragazzi usano a scuola, e alla costruzione di una doccia nel giardino (fig. 10).

La volontà di approfondire queste questioni ha portato ad affrontare, l'anno successivo, un nuovo tema, quello delle cupole, attraverso l'impiego dei materiali precedentemente utilizzati nel progetto dello spazio espositivo, ovvero i tubi di cartone. Il tema è risultato impegnativo, non solo per una serie di questioni organizzative e logistiche (abbiamo realizzato due cupole di sei metri di diametro, il che ha posto anche il pro-



Fig. 5.



Fig. 6.



Fig. 7.



Fig. 8.



Fig. 9.



Fig. 10.

Ogni riproduzione e distribuzione è vietata.

blema di come movimentare questi oggetti nello spazio) ma anche per altri aspetti legati alla realizzazione di specifici elementi strutturali, come i nodi di congiunzione delle aste. Tutto il lavoro è stato realizzato anche al computer per poter disegnare correttamente gli elementi tridimensionali. Alla fine del lavoro gli studenti hanno

acquisito una conoscenza specifica dei materiali e dei singoli elementi del progetto, anche di quelli funzionalmente più semplici; chiamavano una barra filettata in maniera corretta senza confonderla con un chiodo, con la consapevolezza che una vite è diversa da una barra filettata, ecc. Ho sempre trovato un po' strano che in molte scuole di architettura (non è una critica generalizzata) il modo di esprimersi sia un po' approssimativo dal punto di vista tecnologico. Spesso, gli studenti non sanno che cos'è una vite, un dado, un bullone, che sono cose molto semplici ma diverse tra di loro; cerchiamo di insegnare ai ragazzi a fare l'architettura ma non insegniamo a dire quali sono gli ingredienti di base per realizzarla. Non vorrei banalizzare il tema, però quando alla fine del corso vedo studenti che vanno in ferramenta e comprano con sicurezza e coscienza delle barre filettate Ø10, confesso di provare una certa soddisfazione (fig. 10-15).

Provando, sperimentando e simulando abbiamo messo a soqquadro tutti gli artigiani di Ferrara per fare cose in realtà molto semplici; i nodi cominciavano ad avere una loro complessità, si è iniziato con il costruire la struttura portante della cupola, che è stata montata in una mattina. Abbiamo, però, voluto aggiungere un ulteriore elemento di riflessione e di progetto, ovvero la questione della durabilità della struttura: è un tema importante perché sebbene fossimo in estate a giugno, se ci fosse stato un acquazzone estivo la struttura avrebbe potuto sciogliersi. Abbiamo cercato di studiare soluzioni possibili per proteggere la struttura; escludendo l'idea di pitturare tutti i tubi, operazione che avrebbe richiesto troppo tempo (ci avremmo messo un mese), abbiamo optato per l'impiego di un rivestimento in Lycra, materiale elastico con cui abbiamo protetto gli elementi (il tessuto è stato cucito dalla zia di uno degli studenti). In un primo tempo la struttura è stata provvisoriamente coperta con della plastica, nel caso di eventi climatici improvvisi ed imprevisti.

La struttura è stata montata utilizzando delle strutture provvisorie (ponteggi), in quanto si tratta di un oggetto di dimensioni significative. Naturalmente non sono state seguite le medesime pratiche di sicurezza di un cantiere edile. Attraverso queste strutture, è stato possibile mettere in posa il telo in Lycra, che è stato calzato come una sorta di camicia; operazione che ha comportato un considerevole impegno da parte dei 35 ragazzi del Laboratorio. Alla fine abbiamo considerato che l'idea di coprire semplicemente la struttura con un telo non fosse molto carina; utilizzando delle sfere di polistirolo, poste sulla sommità di barre filettate, si è creata una particolare geometria, diversa da quella che si trovava al di sotto e, pian piano, questo oggetto ha cominciato a prendere una forma particolare, devo dire anche abbastanza divertente, determinata dalle tensioni indotte dalla presenza delle barre filettate e dalle sfere (fig. 29-36).

Dopo quattro mesi di impegno teorico degli studenti del Laboratorio di Costruzioni, lo spazio è stato concretamente realizzato in una giornata di lavoro e smontato la sera stessa: si è quindi trattato di un'esperienza che ha portato alla costruzione di un

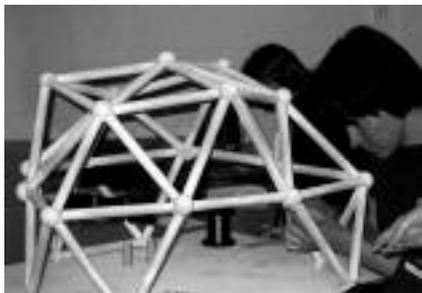


Fig. 11.



Fig. 12.



Fig. 13.



Fig. 14.



Fig. 15.



Fig. 16.



Fig. 17.



Fig. 18.



Fig. 19.



Fig. 20.



Fig. 21.



Fig. 22.



Fig. 23.



Fig. 24.



Fig. 25.



Fig. 26.



Fig. 27.



Fig. 28.



Fig. 29.



Fig. 30.



Fig. 31.



Fig. 32.



Fig. 33.



Fig. 34.



Fig. 35.



Fig. 36.



Fig. 37.



Fig. 38.



Fig. 39.



Fig. 40.

oggetto estremamente effimero. Nelle immagini potete vedere i ragazzi che stanno spruzzando una soluzione per renderlo impermeabile. All'evento era presente anche Thomas Herzog che è venuto a trovarci proprio quel giorno ed è diventato il "padrino" per l'apertura del padiglione al cui interno erano stati esposti tutti i progetti svolti dagli studenti con tutti i dettagli, i computi, i calcoli di dimensionamento, i campioni dei materiali ecc. La sera c'è stata una festa e la visione notturna della struttura completa è stata particolarmente interessante. Questo era per mostrare che alla fine anche noi, pur essendo un po' lontani dal Giappone, qualcosa riusciamo a fare. Un altro tema importante è quello relativo al riuso dei materiali: oggi si parla di riciclaggio, ma in una visione più ampia mi sembra che il tema centrale sia il corretto utilizzo delle risorse; in particolare, è il tema dell'energia quello a cui sono particolarmente interessato. È un tema molto vasto che investe numerosi e diversi settori, che vanno dai trasporti, all'industria, alla produzione di architettura. Credo che questo tema trovi oggi, in campo architettonico, una progressiva importanza a cui corrisponde una certa attenzione da parte degli "addetti ai lavori", attenzione dovuta anche a fatti contingenti, che derivano dalla progressiva presa di coscienza di essere ormai giunti alla fine di un percorso che è durato alcuni decenni, e che stiano scarsegian-

do risorse importanti. Gli argomenti del riciclaggio e della sostenibilità tra qualche anno non rappresenteranno più un tema di progetto facoltativo, non sarà più un'opzione dire "faccio un edificio che consuma meno, o lo faccio che consuma di più", ma diventerà invece una necessità. Quello che ricorda Gianni Scudo, ovvero che una costruzione edilizia in Olanda è fatta con un recupero generale dei materiali, al di là del risultato formale, dipende dal fatto che il suo contenuto intrinseco tecnologico è stato pensato considerando che l'Olanda è un paese con poche materie prime e risorse limitate, quindi è una necessità farlo in un certo modo.

Riprendendo il tema degli edifici e anche delle normative che si sono affacciate in questi ultimi tempi in ambito edilizio, proprio in relazione ai temi acustico ed energetico, si può osservare come siamo ancora nella confusione più totale; la Legge 10/91 per il contenimento dei consumi energetici difficilmente viene applicata in modo rigoroso. Riguardo al tema acustico per ora mi sto scontrando con tutta una serie di difficoltà non da poco: tutti i componenti sono certificati ma l'insieme dei componenti no, e questa mi sembra una cosa incomprensibile.

Il tema dell'energia è un tema importante e, credo, sebbene questo sia una specie di entusiasmo e di desiderio personale, che noi questa sfida la vinceremo con la tecnologia. Non vinceremo la sfida di ridurre i consumi tornando ad un'immagine del passato, non credo sia questa la strada corretta. Personalmente ho usato diversi materiali e ci stiamo occupando con sempre maggiore attenzione delle loro prestazioni come nel caso, per esempio, del vetro selettivo usato nell'edificio in via Bergognone a Milano: un materiale che seleziona l'irraggiamento solare per ridurre il riscaldamento dell'edificio. Secondo me le nuove frontiere sono rappresentate proprio da materiali come questo, ovvero materiali che hanno dei contenuti "genetici" tali da non avere bisogno di energia per assolvere ad una determinata funzione, ma che contengono essi stessi, al proprio interno, un'informazione che permette di incidere senza alcuna intermediazione sul risparmio energetico. Ecco, questa mi sembra una frontiera straordinaria nella progettazione edilizia. Nel campo dell'abbigliamento c'è stata un'enorme evoluzione nei materiali rispetto alla capacità di traspirazione, alla modifica dei colori, alle densità, ecc.; nell'architettura ci stiamo arrivando più lentamente perché questo è un ambito più conservatore.

Nel 1999, o forse nel 2000, ero a Berlino al Solar Congress, uno dei tanti congressi della Comunità Europea, e il ministro dell'innovazione e della tecnologia aprì il convegno, con delegati da tutto il mondo, sgridando pesantemente l'industria tedesca delle costruzioni che non stava facendo innovazione. Effettivamente esiste un problema, rappresentato dal fatto che l'innovazione non solo è un costo, ma ha bisogno anche di una verifica e, quindi, il mondo della costruzione spesso si affida a prodotti consolidati perché c'è dietro tutta una serie di problematiche risolte, non ultime le garanzie sul progetto, per cui si fa molta fatica a cambiare o modificare. Ciò nonostante il ministro già alla fine del 1999 riproponeva questa necessità di innovazione,

sollecitando affinché il mercato tedesco accogliesse questa visione. Pensavo poi al nostro paese; non voglio dare una visione negativa, però abbiamo molta strada da percorrere sia nell'organizzazione che nell'applicazione di nuove tecnologie; credo comunque che la strada sia segnata e sia senza ritorno, grazie anche a questi convegni e incontri. Anche il lavoro scientifico che viene svolto dall'università è molto importante e mi sembra che proprio l'università sia un soggetto che non dovrebbe avere un ruolo solo didattico ma anche e soprattutto di "guida" in questo percorso d'innovazione e ricerca.

* Architetto, professore presso la Facoltà di Architettura - Università di Ferrara.

Silvia Piardi*

Il tema dell'innovazione e della sfida tecnologica può essere affrontato riflettendo sui nuovi materiali, o, più precisamente, sull'utilizzo innovativo di "vecchi materiali". In questa interpretazione, l'innovazione appare legata a un processo mentale, più che a un procedimento tecnico *tout court*.

Proprio la citazione dell'opera del gruppo Rural Studio (cfr. intervento di Giacomo Borella), mostra un uso bizzarro e sicuramente inconsueto di materiali che non potevano essere riciclati in modo tradizionale, che sono stati recuperati e poi reintrodotti nel processo industriale. In questo caso non era possibile il riciclaggio, dal momento che si tratta di materiali accoppiati non separabili, scarti di produzione di cartone contaminati da plastiche ed altre sostanze; per questo motivo è stato preso l'intero elemento usandolo, appunto, come lo si trovava. L'"esperimento" condotto da Rural Studio in Alabama promuove, in modo forse un po' eccessivo ma che definisce una direzione possibile, un approccio basato sulla sperimentazione di un modo di procedere che va al di là della tradizione (fig. 1-2).

Un altro esempio, ormai molto noto, è l'edificio progettato da Sarah Wigglesworth a Londra, dove il tema dell'innovatività dei materiali e della sfida tecnologica è tutto giocato sul concetto di trasferimento, e quindi sulla capacità di manipolare materiali o oggetti che già esistono, impiegandoli per usi diversi e specifici. In questo caso, si osserva da un lato un utilizzo finalizzato al soddisfacimento delle specifiche prestazioni richieste: l'edificio si trova a ridosso della ferrovia e deve quindi avere un buon comportamento acustico, i cassoni con la pietra permettono di assorbire bene le vibrazioni. Ma dall'altro lato, questo edificio rappresenta un esempio di un modo di intervenire tipico del contemporaneo, ovvero di una pratica costruttiva che diventa



Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.

esplicita e si fa linguaggio, e quindi promozione. Tutti vanno a vedere questo edificio perché provocatorio, perché l'uso di materiali particolari, come le balle di paglia, è reso esplicito attraverso materiali trasparenti, trasformando un specifica tecnica costruttiva in auto-promozione e dunque pubblicità dell'edificio stesso. (fig. 3-4). Un altro esempio molto interessante è un intervento ancora di Rural Studio, anche perché connesso al mondo dell'università, dove vengono legate insieme valenze edu-



Fig. 5.



Fig. 6.

cative, etiche e sociali. In questo caso si tratta di progetti sperimentali fatti dagli studenti attraverso, ad esempio, il riutilizzo dei parabrezza delle automobili, o di altre tecniche non convenzionali anche con alta intensità di lavoro perché, in questo caso, uno degli obiettivi era quello di coinvolgere persone del luogo nella costruzione degli edifici, in modo che vi fosse la possibilità per gli stessi abitanti di questa zona, particolarmente degradata e povera, di appropriarsi letteralmente della tecnica costruttiva. (fig. 5-6)

Abbiamo innovazione anche quando la trasparenza e la leggerezza, cioè i temi tipici dell'architettura contemporanea, vengono usate con intelligenza: è questo il caso di Herzog e de Meuron, in un intervento molto bello a Cottbus, vicino a Berlino, in cui si utilizza una struttura edilizia estremamente costosa, basata sull'uso di vetro trattato (acidato e curvato) (fig. 7-8-9-10), che funge in questo caso da richiamo, un po' come ha fatto Frank Ghery a Bilbao. L'edificio diventa così icona del luogo, ne deter-



Fig. 7.



Fig. 8.



Fig. 9.



Fig. 10.

mina le caratteristiche e attrae i turisti colti. Nel caso della biblioteca di Cottbus, la ristrettezza del budget da utilizzare per le finiture interne determina l'uso creativo di soluzioni a basso costo, in primo luogo il colore, e poi di elementi metallici provenienti da altre filiere produttive rispetto a quelle edilizie tradizionali.

Un altro esempio di trasferimento tecnologico è l'uso degli *strand boards* (fig. 11), ovvero di materiali poveri che utilizzano elementi di scarto dell'industria del legno. I pannelli sono un prodotto di quell'industria che riutilizza e ingegnerizza sfridi di legname, con un risvolto ambientale positivo. Sempre citando Herzog e De Meuron, ma anche Lacaton e Vassal, credo si possa riprendere il discorso della leggerezza per arrivare all'uso di prodotti tradizionali e naturali che appartengono al linguaggio contemporaneo dell'architettura che usa l'acqua, il bambù o il verde come elemento di protezione della facciata (anche Gianni Scudo ha lavorato molto su questo tema). Il verde diventa il sistema di protezione della facciata, o, addirittura, come dice James Wine del gruppo di SITE, elemento per fito-correzione. Un'idea potrebbe essere quella di stendere una mano di bellezza sulle brutture che le nostre imprese, con la complicità dei progettisti, talvolta costruiscono (fig. 12).

C'è però un'altra questione legata a questo tema complesso e, in particolare, al fatto che l'innovazione può essere fatta con la testa, e quindi a partire dal modo di usare le cose, e, ancora prima, attraverso la formazione dei futuri progettisti. Faccio riferi-



Fig. 11.

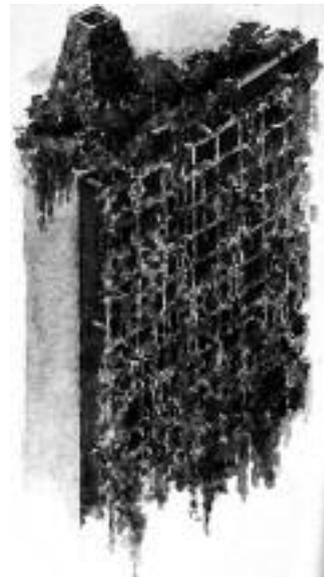


Fig. 12.

mento, in particolare, al tema del "progettare progettisti". Noi usiamo il cartone in tutte le sue forme, in modo addirittura ossessivo, mi riferisco all'esperienza che abbiamo sviluppato nel Laboratorio di Allestimenti presso la Facoltà del Design del Politecnico di Milano a Bovisa, dove gli studenti hanno la possibilità di costruire in tre dimensioni i progetti che elaborano (fig. 13-14-15-16).

Si comincia col tracciare per terra il progetto che i ragazzi hanno sviluppato, si passa poi a definire i primi punti fissi e si prosegue a ragionare sugli spazi, fino a configurare questi ambienti con un sistema allestitivo inventato *ad hoc*, in cui i cartoni sono gli elementi fondamentali per la costruzione. Abbiamo realizzato uno spazio di



Fig. 13.



Fig. 14.



Fig. 16.



Fig. 15.

diciotto metri di lunghezza, si vedono alcuni elementi della costruzione della struttura; sull'ambiente piccolo si possono fare le verifiche dimensionali, mentre sull'ambiente grande è possibile studiare il comportamento di elementi più immateriali, come la luce e il colore, campi in cui ci stiamo molto applicando.

Questo sottolinea ulteriormente l'importanza che ha la capacità di usare in modo innovativo e creativo i materiali, a partire dalla formazione dei futuri progettisti. Parfrasando Montaigne, "È meglio una testa ben fatta che una testa ben piena". Nelle teste ben fatte risiede la capacità di costruire edifici più belli e più compatibili con l'ambiente.

* Professore ordinario di Tecnologia dell'Architettura presso il Politecnico di Milano.

*Franco Finato**

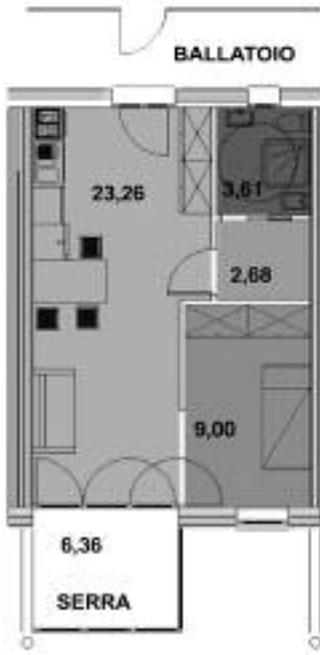
Inizio da un fatto di cronaca per poi allargare lo sguardo ad altri temi, occupandomi nello specifico degli aspetti di carattere gestionale-organizzativo che il tema in questione pone.

“Bird” è una realizzazione sperimentale che, come Regione Lombardia, abbiamo promosso all’interno di un accordo di programma a Brescia, insieme all’ALER di Brescia e al Comune di Brescia. Si tratta di una residenza sperimentale per anziani, con un totale di cinquantadue alloggi, che ha come obiettivi generali la bioedilizia, l’architettura bioclimatica il risparmio energetico idrico e la domotica, temi molto ampi che cito solamente; i dettagli di questa costruzione partita a marzo 2006 – e che si spera di concludere nel giro di due anni, quindi nel marzo 2008 – sono a disposizione sul sito della Regione Lombardia.

Questo progetto è occasione per allargare lo sguardo alle linee di indirizzo della politica della Regione Lombardia in questo settore, e, nello specifico, alle linee del settore specifico di cui mi occupo, ovvero quello della direzione Casa e Opere Pubbliche di interesse regionale.

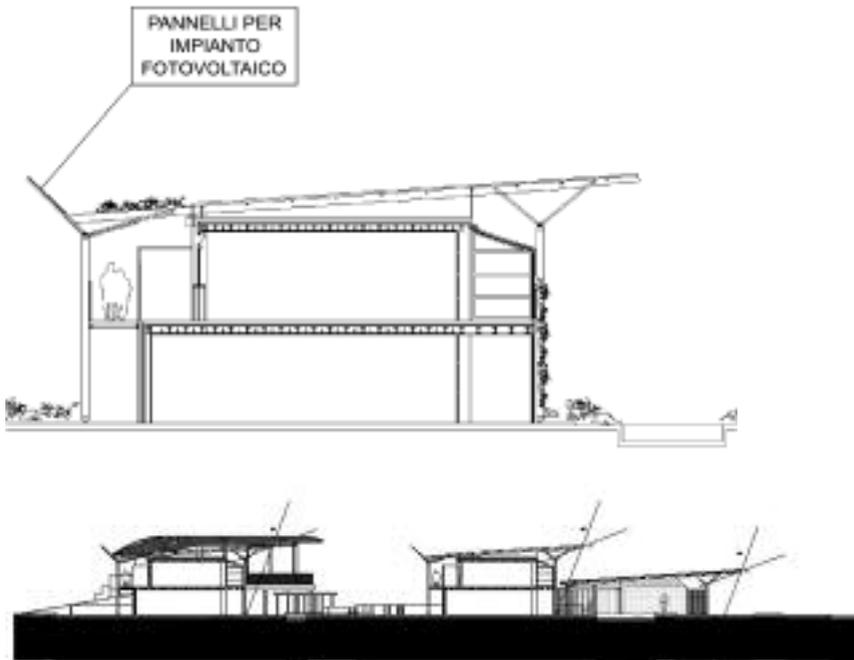
A nostro modo di vedere la casa è, innanzitutto, un fattore di inclusione sociale, questo secondo me è un elemento importante di cui rendersi conto, perché in questi anni, in modo abbastanza diffuso in Italia, si è passati dalla pratica di realizzare tante case in tempi brevi, perché c’era l’emergenza casa, ad occuparci maggiormente della qualità. Al bisogno della casa si somma un problema ulteriore per cui non occorre solo dare un tetto a chi ne ha bisogno, ma si cerca di fare qualcosa di ben fatto, con una qualità costruttiva che sia decente o, almeno, discreta. Negli ultimi anni ci si è poi accorti di come per affrontare il problema non basti un tetto ben costruito, ma sia necessario capire come vive la gente dentro queste case. Quindi il problema è occuparsi della qualità della vita della persona, e, ancora, passo successivo o contestuale – a seconda delle zone o delle sensibilità culturali – chiedersi l’impatto che questo ha sull’ambiente.

Senza lavorare bene sulle implicazioni urbanistiche e architettoniche del tema casa, è difficile promuovere un’adeguata politica di inclusione sociale o, in generale, delle politiche sociali, e quindi incidere sulla qualità della vita della nostra gente. In secondo luogo, effettivamente la casa può smettere di essere un problema e addirittura diventare un contributo positivo all’ambiente e non solo negativo; dico questa come provocazione perché mi rendo conto che ogni volta che si fanno nuovi progetti abitativi, in fondo, in misura più o meno rilevante, si va ad utilizzare lo spazio che è una delle risorse più preziose che abbiamo, almeno in certi territori. Come ulteriore elemento da considerare, c’è l’impatto legato ai materiali. Se si pensa all’inquinamento



atmosferico delle nostre città, sappiamo qual'è l'impatto degli impianti di riscaldamento dei nostri edifici, dei nostri condomini. Quindi noi sappiamo che su questo possiamo fare e possiamo diventare, con gradualità e senso di realismo, attori capaci di dare un contributo positivo all'ambiente.

Abbiamo detto, e ribadiremo nel nuovo programma regionale, che il tema della casa ci interessa molto, e che vorremmo provare a fare costruzioni da un lato senza sprecare denaro pubblico o privato e dall'altro con un impatto ambientale che sia quanto più basso possibile. Per quanto riguarda il discorso delle sperimentazioni, cerchiamo di fare in modo che queste siano a basso costo costruttivo e a basso impatto ambientale, che siano condotte con dei processi costruttivi ripetibili, secondo una logica industriale



nel senso buono della parola, perché se facciamo solo delle sperimentazioni che sono belle e eccezionali ma non sono ripetibili, non riusciamo a creare effetti a catena virtuosi per tutti, con il rischio di avere episodi che restano autoreferenziali.

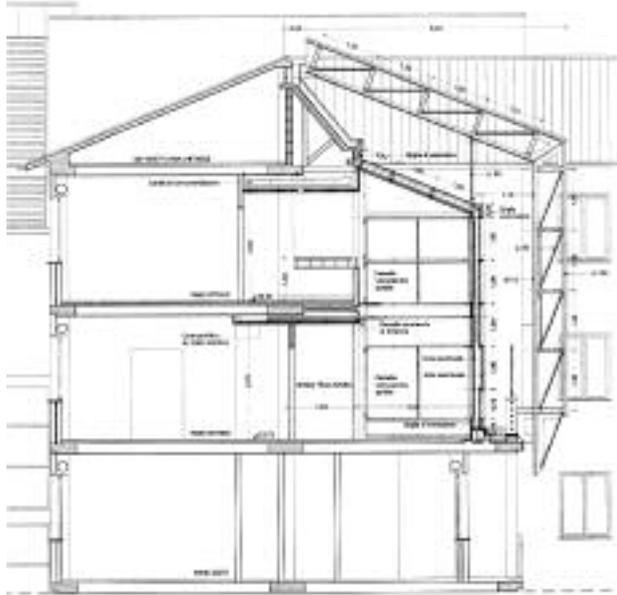
Altro fattore critico, dove critico significa sia minaccia che sfida, come ci dicono i giapponesi, è che noi costruiamo edilizia sociale, non edilizia per ricchi o edilizia di lusso; dobbiamo quindi percorrere strade che siano applicabili a questa fascia di mercato e che, inoltre, dobbiamo ospitare utenze, persone, abitanti che spesso sono e vengono definiti "utenze deboli". Nella maggior parte dei casi, chi abita in un alloggio sociale, per storia, per cultura, per capacità di reddito, appartiene a fasce di popolazione "basse", caratterizzate anche da una scarsa familiarità con la tecnologia e quant'altro; anche questi fattori devono essere considerati nelle sperimentazioni, se desideriamo che queste possano diventare tradizione e applicabilità industriale. Tutti questi elementi nelle sperimentazioni che vogliamo portare avanti si vengono a trovare in un contesto un po' particolare, caratterizzato da risorse scarse, almeno per quanto riguarda quelle finanziarie, per non parlare dei terreni e delle aree sia pubbliche sia private.

Il ruolo dell'Europa in questo settore è un po' strano: in primo luogo, bisogna ricordare che l'Europa non ha una politica sulla casa, e che la materia viene relegata ai singoli stati, i quali a loro volta fanno ben poco; dall'altro però si riscontra che tutta l'Europa, sia il primo nucleo storico, sia i nuovi paesi che sono appena entrati o che stanno entrando, rilanciano con grandissima veemenza il tema della casa come centrale per il futuro. Vi è poi una grossa contrapposizione tra Commissione Europea, Parlamento, Consiglio, cioè tra il livello tecnico e livello politico. L'altro elemento di riflessione è che se l'Europa è un vincolo, un attore un po' distratto su questo tema (è nata infatti più come Europa della finanza e della moneta), può però anche diventare un'opportunità, perché sul tema ambiente ed energia si vede maggiore sensibilità e ci sono anche più risorse. L'augurio è che, almeno a livello europeo, facendo e convogliando le attenzioni e gli sforzi di tutti noi, ci possano essere su questi temi più risorse e meno dispersione, perché il rischio che ognuno agisca in modo autonomo è altissimo.

Da ultimo, in riferimento all'economia, non dimentichiamoci che noi parliamo e operiamo nel mercato immobiliare, pubblico o privato che sia, ed è un mercato poco trasparente. Le dinamiche dei costi di aree, materiali, costruzioni, caratterizzano un mercato ancora insoddisfacente, come testimoniano queste bolle speculative presenti in vari contesti, e non solo in quello italiano, ma anche a livello mondiale.

In sintesi, il primo sì che dico è ad approcci pragmatici e realistici, quindi non autoreferenziali, ma cose che siano veramente percorribili.

Faccio un esempio banalissimo. Qualche anno fa, ho visitato un edificio pubblico in un'altra regione del nord Italia; molto bello dal punto di vista architettonico, peccato che l'architetto, usando moltissimo vetro, non si fosse posto il problema dell'ordi-



naria manutenzione dell'edificio, ovvero di come andare a pulire periodicamente tutto quel vetro. Un'opera d'arte ben poco funzionale in cui, probabilmente, costerà un'enormità fare la manutenzione banalissima della pulizia di queste superfici vetrate; un esempio forse estremo per dire cosa intendo per dire approcci pragmatici e realisti.

Il secondo si è ad una collaborazione continua e più profonda tra università, progettisti, costruttori, industria, artigiani e quant'altro, i gestori di certe strutture e gli assegnatari. Non da ultimo dico gli assegnatari, perché spesso ci si concentra sul prodotto e poi si va poco a indagare come l'utente vive il prodotto, come si vive nelle case, e quindi, forse, questo elemento dovrebbe essere riscoperto anche a livello di studio dei materiali e delle tecniche di costruzione. L'ultimo si è a interventi calati nella realtà dell'edilizia sociale lombarda, che è particolare, che non è quella né di Roma, né di Palermo o neanche di Londra o di Bruxelles. L'utilizzo di metodologie che sfruttano materiali come cartone, carta o altro, è valido se diventa oggetto non solo di collaborazione teorica ma di programmi effettivi, affinché gli spunti e i suggerimenti che giungono da incontri come questo possano convergere in esperienze concrete.

*Roberto Bianchedi**

In relazione al tema generale affrontato, una questione specifica è legata all'impiego della carta dei quotidiani nel settore dell'edilizia, ma non tanto nell'edilizia nuova, quanto nell'edilizia esistente. Come noto, il parco delle costruzioni esistenti in Italia (ma non solo) è notevolmente superiore a quello delle costruzioni nuove. E, soprattutto, è noto che i sistemi di intervento per migliorare l'isolamento termico di queste costruzioni non devono essere invasivi, né distruttivi. Tutto nasce nei primi anni '70, quando a seguito della crisi energetica, gli Stati Uniti affrontarono il problema del risparmio energetico nelle costruzioni; un censimento permise allora di riscontrare che ben l'82% delle costruzioni nordamericane era costruito in legno e che si trattava di abitazioni di tipo monofamiliare. Non sorprendiamoci, in Italia le costruzioni unifamiliari sono l'80% di quelle esistenti, quindi la situazione da noi non è molto diversa. Però le costruzioni nordamericane in legno erano realizzate, e lo sono tuttora, con dei pannelli da 80 per 40 cm circa, con 8 cm di spessore, che dovevano essere riempiti con materiale coibente per consentire l'isolamento della casa. Non si trattava di un problema semplice, o si demoliva la casa o almeno una parete per volta per inserire un isolante, oppure che altro si sarebbe potuto fare?

L'ASTM (American Society for Testing and Materials Standards) prese in esame tutti i materiali isolanti esistenti allora: perlite, vermiculite, polistirolo, poliuretani, lane di vetro, lane di roccia e via dicendo, ma nessuno di questi aveva tutte le caratteristiche che la stessa ASTM aveva imposto. Non essendo un produttore o un commerciante ma un ente istituto di certificazione, l'ASTM aveva dovuto definire le regole, i limiti e gli obiettivi. C'erano i materiali che bruciavano, c'erano quelli inquinanti, c'erano quelli che si insaccavano a seguito della vibrazione della costruzione e via dicendo; il problema venne posto a dei laboratori di ricerca perché individuassero un materiale adatto alla soluzione dei problemi individuati. Uno di questi parti da un materiale già utilizzato in precedenza, cioè la carta dei quotidiani riciclati. Circa vent'anni prima, infatti, fu realizzato un pannello isolante, sempre con la carta da giornale, che però veniva trattata in modo assolutamente diverso, cioè impregnata d'acqua, miscelata con perlite, poi asciugata, ottenendo così un pannello che i nostri professionisti usano almeno dal 1971, da quando cioè abbiamo iniziato a produrlo anche in Europa. È stato utilizzato con nomi commerciali diversi (permalite, fescoboard), ma il prodotto è sempre lo stesso, è sempre carta da giornale lavorata. Questo è un pannello rigido che viene usato per l'isolamento nelle costruzioni industriali (la Fiat ha isolato quasi tutti i suoi stabilimenti con questo materiale) e, quindi, le caratteristiche erano già conosciute, ma non si poteva inserire questo pannello nell'intercapedine delle case in legno. Il laboratorio allora mise a punto la realizzazione di un prodotto



che partiva sempre dalla carta di giornale, in questo caso sfibrata a secco, quindi con bassissimi costi di trasformazione, e miscelata con una serie di composti che dessero tutte quelle caratteristiche che venivano richieste per un materiale isolante impiegato nelle case in legno. Quando noi parliamo di umidità, di diagramma di Glaser, di traspirazione, di vapore e via dicendo, bisogna partire dal presupposto che tutti questi problemi sono tanto più importanti per una casa in legno, e sono stati affrontati e risolti con questo tipo di prodotto.

Quello che è ancora più affascinante, però, non è tanto il prodotto in sé, quanto la tecnologia che è stata messa a punto per il suo impiego. Per spiegarla, mi riferisco a un vecchio principio che tutti conoscono: il materiale isolante migliore è l'aria immobile, l'aria immobile non si può però ottenere. Un prodotto isolante è un prodotto

non conduttore che immobilizza la maggior quantità di aria possibile: quando si compra un materiale isolante, è quindi ovvio che l'aria in esso contenuta incida sui costi di trasporto e di movimentazione del materiale in cantiere. In questo caso, con questo nuovo materiale, si è proceduto togliendo l'aria che poi viene re-inserita durante l'applicazione in cantiere. È stata una rivoluzione, perché un container di questo materiale equivale a sei containers di qualsiasi altro materiale isolante. E non è solo un risparmio di sei volte nei trasporti, ma sei volte nel carico e scarico e sei volte nella movimentazione. Dico movimentazione perché, quando scarichiamo un camion, il materiale lo dobbiamo mettere da qualche parte e poi lo dobbiamo portare al piano di utilizzo. Ecco la terza soluzione: un'apparecchiatura che soffia il materiale fino a trenta metri d'altezza. Non esiste più la movimentazione. Il sistema di applicazione in America è complesso, perché i pannelli citati precedentemente devono essere tutti forati e l'intercapedine riempita con questo materiale. In Europa la cosa è diversa, noi riusciamo a riempire pareti di cinque metri di larghezza e tre metri di altezza, con tre fori; pareti di tre metri con un foro solo e pareti larghe due metri sempre con un foro solo. Per cui abbiamo ridotto i tempi non solo di riempimento ma anche di esecuzione, quindi apertura e chiusura dei fori.

Senza soffermarsi troppo sulle caratteristiche del materiale isolante in fiocchi di carta riciclata, sottolineo solo che i coefficienti e i dati che sono indicati sono coefficienti e dati effettivi, non teorici; i progettisti, purtroppo, continuano a lavorare con certificati di prodotti che hanno coefficienti che poi, all'atto pratico, non hanno riscontro con la realtà, spesso sono il 50% di quello che si deve usare nel calcolo reale.

Riassumendo, la cellulosa in fiocchi è un prodotto che serve per riempire le intercapedini dei muri, principalmente delle case esistenti; può anche essere utilizzato nel nuovo, ma nel nuovo esiste un problema di prezzo, cioè si guarda prima il prezzo e poi le caratteristiche. Recentemente abbiamo isolato un grosso complesso edilizio dove i progettisti hanno valutato il risparmio che ottenevano utilizzando questo



materiale, pur pagandolo di più del più economico materiale isolante reperibile sul mercato, ma il risparmio conseguito nei trasporti, nella movimentazione, nella manodopera e nei tempi di realizzazione, equivalevano al maggior costo sostenuto, solo che non sempre si ha voglia e tempo di fare questi conti.

In Italia, questo prodotto è distribuito dal 1979, e come tutti i professionisti la prima cosa che ho fatto è stata quella di isolare la mia casa con questo materiale; si possono verificare le condizioni sia del materiale nascosto, perché insufflato nell'intercapedine (basta un semplice foro), sia il materiale isolante applicato nel sottotetto: 380 m² di sottotetto isolato nel 1979, 10 cm di spessore ed è ancora lì. Non per altro viene data una garanzia di 25 anni sul prodotto.

In un appartamento esistente al terzo piano di un condominio, l'isolamento sui tre lati consente un risparmio di circa il 27% dei consumi di energia, in una casa monofamiliare con l'isolamento delle pareti e del sottotetto si può arrivare ad un risparmio del 50%. Fino ad oggi abbiamo fatto 700.000 interventi, non sono pochi, e non abbiamo bisogno di fare prove, perché le abbiamo già fatte. In Italia esistono undici milioni e mezzo di abitazioni non isolate, di queste l'80% sono monofamiliari, fate voi il conto di quanto potremmo risparmiare isolando le case esistenti, magari utilizzando anche altri materiali, ma isoliamole però.

* Ditta Bianchedi-Shelter Shield, isolanti in fibra di cellulosa.

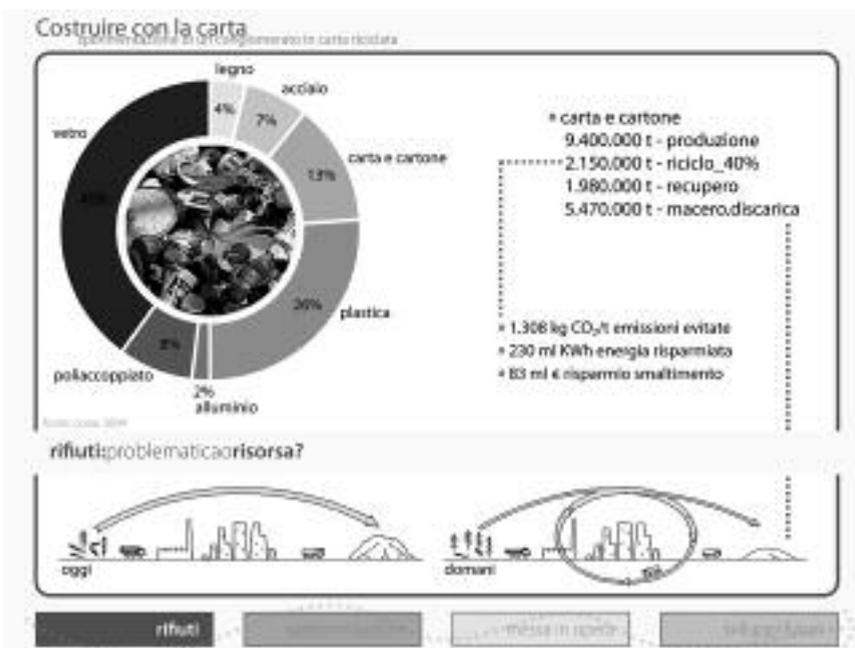
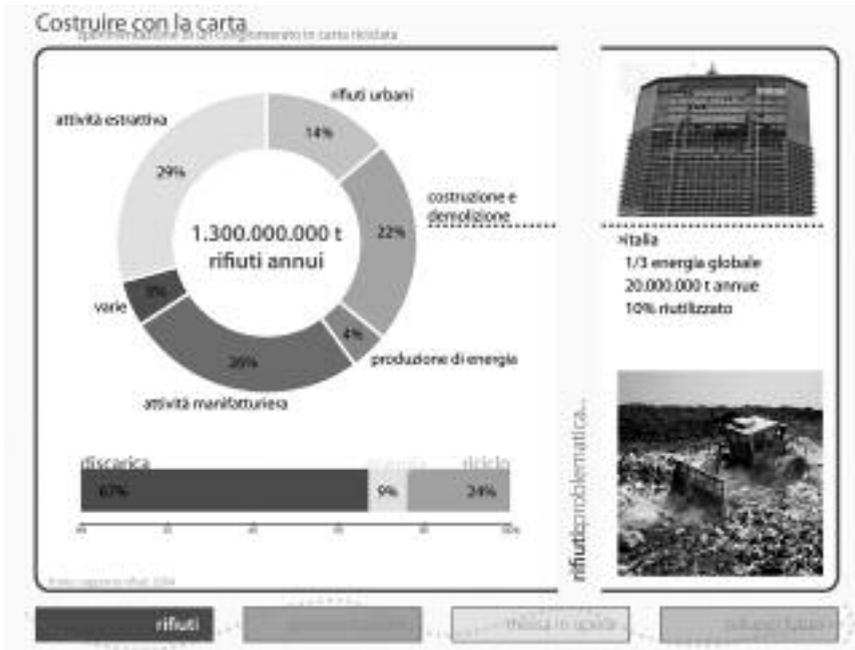
*Roberto Croso**

Resistenza e leggerezza potrebbero essere il contrassegno di ogni attività umana, in senso molto lato, cominciando dalla politica, dove resistenza potrebbe essere l'efficacia e la capacità di incidere nel tempo e la leggerezza l'eliminazione di tante incongruenze e tanti aggiustamenti che vengono fatti troppo spesso, creando anche nei produttori, nelle aziende e nei cittadini, a volte, delle grandi difficoltà.

Per quello che ci riguarda, noi produciamo sacchi di carta che trasportano prodotti per l'industria edile dal produttore al cantiere; vengono trasportate in questo modo circa 25 milioni di tonnellate di prodotti quindi, se è vero che rappresentiamo la bassa manovalanza nell'insieme della filiera, è altrettanto vero che ci viene richiesto di trasportare questi prodotti in modo efficace, adeguato ed economico. Nella progettazione abbiamo fatto proprio di resistenza e leggerezza i due fattori principali di sviluppo; abbiamo diminuito il peso della carta con la quale erano fabbricati i sacchi per leganti idraulici dai 200-210 g/m² del passato fino agli attuali 140 g/m², una riduzione di circa il 30%, e per ottenere questo abbiamo usato carta di pura cellulosa.

Con riferimento al riciclo, ritengo però importante richiamare quanto affermato da Gianni Scudo in merito, e cioè che il riciclo non può essere né infinito né perpetuo; ci vuole inserimento di materia prima, ad alto valore, per poter mantenere un livello stabile qualitativo nella produzione dei prodotti che verranno fatti successivamente. Noi abbiamo usato questa risorsa rinnovabile che è la cellulosa, usata nella versione a fibra lunga, quindi ad alta resistenza. Solo per cercare di rimuovere un'altra delle posizioni un po' fondamentaliste che spesso vengono sbandierate, vorrei ricordare che la tematica del taglio degli alberi e la distruzione delle foreste, per quanto riguarda una risorsa come la cellulosa, sono del tutto fuori posto. Si tratta infatti di una





risorsa rinnovabile, e quindi può essere utilizzata esattamente come tutte le altre risorse vegetali; nessuno si scandalizza del taglio delle piante da coltivazione tipo il mais. Il mais ha un ciclo più breve, mentre la cellulosa ha dei cicli più lunghi, ma sono esattamente dello stesso tipo, comprendono riposo delle coltivazioni, alternanza, ecc. Occorre anche ricordare che la superficie forestale nei paesi scandinavi è oggi assai più ampia di quanto non fosse nell'800, quando l'uso della carta, come tutti sappiamo, era un uso di elite, molto limitato. Per avere questa resistenza e questa leggerezza, abbiamo pensato di avvalerci di questa materia prima.

Un'altra cosa importante è stata quella di progettare i prodotti in funzione del loro uso ma anche della loro fine vita, perché dobbiamo preoccuparci di quello che succederà del prodotto; ed infatti noi usiamo carta prodotta con fibra vergine di alta qualità, la stampiamo con inchiostri all'acqua che non contengono solventi né, naturalmente, metalli pesanti che, in una successiva fase di riciclo, potrebbero essere estremamente dannosi per l'ambiente o per il prodotto da costruire, e usiamo colle vegetali. Anche da questo punto di vista, quindi, abbiamo un prodotto sicuramente ad elevata compatibilità ambientale e sostenibile. Portiamo questi prodotti per edilizia nei cantieri e, a questo punto, mentre il prodotto per edilizia avvia la sua trasformazione per diventare altro più durevole, rimane quello che viene tecnicamente chiamato "rifiuto da imballaggio" che è, invece, materia prima secondaria di grande qua-

Costruire con la carta
 applicazioni, soluzioni e prodotti innovativi in carta riciclata

- » guaine di carta
- » casseri e tubi in cartone
- » pannelli "gridcore"
- » isolante in fiocchi
- » conglomerati a base di carta

architettura di carta

- » Paper Bar - studio architettico, 2004
- » Paper House - padiglione, 2005

rifiuti → carta riciclata → prodotti in carta → rifiuti da imballaggio

lità. Noi, ovviamente, potremmo cambiare il prodotto secondo le esigenze che venissero a manifestarsi nella fase di riciclo.

Sicuramente questa risorsa dovrà essere sfruttata più adeguatamente perché è un patrimonio importante e in un luogo come questo, un Politecnico, luogo di studi e di ricerca, sicuramente queste iniziative potranno trovare ancora maggior ampiezza e profondità. Come industria siamo sempre pronti ad assecondare i cambiamenti necessari per rendere questo prodotto ancora più interessante.

* Socio GIPSAC - Gruppo Italiano Fabbricanti Sacchi in Carta a grande capacità.

INDICE

Architettura della leggerezza, architettura del peso <i>Maria Bottero</i>	5
Saluti e benvenuto <i>Emilio Pizzi</i>	15
Introduzione alla giornata di lavoro <i>Carlo Montalbetti</i>	17
Potenzialità d'uso della carta e del cartone in edilizia <i>Gianni Scudo</i>	19
Esempi di architetture e materiali innovativi a base di carta e cartone <i>Alessandro Rogora</i>	27
Tavola rotonda Innovazione e sfida tecnologica dei nuovi materiali in edilizia <i>Carlo De Albertis</i>	45
Interventi di: <i>Antonio Citterio</i>	49
<i>Giacomo Borella</i>	51
<i>Mario Cucinella</i>	55
<i>Silvia Piardi</i>	65
<i>Franco Finato</i>	71
<i>Roberto Bianchedi</i>	77
<i>Roberto Croso</i>	81

Il mondo ha fame di materie prime ed energia, il prezzo dell'energia è in costante crescita, quello dell'acciaio ha subito una brusca accelerazione nell'ultimo anno e persino il costo del legname da costruzione ha iniziato a crescere negli ultimi mesi. La reperibilità delle pietre e degli inerti diventa sempre più complessa ed onerosa perché le operazioni di cava e drenaggio hanno effetti negativi sull'ambiente, eppure nel mondo delle costruzioni si continua a pensare, progettare e costruire senza la minima considerazione di questi eventi.

Il testo *Carta e cartone in edilizia* raccoglie i risultati di una ricerca, promossa da Comieco (Consorzio nazionale recupero e riciclo degli imballaggi a base cellulosica) e condotta dal Dipartimento BEST del Politecnico di Milano, sull'uso della carta e del cartone in edilizia e si pone come un esempio delle possibili trasformazioni dell'approccio al tema dell'innovazione nel settore delle costruzioni.

Il volume raccoglie le riflessioni di alcuni studiosi, progettisti e ricercatori italiani che durante il loro percorso professionale si sono occupati di innovazione nel settore delle costruzioni e che hanno presentato il loro contributo in un convegno tenutosi a Milano il 24 ottobre 2005.

ALESSANDRO ROGORA

Architetto e ricercatore presso il Politecnico di Milano si occupa da oltre quindici anni di progettazione energeticamente efficiente; negli ultimi anni ha condotto ricerche sull'uso di materiali innovativi in edilizia con particolare riguardo all'utilizzo di materiali di recupero. Come progettista e consulente ha partecipato alla realizzazione di edifici a basso impatto ambientale e ad elevata efficienza energetica.

In copertina: struttura in tubi di cartone realizzata dagli studenti del Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1, tenuto dal prof. Mario Cucinella presso l'Università di Ferrara.



ISBN 88-85729-62-6



Euro 12,50 [IVA inclusa]