



Cocoon Pavilion, Andrea Graziano
e Amleto Picerno, Mediterranean FabLab, in
collaborazione con Co-de.IT, Cava de' Tirreni,
2013.

Cocoon Pavilion, Andrea Graziano
and Amleto Picerno, Mediterranean FabLab,
in collaboration with Co-de.IT, Cava de' Tirreni,
2013.

PAPER ARCHI- TECTURE

Sperimentazioni in corso

PAPER ARCHITECTURE

Sperimentazioni in corso

Le architetture massive sfidano il tempo, quelle leggere ed effimere in cartone ne assecondano l'ineludibilità ed introducono nuovi paradigmi; sovvertono il dato che l'esperienza comune ci ha consegnato, rendono durevole ciò che per sua natura non lo è. È questo lo scenario tecnologico entro cui si inseriscono le sperimentazioni progettuali qui presentate, segnate da nuove tecniche di produzione: il *folding*. L'atto del piegare, nella sua duplicità concettuale e tecnica, non è più ridotto a sola operazione fattuale, si eleva ad operazione compositiva, linguaggio, elemento generatore dello spazio.

[1] «Il successo professionale di Richard Buckminster Fuller è legato, più che alla ricerca Dymaxion, allo studio e alla costruzione di strutture geodetiche autoportanti. Conformemente al suo brevetto del 1954, ne sono state costruite ben 300 mila sparse in ogni angolo del mondo, dal monte Fuji al Polo sud. Fra le più significative: la cupola Kleenex in fogli di cartone piegato presentata alla X Triennale di Milano (1954)». (Vittorio Manfron, *Buckminster Fuller: la ricerca. Dymaxion, una storia americana tra innovazione e utopia*, in Nicola Sinopoli, Valeria Tatano, (a cura di), *Sulle tracce dell'innovazione. Tra tecniche e architettura*, Milano, Franco Angeli, 2002, p. 81. Cfr. anche Roberto Grimaldi, R. Buckminster Fuller. 1895-1983, Roma, Officina edizioni, 1990, p. 19 e Gorman Michael John, *Architettura in movimento*, Milano, Skira, 2005, p. 39.

In architettura la diade massivo/leggero rinvia ad una delle polarità più feconde: massa e gravità sono state sempre associate alla permanenza, la leggerezza all'effimero, al transitorio, al temporaneo. Le architetture massive sfidano il tempo, quelle leggere ed effimere ne assecondano l'ineludibilità.

How much does your building weigh? Era questa la domanda che ironicamente poneva ai suoi interlocutori Richard Buckminster Fuller sollecitando una riflessione sul concetto di leggerezza, sul principio di efficienza energetica e strutturale, sulla possibilità di fare "il più con il meno". Fuller chiarisce l'assunto anche attraverso le sue architetture, con le ricerche condotte sulle cupole geodetiche, strutture capaci di coprire grandi luci impiegando la minima materia. Non a caso è sempre Fuller che negli anni Cinquanta del Novecento, anticipando temi e possibilità ancora oggi solo parzialmente esplorate, progetta e realizza per il governo americano diversi prototipi di cupole geodetiche impiegando strutturalmente fogli di cartone. Le Paperboard Domes, alloggi temporanei, leggeri e di rapida costruzione destinati ai marines, avevano un diametro di 10 metri e pesavano circa 600 kg [1]. L'insuccesso di questo progetto sperimentale fu purtroppo determinato dall'impossibilità di trovare in quegli anni un'efficace soluzione industriale all'impermeabilizzazione della carta, un problema risolto quasi cinquant'anni dopo dalla ricerca industriale (penso alla carta politenata, alle vernici idrorepellenti a base poliuretanicca, alla paraffina, alla cera), che ha consentito al maestro giapponese Shigeru Ban di realizzare delle straordinarie architetture in cartone strutturale.

In architettura l'uso strutturale della carta, a partire dagli anni Cinquanta, è stato contrassegnato da sperimentazioni di grande interesse, che tuttavia solo in pochissimi casi hanno assunto un carattere industriale. I casi più significativi si sono avuti soprattutto negli anni Sessanta, contestualmente all'emergere di una "nuova coscienza ecologica".

PAPER ARCHITECTURE

Ongoing experiments

Massive architecture defies time; and light, ephemeral cardboard structures indulge its inevitability and introduce new paradigms: they overturn the stated meaning defined by common experience, render durable a substance whose nature is otherwise. And this is the technical scenario surrounding the experimental projects presented here, which feature a new production technique: folding. The action of folding, in its conceptual and technical duality, is no longer reduced to a mere factual operation, but is elevated

to a compositional and linguistic act, a space-generating element.

In architecture, the dyad of massive and light is one of the most fruitful polarities: mass and gravity have always been associated with the permanent, lightness with the ephemeral, transient and temporary. Massive architectures defy time, light and ephemeral ones nourish its inevitability. *How much does your building weigh?* This was the question Richard Buckminster Fuller ironically posed to his interlocutors to urge a reflection on the concept of lightness, the principle of energy and structural efficiency and the possibility of doing

"more with less". Fuller clarified the matter through his architecture and with research carried out on geodesic domes, structures capable of covering large spans using a minimum of material. So it is no coincidence that in the fifties of the twentieth century Fuller, anticipating issues and possibilities still only partially explored today, designed and produced for the US government several prototypes of geodesic domes that structurally employed sheets of mere cardboard. Fuller's 'Paperboard Domes', lightweight and rapidly assembled temporary housing for Marines, had a diameter of 10 metres and weighed about 600 kg [1]. Unfortunately though, this



Paked Pavilion, Shanghai, 2010. Progetto di Min-Chieh Chen, Michele Leidi e Dominik Zausinger (CAAD ETHZ), con la collaborazione di Jeannette Kuo e la supervisione di Tom Pawlowsky.

Packed pavilion. Shanghai, 2010. Project by Min-Chieh Chen, Michele Leidi and Dominik Zausinger (CAAD ETHZ), with the collaboration of Jeannette Kuo and supervised by Tom Pawlowsky.

experimental project was a failure given the impossibility of finding in those years an effective industrial solution to the waterproofing of paper, a problem solved only after almost fifty more years of industrial research (think of poly-coated paper and polyurethane, paraffin and wax hydrophobic paints), which allowed the Japanese master Shigeru Ban to realize extraordinary architecture in structural cardboard. In architecture, the structural use of paper, since the fifties, has been marked by experiments of great interest but only in very few cases of an industrial character. The most significant examples occurred primarily in the sixties, simultaneously

with the emergence of a "new ecological consciousness". In this scenario appeared architecture created in papercrete, a cement mixture containing recycled paper fibres that increase acoustic and thermal performance and reduce specific weight. Patented in the US in 1928, papercrete had no immediate significant industrial development, but was later rediscovered in the mid-eighties by James Moon of Tucson, Eric Patterson of Silver City (New Mexico) and Mike McCain of Crestone (Colorado) for the construction of low-cost housing [2]. These experiments opened an interesting line of research, but have not yet achieved a significant

industrial development, remaining confined to certain fields of application and limited geographical areas and employing paper merely as a "supporting", "replacement" or "integrative" material in a field of innovation that could be defined as 'incremental improvement' of the technological and performance aspects of a construction component. In contrast, more recent trials relating to the structural use of cardboard, in the form of sheets, pipes and panels have brought advancements in research in the field of industrial production and information technology that promise renewed design horizons. The architecture of Shigeru Ban is an exemplary

case, which makes use of cardboard tubes designed and produced for the industrial sector but transferred to architectural projects and developed in terms of technical and performance characteristics (e.g. fire resistance, structural performance, water resistance) to make possible new constructive systems. Shigeru Ban experiments within uncharted territory, introduces new paradigms and subverts, in terms of constructional styles, what common experience has given us, making durable what by nature is not [3]. The sense of disorientation, displacement and wonder that catches us upon entering a work of Ban is precisely a result of this balanced compromise between

In questo scenario si inseriscono le architetture realizzate in *papercrete*, un conglomerato cementizio contenente fibre di carta ricilata che ne incrementano le prestazioni acustiche e termiche e ne riducono il peso specifico. Brevettato negli Stati Uniti nel 1928, il papercrete non ebbe nell'immediato uno sviluppo industriale significativo, fu poi riscoperto a metà degli anni Ottanta da James Moon di Tucson, da Eric Patterson di Silver City (Nuovo Messico) e da Mike McCain di Crestone (Colorado) per costruire abitazioni a basso costo [2]. Queste sperimentazioni che hanno aperto un filone di ricerca interessante non hanno tuttavia raggiunto uno sviluppo industriale significativo, restando confinate entro ambiti ed aree geograficamente circoscritte. La carta è impiegata come materiale "comprimario", componete "sostitutivo" o "integrativo". Siamo nel campo delle innovazioni che potremmo definire di 'miglioramento incrementale', riferibili agli aspetti tecnologici e prestazionali di un componente edilizio.

Diversamente, sperimentazioni più recenti connesse all'uso strutturale del cartone, declinato come foglio, tubo, o pannello esplicitano avanzamenti della ricerca nel campo della produzione industriale e dell'information technology che prefigurano rinnovati orizzonti progettuali. Le architetture di Shigeru Ban rappresentano un caso esemplare: tubi di cartone pensati e prodotti per il settore industriale trasferiti al progetto di architettura si evolvono sul piano delle caratteristiche tecniche e prestazionali (resistenza al fuoco, performance strutturale, resistenza all'acqua, ecc.) rendendo possibile nuovi sistemi costruttivi. Shigeru Ban sperimenta e percorre un territorio inesplorato, introduce nuovi paradigmi interpretativi, a partire da tipologie costruttive consolidate sovverte il dato che l'esperienza comune ci ha consegnato, rende durevole ciò che per sua natura non lo è [3]. Il senso di disorientamento, di spiazzamento, di meraviglia che ci coglie entrando in una opera di Ban è frutto proprio di questo equilibrato compromesso tra permanenza e temporaneo, duraturo ed effimero, sintesi felice di ricerca progettuale e strategie di sviluppo industriale.

Le prime sperimentazioni di Shigeru Ban su grande scala risalgono alla fine degli anni Ottanta del secolo scorso (Paper Arbor, 1989; Library of poet, 1991; MDS Gallery, 1994) ed assumono un carattere significativo a partire dal 1995 (Paper House). Dopo il violento terremoto di Kobe, Ban progetta abitazioni temporanee (Paper Long House) con pareti in tubi di cartone poste su fondazioni provvisorie costruite con cassette per l'imballaggio della birra riempite con sacchi di sabbia [4]. In tutti i successivi progetti i tubi di cartone sono una costante (Paper Church, 1995; Paper Dome, 1998). Ban sperimenta "variazioni sul tema" affinando e migliorando dettagli co-

the permanent and the temporary, the lasting and the ephemeral, a happy synthesis of research in design and strategies of industrial development.

The first full-scale experiments of Shigeru Ban date from the late eighties of the last century (Paper Arbor, 1989; Library of a Poet, 1991; MDS Gallery, 1994) and began to develop in a specific style since 1995 (Paper House). After the violent earthquake in Kobe, Ban designed temporary housing (Paper Long House) walled with cardboard tubes placed into provisional foundations built from beer packaging boxes filled with sandbags [4]. In all subsequent projects cardboard tubes were

a constant (Paper Church, 1995; Paper Dome, 1998).

Ban then experimented with variations on the theme, refining and improving construction details and technological devices. In this slow and gradual development, a pivotal moment came with the Japanese Pavilion for Expo 2000 in Hanover. Once again he applied the same construction system developed patiently over the previous years, but doing so while resorting to a structural style designed to enhance the behavior of the material.

A dense network of cardboard tubes, distributed along isostatic lines, forms a complex spatial net-like structure. Reference to structuralist figurative

research is evident in the desire to enhance the role of warped load-bearing structures within the space. The structure itself thus becomes the main protagonist of the whole. An ordered sequence of structural levels, hierarchically distributed, overlap and define the great vaulted space. The upper rotated square mesh network, consisting of tubular cardboard structural elements, is stiffened by a second structural order formed by intersecting spatially arched trusses. This project, as well as unequivocally demonstrating the structural qualities of cardboard, also heralded a moment of transition in regulatory framework advancements, both in structural terms and those

[2] «Prefabbricato in blocchi fuori opera o gettato in sito entro casseforme, il papercrete ha caratteristiche analoghe ad un conglomerato cementizio tradizionale. La presenza di fibre conferisce al calcestruzzo leggerezza, elevato isolamento termico ed acustico, al contempo le percentuali di fibre contenute nel conglomerato costituisce anche un elemento di criticità per i tempi di essiccazione. Percentuali maggiori di cemento conferiscono migliori caratteristiche meccaniche, abbreviano i tempi di essiccazione, e migliorano la resistenza all'acqua, ma, di converso, tendono a peggiorare le caratteristiche di isolamento termico. La estrema porosità del materiale una volta essiccato ne esalta le capacità di resistenza termica (R=0,8 m²K/w per centimetro di spessore) il cui valore dipende chiaramente dalla percentuale di legante utilizzato. All'aumentare della percentuale di cemento utilizzato infatti si riduce la capacità di isolamento termico. Una composizione tipo prevede per 600 litri di acqua, l'impiego di; 30 chili di carta, 20-85 chili di cemento, 0-30 chili di sabbia, ottenendo così una resistenza a compressione, pari a circa 20 kg/cm²» Alessandro Rogora, "Esempi di architetture e materiali innovativi a base di carta e cartone", p. 27 e segg. in A. Rogora, a cura di, *Carta e cartone in edilizia*, Monfalcone, Edicom, 2006.

Shigeru Ban, Padiglione della Maison Hermès alla Settimana del Design 2011, Milano.

Shigeru Ban, Maison Hermès Pavilion, Milan Design Week 2011.

[3] La durata delle sue opere, verificata ormai sul campo, supera ampiamente i 10 anni ed in alcuni casi il dato di previsione è di 50 anni. È il caso dell'ultimo progetto realizzato, la Chiesa Cristiana in Nuova Zelanda.

[4] I tubi di cartone utilizzati per la struttura portante presentano un diametro di 106 mm ed uno spessore di 4 mm. Il costo di costruzione per le unità abitative di 52 mq è stato di 2.000 \$.

[5] La disciplina dell'Origami Computazionale, ad esempio, nasce alla fine degli anni Novanta dagli esiti delle ricerche condotte da David Huffman, professore di informatica all'Università di Santa Cruz in California. Huffman indaga gli algoritmi generativi di strutture tridimensionali basate su andamenti curvi studiando la forma di gusci e conchiglie marine.

of fire prevention. It is precisely with this project that I think the innovative momentum introduced by Ban was exhausted and experiments today propose only incremental technological and constructive improvements rather than a figurative evolution, locked as they are well within a range of 'variations' from which no entirely new developments can be perceived. Thirty years after the first experiments, construction technologies have been refined, but the figurative language and spatial qualities of the architecture now reproduce well-known patterns, as evidenced by the recent project for the Alfredo Casella Conservatory

struttivi e dispositivi tecnologici. In questo lento e progressivo sviluppo un momento nodale è rappresentato dal Padiglione giapponese all'Expo di Hannover del 2000. Anche in questo caso ripropone il sistema costruttivo messo a punto pazientemente negli anni precedenti, lo fa ricorrendo ad una tipologia strutturale che esalta il comportamento del materiale. Un fitto reticolo di tubi di cartone, distribuiti lungo le isostatiche, configura una complessa struttura reticolare spaziale.

Il richiamo alla ricerca figurativa strutturalista è evidente nella volontà di esaltare il ruolo delle orditure portanti nella configurazione dello spazio. La struttura ne risulta l'elemento protagonista. Una sequenza ordinata di piani strutturali, gerarchicamente distribuiti, si sovrappongono e definiscono il grande spazio voltato. Il reticolo superiore a maglia quadrata ruotata, composto da elementi tubolari in cartone, è irrigidito da un secondo ordine strutturale, formato da travi reticolari spaziali ad arco. Questo progetto, oltre le innegabili capacità di esaltare le qualità strutturali del cartone, rappresenta anche un momento di passaggio per gli avanzamenti del quadro normativo che ha determinato, sia per gli aspetti strutturali sia per quelli di sicurezza al fuoco. Ed è proprio con questo progetto che a mio giudizio si esaurisce la spinta propulsiva e rinnovatrice introdotta da Ban, le cui sperimentazioni oggi propongono miglioramenti incrementali sul piano tecnologico, costruttivo, piuttosto che una evoluzione figurativa, rinchiusa ormai entro una gamma di "variazioni" di cui non si intravedono nuovi sviluppi.

A distanza di circa 30 anni dalle prime sperimentazioni, le tecnologie costruttive si sono affinate ma il linguaggio figurativo e le qualità spaziali delle sue architetture ripropongono ormai schemi noti, come dimostra anche il recente progetto del Conservatorio Alfredo Casella all'Aquila, una sala da 230 posti progettata nel 2009 dopo il violento terremoto in Abruzzo ed inaugurata nel 2011.

Di nuovo e diverso segno sono invece le sperimentazioni progettuali su base parametrica, in cui il cartone è declinato come foglio. In questo caso le analogie e i riferimenti all'arte dell'origami e del kirigami sono evidenti. La possibilità di definire una struttura resistente tridimensionale a partire da fogli aventi due dimensioni preponderanti è un filone di ricerca nel quale confluiscono discipline aventi necessità e scopi diversi [5]. Cambia l'approccio al progetto, cambiano i dati e le informazioni che confluiscono in esso.

L'approccio strategico alla progettazione edilizia di "terza generazione" è ormai consegnato alla storia del recente passato. Da una condizione in cui gli strumenti di supporto alle decisioni erano sostanzialmente finalizzati alla gestione della complessità, siamo passati a modelli inter-

in L'Aquila, a 230 place hall designed in 2009, after the severe earthquake in the Abruzzo region of Italy, and inaugurated in 2011.

A new and original direction, however, comes from design experiments of a parametric basis, with cardboard in sheet form. In this case, evident are similarities with and references to the art of origami and kirigami. The possibility of defining a robust three-dimensional structure from two dimensional sheets leads a line of research that brings together disciplines with different needs and purposes [5]. And if the design approach changes, then the data and information that merge into it also change.

The strategic approach to "third generation" building design has now been fully consigned to recent history. From a condition in which the support tools for decision-making were essentially aimed at managing complexity, we have switched to interpretative models of complexity. Digital architecture "makes use of cybernetics to generate forms that are nothing more than calculation" [6]. This statement by Greg Lynn summarizes well the scenario that digital design tools have opened up to contemporary architecture. Parametric architecture bases the creation of architectural forms on algorithms, but does not degrade poetic and creative components in



[6] Greg Lynn, *How calculus is changing architecture*, 2009.

[7] La definizione è di Peter Eisenman.

[8] Gille Deleuze, *La piega. Leibniz e il Barocco*, Torino, Einaudi, 1990, p. 6.

pretativi della complessità. L'architettura digitale «si serve della cibernetica per generare forme che non sono altro che calcolo» [6]. Questa affermazione di Greg Lynn ben sintetizza lo scenario che gli strumenti di progettazione digitale hanno aperto all'architettura contemporanea. L'architettura parametrica basa la creazione di forme architettoniche su algoritmi, cosa che non comporta lo svilimento della componente "poetico-creativa" a vantaggio dell'algida generazione di forme affidata al software; si realizza, invece, un'estensione dell'ambito progettuale entro il quale si sviluppa l'azione cognitiva che mette in crisi le tradizionali categorie spaziali consegnateci dalla cultura architettonica di matrice razionalista. Lo spazio architettonico cartesiano, la geometria euclidea è sostituita da superfici topologiche [7] continue, fluide, dinamiche. Le coppie opposte pesante/leggero dentro/fuori, sopra/sotto, volume/superficie perdono di senso. Sono più pregnanti le interconnessioni, le interagenze che le distinzioni. L'informazione immateriale orienta il processo di formazione riducendo sempre più la distanza tra ideazione e realizzazione.

La progettazione parametrica apre a nuove forme d'uso di materiali tradizionali, consente un processo di aggiornamento, anche di carattere semantico, rendendoli maggiormente aderenti alle istanze della contemporaneità. È questo lo sfondo culturale e lo scenario tecnologico entro cui si ascrivono alcune interessanti sperimentazioni connesse all'uso strutturale del cartone in architettura, per le quali il design del prodotto industriale ha svolto il ruolo di "incubatore". Carta e cartone nell'esperienza diffusa sono identificati con il settore degli imballaggi, dove si sono sviluppate forme d'uso "creativo" e soluzioni tecnologiche poi trasferite in architettura.

Tra le nuove tecniche di produzione il folding è senza dubbio una delle più interessanti, rende infatti possibile "trasformare" un foglio di carta in una rigida struttura tridimensionale. L'atto del piegare, nella sua duplicità concettuale e tecnica, non può essere così ridotto a sola operazione fattuale o ad una specifica tecnica di produzione, elevandosi ad operazione compositiva, linguaggio, elemento generatore dello spazio. Il tema della piega è stato mirabilmente investigato da Gille Deleuze, che nella metafora della piega individua «il costituirsi dell'anima e dell'esperienza moderna». A partire dalla teoria di Leibniz dell'anima come monade, Deleuze rivela alcuni significativi caratteri del neobarocco moderno nella pittura, nella musica, nella letteratura. Come in una architettura barocca, Deleuze ci ricorda che «l'infinito riprodursi delle pieghe, il loro incessante stratificarsi, produce composizioni visive, rapporti aritmetici, "accordi", che contribuiscono alla creazione della "nuova armonia"» [8].

Cardboard Banquet, Dipartimento di Architettura all'Università di Cambridge, 2009.

Progetto realizzato dagli studenti: Mike Anderson, Matt Atkins, Benjamin Barfield-Marks, Luke Bushnell-Wye, Luke Clare, Alice Colverd, Mattea Mastrandrea, Alex McLean, Sophie Palmer, James Pockson, Katherine Spence, Amy Till, Josh Wedlake, Rich Worth, Shuchen Xiang, Max Beckenbauer, Tom Emerson.

Cardboard Banquet, Department of Architecture at the University of Cambridge, 2009.

Designed by the students: Mike Anderson, Matt Atkins, Benjamin Barfield-Marks, Luke Bushnell-Wye, Luke Clare, Alice Colverd, Mattea Mastrandrea, Alex McLean, Sophie Palmer, James Pockson, Katherine Spence, Amy Till, Josh Wedlake, Rich Worth, Shuchen Xiang, Max Beckenbauer, Tom Emerson.



Nei ripiegamenti della materia Deleuze vede un'analogia con le pieghe dell'anima. Una chiave di lettura che estendiamo alle sperimentazioni che seguono; microarchitetture in forma di padiglioni in cui l'atto tecnico del piegare e ripiegare travalica la sola dimensione fattuale ed apre una finestra sull'immateriale.

Nel 2009 il Dipartimento di Architettura dell'Università di Cambridge ha ospitato l'evento *Cardboard Banquet*. Studenti del primo e terzo anno, coordinati dagli allievi Tom Emerson e Max Beckenbauer, hanno elaborato una proposta di spazio modulare destinato ad accogliere il banchetto per i festeggiamenti del nuovo anno accademico. L'idea di sperimentare su grande scala le tecniche dell'origami nasce nel 2009, quando Tom Emerson e Max Beckenbauer partecipano ad un workshop tenuto da Rentaro Nishimura, designer di oggetti in carta. Il progetto è stato preceduto da un'attività propedeutica affidata proprio a Nishimura, attraverso la quale gli studenti hanno imparato alcune tecniche origami e nel contempo indagato le relazioni tra struttura e forma. Al fine di incentivare un approccio "intuitivo" al progetto si è escluso il ricorso a software parametrici e si è proceduto attraverso il ricorso a diversi modelli in scala.

Realizzato nel Kings College di Cambridge durante un workshop durato tre giorni, il prototipo manifesta un carattere "artigianale", volutamente esaltato dalle modalità con cui sono stati "incisi" i fogli lungo le direttrici di piega. La struttura è ottenuta dall'aggregazione di portali ad arco, resi solidali tra loro mediante una "cucitura" puntuale realizzata con cordino annodato,



favour of the cold generation of forms by software. Instead, such progress in the field of design develops cognitive action that undermines the traditional spatial categories handed down by rationalist architectural culture. Architectural Cartesian space and Euclidean geometry are replaced by continuous, fluid and dynamic topological surfaces [7]. Opposites of heavy and light, out and in, up and down and volume and surface lose their meaning. Interconnections, interactions and distinctions take on more meaning. Immaterial data leads the formation process, further reducing the separation between conception and realization. Parametric design opens up new

uses for traditional materials, enabling a process of their renovation, even in a semantic sense, making them more responsive to contemporary demands. This is the cultural background and technological scenario giving rise to some interesting experiments related to the structural use of cardboard in architecture, for which the design of the industrial product has played the role of incubator. Paper and cardboard are commonly identified with the packaging industry, where creative uses and technological solutions have been developed and then transferred to architecture. Among the new production techniques folding is undoubtedly

one of the most interesting, making it possible to "transform" a sheet of paper into a rigid three-dimensional structure. The act of folding, in its conceptual and technical duplicity, cannot be reduced to a mere factual operation or specific production technique, but should be considered as an act of composition, language and generating element of space. The theme of folding was admirably investigated by Gille Deleuze, who used the metaphor of folding to refer to "the constitution of the soul and of modern experience". From the theory of Leibniz of the soul as a monad, Deleuze reveals some significant characteristics of the modern neo-Baroque in painting, music and

literature. As in Baroque architecture, Deleuze reminds us that "the infinite reproduction of folds, their incessant stratification, produces visual compositions, arithmetic relations, 'agreements', which contribute to the creation of the 'new harmony'" [8]. In the folds of matter Deleuze sees an analogy with the folds of the soul. This is an interpretation that we might extend to the description of the following experiments; micro-architecture in the form of pavilions in which the technical act of folding and re-folding takes us beyond one dimension to open a window on the immaterial. In 2009, the Department of Architecture of the University of

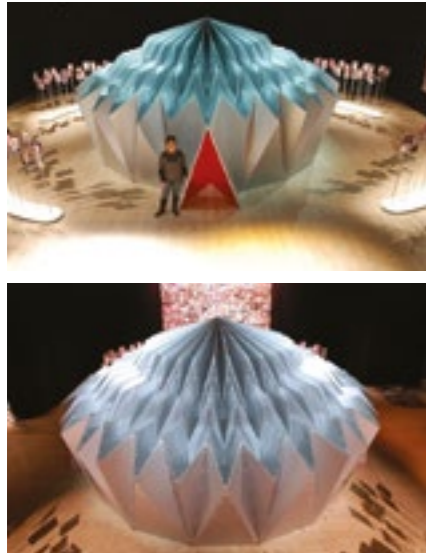
[9] OH.NO.SUMO è stato fondato nel 2009 da James Pearce, Patrick Loo, Katherine O'Shaughnessy e Sarosh Mulla; quattro giovani architetti tutti provenienti dalla Scuola di architettura dell'Università di Auckland.

soluzione che incrementa il grado di “elasticità” della struttura. Dato il carattere prototipico del progetto e lo scopo didattico alcuni importanti temi, come la protezione all’acqua, sono stati volutamente tralasciati.

Di significato analogo è il progetto Packaged Pavilion realizzato a Londra nel 2009 dall’artista giapponese Miwa Takabayashi. Collocato all’interno di un centro commerciale, il Padiglione è realizzato con pannelli di cartone ondulato, piegati e assemblati fra loro con ‘connettori’ di plastica a pressione. Questo grande origami è una sorta di “rifugio primordiale”, offre agli utenti del centro commerciale un momento di sosta, di pausa, un’occasione di riflessione silenziosa all’interno di un contesto dinamico e rumoroso. Il cartone per le sue qualità di isolamento acustico consente ai visitatori di “immergersi” in uno spazio ovattato e la sequenza infinita di pieghe rimanda a quelle pieghe intime dell’anima. Miwa Takabayashi utilizza cartone ondulato a doppio strato con una copertina esterna di colore argento brillante. Scelta che esalta ulteriormente la contrapposizione tra l’immagine esterna di un “oggetto scultura” e lo spazio interno morbido con il cartone lasciato a vista e non trattato.

Cupcake Pavilion, invece, è un'altra interessante opera realizzata nell’ambito di una attività sperimentale a cavallo tra didattica e ricerca accademica. Realizzata ad Auckland nel 2009, su progetto dallo studio OH.NO.SUMO [9], questa struttura è ottenuta assemblando 463 costole di cartone ondulato tagliato a laser. Cupcake Pavilion ha un’intrinseca vocazione industriale, manifestata sia nel processo di elaborazione progettuale che lo ha contrassegnato, sia in quello di costruzione. I pannelli sono ottenuti mediante taglio laser da fogli di cartone ondulato a doppia onda; risultano intersecati tra loro e resi solidali con ‘bottoni’ di plastica a pressione. L’intersezione delle due superfici curve genera aperture di varia dimensione, utilizzate come ripiano per esporre delle deliziose cupcake. Il Padiglione è stato infatti pensato e progettato come un gigantesco packaging; nasce infatti come stand pubblicitario per una azienda. Anche in questo caso la breve durata prevista per l’evento ha consentito di non ottemperare a necessità come l’impermeabilizzazione.

Packed Cardboard Pavilion è il lavoro sperimentale svolto per il conseguimento del post-graduate da Min-Chieh Chen, Michele Leidi e Dominik Zausinger, studenti del Politecnico Federale di Zurigo, nell’ambito del corso di Computer Aided Architectural Design. Il prototipo, realizzato in occasione dell’Expo di Shanghai del 2010, è progettato sulla base di un modello parametrico che ha consentito di ottimizzare ed integrare aspetti connessi alla produzione, alla



Miwa Takabayashi, *Packaged Pavilion*, Shopping Centre, Kent, 2007

Miwa Takabayashi, *Packaged Pavilion*, Shopping Centre, Kent, 2007

Cambridge hosted an event called ‘Cardboard Banquet’. Students of the first and third years, coordinated by the students Tom Emerson and Max Beckenbauer, developed a proposal for a modular space to host the banquet to celebrate the new academic year. The idea to experiment with the techniques of origami on a grand scale came in 2009, when Tom Emerson and Max Beckenbauer participated in a workshop held by the designer of paper objects Rentaro Nishimura. The final project was preceded by introductory activity led by Nishimura, through which the students learned some techniques of origami and simultaneously investigated the

relationship between structure and form. In order to encourage an intuitive approach to the project the use of parametric software was excluded and explorations were made with various scale models. Made in the University of Cambridge’s Kings College, during a three-day workshop, the prototype had an ‘artisanal’ character, deliberately emphasized by the manner in which sheets were scored along crease-lines. The structure was formed by the aggregation of arched portals, joined together by knotted cord seams, a solution that increased the degree of elasticity of the structure. Given the prototypical nature and didactic purpose of the

project some important issues, such as water protection, were deliberately overlooked. Of an analogous significance is the ‘Packaged’ pavilion project realized in London in 2009 by the Japanese artist Miwa Takabayashi. Set inside a shopping centre, the pavilion is made of panels of corrugated cardboard, folded and held together with plastic rivets. This large origami model is a kind of ‘primordial shelter’, offering visitors of the busy and noisy shopping centre a break and a chance for quiet reflection. The sound insulating properties of the cardboard allow visitors to dive into a muffled space and the seemingly infinite sequence of folds invite

them to recall those intimate folds of their own souls. Miwa Takabayashi used double layered corrugated cardboards with an outer bright silver coloured coating, a choice that further enhances the contrast between the hard external image of a ‘sculpture’ and the soft interior space with its cardboard left exposed and untreated. ‘Cupcake Pavilion’ is another interesting work, carried out as an experimental didactic and research activity. Realized in Auckland in 2009 and designed by the studio OH.NO.SUMO [9], this structure was obtained by assembling 463 laser-cut corrugated ribs. Cupcake Pavilion has an intrinsic industrial



OH.NO.SUMO, *Cupcake Pavilion*, New Zealand’s Best Spatial Design, Auckland, 2010. Gruppo di progetto: Sarosh Mulla, Patrick Loo, Katherine O’Shaughnessy, James Pearce.

OH.NO.SUMO, *Cupcake Pavilion*, New Zealand’s Best Spatial Design, Auckland, 2010. Design team: Sarosh Mulla, Patrick Loo, Katherine O’Shaughnessy, James Pearce.

vocation, manifested both in its process of project development and in its construction. The panels are produced by laser cutting sheets of double-corrugated cardboard and are slotted together and held in place with plastic rivets. Two curved intersecting surfaces have a multitude of pigeon-hole openings of various sizes used as shelves to display delicious cupcakes. The Pavilion was indeed conceived and designed as giant packaging, starting life as an advertising stand for a company. Also in this case, the short duration of the event allowed needs such as waterproofing to be overlooked. The cardboard pavilion ‘Packed’ is

another experimental work, realized by Min-Chieh Chen, Michele Leidi and Dominik Zausinger, students of the Swiss Federal Institute of Technology (ETH) of Zurich, as a post-graduate project for a course in Computer Aided Architectural Design. The prototype, built for the Expo in Shanghai in 2010, was designed as a parametric model allowing optimization and integration of aspects related to production, logistics and assembly site management [10]. Designed as an industrial product, with the assembly kit made in Zurich and assembled in Shanghai, ‘Packed’ explored the potential of a bottom-up approach, with models

and strategies of processing and handling information coming from systems theory. Through the use of specific software, the data of the problem was systematized and possible solutions were evaluated on the basis of predictive models. Unlike the top-down approach, which focuses on a systemic overarching vision which defers the breakdown and elucidation of individual elements to a later stage, the bottom-up approach focuses on the parts and then investigates interconnections that organize the whole in a systemic form. The former approach proceeds from the general to the particular and the latter from the particular to the general.

In this project, cardboard was used in a compact format. A six-metre diameter dome was formed of 409 explored many prototype designs before arriving at definitive model. The process allowed gradual improvements to be made to the mathematical model which was the basis of the parametric design. Among the hypotheses explored, the use of massive rings obtained by

[10] Il prototipo è stato presentato anche alla conferenza di eCAADe di Zurigo nel 2010.

[11] Il Padiglione è stato montato aggregando gli elementi in macromoduli, successivamente uniti. Tale procedura ha consentito di ultimare il montaggio in meno di 10 ore.

logistica, alla gestione del cantiere di montaggio [10]. Pensato come prodotto industriale, con un kit di montaggio realizzato a Zurigo ed assemblato a Shanghai, Packed Pavilion esplorata le potenzialità di un approccio bottom-up (dal basso verso l'alto), cioè modelli e strategie di elaborazione e gestione dell'informazione che si rifanno alle teorie dei sistemi. Attraverso l'ausilio di specifici software sono stati messi a sistema i dati del problema e vagliate le possibili soluzioni sulla base di modelli predittivi. Diversamente dal modello top-down (dall'alto verso il basso), che privilegia la visione sistemica rinviando ad una fase successiva la scomposizione e precisazione dei singoli elementi, il modello bottom-up focalizza l'attenzione sulle parti per poi indagare le interconnessioni che le organizzano in forma sistemica. Nel primo caso si procede dal generale al particolare nel secondo dal particolare verso il generale.

In questo progetto il cartone è declinato come blocco massivo. Una cupola di 6 m di diametro è realizzata con 409 anelli di cartone ottenuti dalla sovrapposizione di più fogli. Gli anelli, di diametro variabile, resi solidali mediante fascette di cablaggio, sono ottenuti sovrapponendo 28 strati di cartone a singola onda, ognuno dei quali è stato tagliato, incollato ed etichettato con una macchina a controllo numerico. Le esplorazioni progettuali percorse dal team di progetto sono molteplici come i tanti prototipi che hanno preceduto la realizzazione di quello finale; il processo ha consentito di migliorare, progressivamente, il modello matematico posto a base del progetto parametrico. Tra le ipotesi vagliate quella di impiegare anelli massivi ottenuti dalla sovrapposizione di più fogli rende possibile molteplici vantaggi di produzione, strutturali e logistici connessi al trasporto e montaggio. La messa a sistema di tutti i dati orienta i progettisti ad esplorare tale possibilità. L'ausilio di uno specifico algoritmo consente di combinare le variabili in gioco e a descrivere una superficie tridimensionale ottenuta da una rete di anelli di diverse dimensioni e caratteristiche, definite in ragione della posizione e del comportamento strutturale svolto da ciascuno di essi all'interno del sistema.

I 409 anelli, numerati e classificati mediante un codice alfanumerico, presentano nella superficie interna degli incavi entro i quali alloggiare i connettori. Ciascun collegamento è univocamente identificato stampando sulla superficie dei singoli elementi i codici di riferimento di quelli contigui, al fine di agevolare il montaggio del sistema ed eliminare il ricorso a manuali, istruzioni e schemi grafici [11].

Lo sviluppo del progetto su base parametrica ha consentito di ottimizzare anche la fase di packaging e di trasporto; la possibilità di inserire gli anelli più piccoli in quelli più grandi ha ridot-



Packed Pavilion, Shanghai, 2010. Progetto di Min-Chieh Chen, Michele Leidi e Dominik Zausinger (CAAD ETHZ), con la collaborazione di Jeannette Kuo e la supervisione di Tom Pawlowsky.

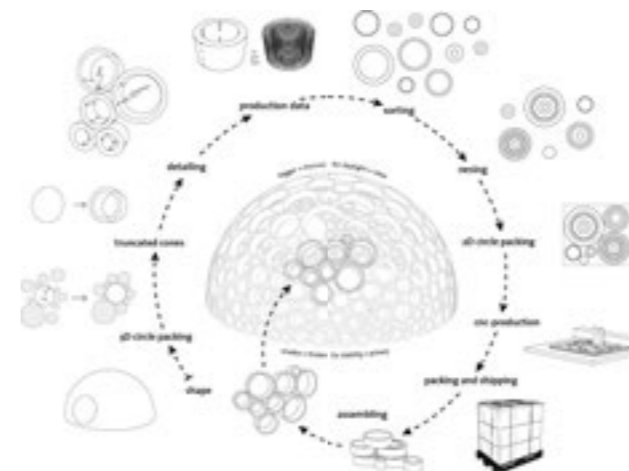
Packed pavilion. Shanghai, 2010. Project by Min-Chieh Chen, Michele Leidi and Dominik Zausinger (CAAD ETHZ), with the collaboration of Jeannette Kuo and supervised by Tom Pawlowsky.

Packed Pavilion, Shanghai, 2010. Progetto di Min-Chieh Chen, Michele Leidi e Dominik Zausinger

(CAAD ETHZ), con la collaborazione di Jeannette Kuo e la supervisione di Tom Pawlowsky.

Packed pavilion. Shanghai, 2010. Project by Min-Chieh Chen, Michele Leidi and Dominik Zausinger

(CAAD ETHZ), with the collaboration of Jeannette Kuo and supervised by Tom Pawlowsky.



overlapping multiple sheets seemed to bring multiple benefits in terms of production, structure, logistics, transport and assembly. The explicit systematization of data oriented the designers to explore this possibility. The use of a specific algorithm allowed the combination of variables involved and the description of a three-dimensional surface obtained from a network of rings of different sizes and characteristics, defined by the position and structural behavior of each within the system as a whole. The 409 rings, numbered and classified using an alphanumeric code, had recesses in their inner surfaces within which to fix the connector ties. The connectors

were uniquely identified by printing reference codes onto their surfaces identifying adjacent positions in order to facilitate the assembly of the system and eliminate the need for manuals, instructions and graphical figures [11]. The development of the project on a parametric basis also enabled the optimization of packing for transport. Smaller rings could be lodged inside larger ones to significantly reduce the shipping volume (about 1.2 cubic meters in total) of the pavilion, whose overall construction required:

- 1900 sheets of corrugated cardboard of 1.8x1.25 m
- 1 cutting machine working 24 hours a day for 10 days

Cardboard Tube Pavilion, Università del New South Wales, Facoltà dell'Ambiente Costruito, Sydney Architecture Festival, Sydney, 2011.

Concorso di progettazione per studenti CH4.

Cardboard Tube Pavilion, University of New South Wales, Faculty of Built Environment, Sydney Architecture Festival, Sydney, 2011.

CH4 Student Design Competition.

[12] La CH4 Competition è un workshop di progettazione coordinato dalla Facoltà di Built Environment. Scopo dell'iniziativa è quello di progettare e costruire un padiglione re-useable in occasione della manifestazione Sydney Architecture Week del 2010, evento organizzato in collaborazione con l'Australian Architecture Association, l'Australia Institute of Architects e il NSW Architects Registration Board.

[13] I pannelli di legno sono stati prodotti in collaborazione con la Royal Plywood who e i tubi di cartone sono forniti dalla Cardboard Tubes Pty Ltd. Il Construction Team degli studenti era formato da: Joel Cheuk, Queenie Tran, Lewis Miles, Christopher Thorp, Joseph Burraston, Chris Freeburn, Pouwel Wind, Jimmy Yan Min, Michael Chien-Hao Chiu, Jianlong Lee (Scott), Matthew Argent, Davin Turner, Phillipa Marston, Toan Ngo, Eric Chan.

[14] Cardboard House è uno dei sei prototipi realizzati. Progettato da Pietro Stutchbury e Richard Smith (con l'assistenza tecnica di Pietro Cuneen specialista della compagnia di packaging Visy), il prototipo è concepito come kit producibile industrialmente e autocostruibile. Il prototipo è stato assemblato da 20 giovani studenti di architettura coordinati dai direttori di progetto Adriano Pupilli e Brendon Miller.

to significativamente il volume di spedizione (1,2 mc circa) del Padiglione, la cui realizzazione ha richiesto:

- 1900 fogli di cartone corrugati di 1.8x1.25 m;
- 1 macchina tagliatrice che ha lavorato per 10 giorni 24 ore su 24;
- 3 operai impiegati in tre turni di 8 ore;
- 35 km di fascette da cablaggio;
- 26 km lineari di colla.

Altrettanto interessante è il progetto Tube Cardboard Pavilion, opera realizzata nel 2010 da un gruppo di giovani studenti dell'Università del New South Wales di Sydney nell'ambito del Sydney Architecture Festival CH4 Competition [12].

Il padiglione è stato costruito con tubi di cartone innestati dentro supporti di legno [13]. Duemila tubi riciclati di cartone sono tenuti insieme da pannelli di multistrato (opportunamente forati) che, insieme ai tubi, danno vita ad un sistema strutturalmente rigido.

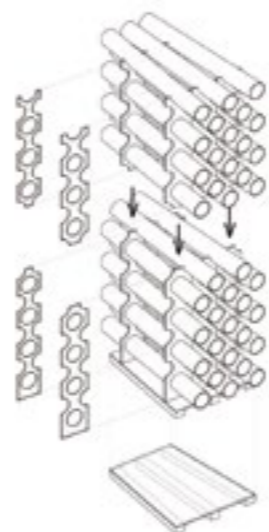
Ubicato nella piazza della Dogane di Sydney il Padiglione offre ai fruitori la possibilità di attraversare uno spazio urbano permeabile. I tubi di cartone, come dei veri e propri cannocchiali prospettici, sembrano focalizzare la vista su alcuni elementi del paesaggio urbano di Sydney.

Ed è sempre la dinamica realtà australiana a proporci Cardboard House [14]. Stutchbury and Pape Architects and Landscape Architects in partnership con Col James, Direttore del Fell



- 3 workers working three eight-hour shifts
- 35 km of cable ties
- 26 linear kilometres of glue
Equally interesting is the 2010 'Cardboard Tube Pavilion' project of a group of young students of the University of New South Wales in Sydney for the Sydney Architecture Festival CH4 Competition [12]. The pavilion was built from cardboard tubes nested within timber supports [13]. Two thousand recycled cardboard tubes were held together by panels of perforated plywood that, together with the tubes, formed a structurally rigid system. Installed in the square in front of Sydney Customs House, the pavilion lets

visitors cross a permeable urban space. The cardboard tubes, like telescopes, seem to focus one's view on several chosen elements of Sydney's urban landscape. Yet again, the dynamic Australian context gave us another example in 'Cardboard House' by Stutchbury and Pape Architects and Landscape Architects in partnership with Col James, Director of the Fell Housing Research Centre of the University of Sydney. In 2004, with the support of several industrial partners, they developed a design for a house made entirely of corrugated cardboard for the Houses of the Future Exhibition [14]. Besides being constructed with



Gli arredi, anch'essi di cartone, sono stati progettati e prodotti da Hugo Moline e TAFE, con la collaborazione della studentessa Lisa Duckmanton. La certificazione è stata curata dagli ingegneri Taylor Thomson e Whitting. Il prototipo di 50 mq circa è costato circa 50.000 \$.

[15] I serbatoi di acqua sono collocati sotto la struttura e fungono anche da zavorra per il sistema che ha, nella eccessiva leggerezza, uno dei suoi elementi di criticità. L'illuminazione utilizzata sfrutta energia a 12-volt.

[16] Il sistema adottato è quello prodotto dalla Biolytix.

[17] Matsys è un laboratorio di ricerca sperimentale fondato nel 2004 Andrew Kudless per esplorare su base parametrica le connessioni tra architettura, ingegneria e biologia. Le attività di ricerca hanno un carattere speculativo ma anche operativo nella messa a punto di strumenti che facilitano un approccio interdisciplinare nell'interfaccia progetto produzione.

[18] Andrew Kudless è Assistant professor al California College of the Arts.

Housing Research Centre dell'Università di Sydney, col sostegno di alcuni partner industriali hanno sviluppato nel 2004 il progetto di questa casa realizzata interamente con cartone ondulato nell'ambito della manifestazione Houses of the Future Exhibition.

Cardboard House oltre ad essere costruita con cartone riciclato prevede anche il recupero dell'acqua piovana (convogliata in appositi serbatoi disposti sotto il pavimento), un sistema di fitodepurazione delle acque di scarico e l'utilizzo di pannelli solari per la produzione di energia elettrica [15]. il prototipo, riciclabile al 100%, punta ad una possibile prefabbricazione industriale del sistema costruttivo esaltandone l'impronta ecologica. Il cartone in questo prototipo è declinato come "scatola rigida"; la struttura è ottenuta dall'aggregazione di elementi scatolari, di diverse dimensioni e consistenza, rivestiti con carta impermeabile. Per garantire un'adeguata impermeabilizzazione i pannelli di tamponamento sono protetti da uno strato di Marmoleum, una variante del linoleum prodotto con PVC riciclato, e da un telo di derivazione nautica in HDPE (high density polyethylene) prodotto dalla McNeills capace di resistere a raffiche di vento oltre i 100 km/h.

Cardboard House è un prototipo di casa temporanea rivolto ad un segmento del mercato immobiliare australiano caratterizzato da una forte mobilità delle famiglie; statisticamente in Australia una famiglia su quattro, ogni tre anni, cambia casa e città di residenza. Il prototipo punta quindi a proporre un modello abitativo a basso costo, riciclabile, con una vita programmata e, soprattutto, con un programma di attività manutentive molto contenuto. A questi vantaggi aggiunge anche un costo di esercizio modesto, in quanto prevede il riciclo delle acque mediante fitodepurazione [16] e l'impiego di pannelli solari per la produzione di energia elettrica.

Un altro interessante esperimento è rappresentato da Catalyst Hexshell, prototipo di struttura a guscio sottile realizzata nel 2012 da un gruppo di studenti della School of Architecture dell'Università del Minnesota all'interno del laboratorio MATSYS [17] durante un workshop di 4 giorni coordinato da Andrew Kudless and Marc Swackhamer [18]. Il workshop affrontava il tema del progetto parametrico applicato alla realizzazione di strutture a guscio sottile, indagando le connessioni tra progetto e produzione industriale, quest'ultima gestita con interfaccia digitale. L'ottimizzazione del sistema è stata determinata agendo sulla complessa geometria della struttura, che contribuisce a "compensare" la intrinseca debolezza del materiale. I fogli di cartone presentano lungo il perimetro una piccola "piega", espediente che risponde sia ad una necessità strutturale (generando delle piccole costole di irrigidimento), sia ad un bisogno di continuità dei giunti. La superficie, a doppia curvatura, è ottenuta impiegando moduli esagonali la cui

recycled cardboard, 'Cardboard House' also provides for the recovery of rainwater, which is conveyed to special tanks arranged under the floor, a waste-water phytoremediation system and the use of solar panels for the production of electricity [15]. The prototype, 100% recyclable, points to a possible industrial prefabrication of the constructive system, allowing a significant reduction in ecological footprint. The cardboard used in this prototype defines rigid box-like structure obtained from the aggregation of box elements, of different size and consistence, coated with waterproof paper. To ensure an adequate waterproofing the panels are

protected by a layer of Marmoleum, a variant of linoleum produced with recycled PVC, and by a sheet of nautical HDPE (high density polyethylene) produced by McNeills, and the panels are also able to withstand gusts of wind up to and over 100 km/h. 'Cardboard House' is a prototype of a temporary home addressed to a segment of the Australian real estate market characterized by the high mobility of families; statistically, in Australia, a family of four moves house and city of residence every three years. The prototype thus aims to offer a model of cheap, recyclable housing, with a programmed life-cycle and, above all, a minimum

of maintenance needs. To these benefits can also be added reduced costs due to water recycling through phytoremediation [16] and electricity production through the use of solar panels. Another interesting experiment is 'Catalyst Hexshell', a prototype thin shell structure built in 2012 by a group of students of the School of Architecture of the University of Minnesota during a 4 day workshop coordinated by Andrew Kudless and Marc Swackhamer [18] in the Matsys laboratory [17]. The workshop addressed the subject of parametric design applied to the fabrication of thin shells, investigating connections between design and industrial

Constructive Geometry Pavilion, Facoltà di Architettura, Università di Porto, 2012

Professori: José Pedro Sousa e João Pedro Xavier con gli studenti.

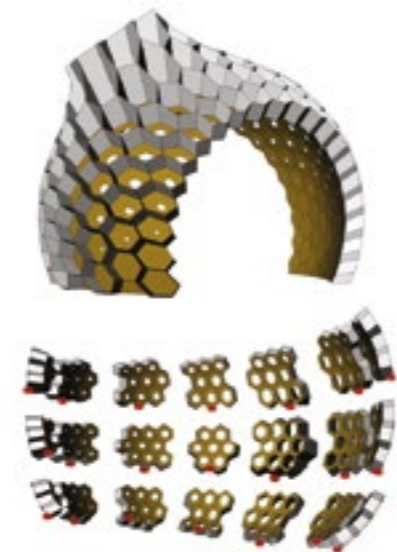
Constructive Geometry Pavilion, Faculty of Architecture, University of Porto, 2012.

Teachers: José Pedro Sousa and João Pedro Xavier with the students.

[19] Progetto: Constructive Geometry Pavilion 2011/12 presso la FAUP, Faculty of Architecture, University of Porto

Professore: José Pedro Sousa, João Pedro Xavier

Studenti: Afonso Portela, Ana Santos, Ana Martins, Ana Maia, Ana Silva, André Castanheira, André Avelas, André Oliveira, António Rebelo, Beatriz Almeida, Carolina Gomes, Catarina Ferreira, Daniel Almeida, Diogo Zenha, Diogo Veiga, Eloi Gonçalves, Fátima Rodrigues, Francisco Pereira, Francisco Pinhal, Francisco Ascensão, Gonçalo Carvalho, Inês Oliveira, Inês Azevedo, Iolanda Tavares, Joana Ferreira, João Gomes, João Paupério, João Amorim, Jorge Reis, Juliana Margato, Kelly Oliveira, Lourenço Rodrigues, Maria Otto, Maria Dunões, Mariana Costa, Miguel Vale, Miguel Pereira, Milene Mendes, Nuno Nascimento, Nuno Santiago, Renan Ferreira, Ricardo Amaral, Rui Laranjinha, Rui Oliveira, Sandra Pinto, Sara Monteiro, Stefanie André, Tiago Azevedo, Tiago Luis.



geometria compositiva ha una evidente corrispondenza analogica nella struttura degli alveari. I pannelli, pur nell'unità della geometria generativa d'insieme, hanno dimensioni diverse in ragione della ottimizzazione della superficie resistente; la scelta di un foro esagonale al centro di ogni pannello contribuisce a ridurre il peso e, nel contempo, determina nello spazio sottostante una suggestiva distribuzione della luce. Il Padiglione, che conserva un carattere strettamente sperimentale, lascia tuttavia intravedere interessanti possibilità di sviluppo futuro. Analogo, a Catalyst Hexshell, il progetto denominato Constructive Geometry Pavilion GC2 [19] contrassegnato da una struttura a nido d'ape realizzata mediante 185 pannelli-celle esagonali perforati prefabbricati da gruppi di studenti secondo un approccio "artigianale"; i pannelli sono stati disegnati manualmente e ritagliati da fogli di cartone a singola onda. Questo prototipo apre un filone di ricerca e di attività sulle tecnologie digitali nella Facoltà di Architettura dell'Università di Porto (FAUP).

production, with the latter managed by digital interface. Optimization of the system was determined by adjusting the complex geometry of the structure to compensate for the intrinsic weakness of the material. The cardboard sheets used have a slight fold along their perimeters to respond to both a structural need (by forming thin stiffening ribs) and a joint continuity need. The convex-concave curved surface derives from the use of hexagonal modules whose compositional geometry is clearly analogous with the structure of a beehive. The panels, while together they generate the geometrical unity of the whole, have different sizes in

order to optimize the strength of the curved surface. A hexagonal hole at the centre of each panel helps to reduce weight and, at the same time, gives the space below a suggestive distribution of lighting. The pavilion, although strictly experimental, gives us a glimpse of exciting possibilities for future development. Similar to 'Catalyst Hexshell' is the project 'Constructive Geometry GC2 Pavilion' [19] with its honeycomb structure of 185 prefabricated hexagonal perforated panel cells realized by groups of students applying an artisanal approach with panels hand-drawn and cut from sheets of single corrugated cardboard. This prototype opened

a stream of research and activity in digital technologies at the Faculty of Architecture of the University of Porto (FAUP). 'Cocoon', a 7.17x5.13x3.10 metre pavilion of corrugated cardboard was realized in the Marte di Cava de' Tirreni Media Library in Italy during the GH_to Fabrication workshop [20]. Conceived as an extension of the bookshop, 'Cocoon' was a thin shell whose surface was generated by the aggregation of hexagonal panels, defined by using the 3D modelling tool 'Rhinoceros', which allowed discretization of the surface into individual elements in order to obtain and manage the planar geometry from the printing and cutting of

Cocoon è, invece, un padiglione in cartone ondulato di 7,17x5,13x3,10 metri realizzato nella Mediateca Marte di Cava de' Tirreni (Sa) durante il workshop GH_to Fabrication [20]. Concepito come estensione del bookshop, Cocoon è una struttura a guscio sottile la cui superficie è generata dalla aggregazione di pannelli esagonali, definita mediante l'utilizzo di Rhinoceros, che ha consentito sia di discretizzare la superficie in singoli elementi, sia di restituire e gestirne le geometrie "planarizzate" in fase di stampa e taglio dei pannelli [21]. Il risultato del pattern finale e l'alleggerimento della struttura sono ottenuti mediante la messa a punto di un "algoritmo generativo" che consente di variare i parametri lasciando emergere, di volta in volta, differenti pattern. Cardboard Pavilion [22] è un progetto concepito nel 2007, da chi scrive, in ambito universitario, allo scopo di trasferire e sperimentare nella didattica del progetto un approccio fondato sull'esperienza diretta, sul dialogo col mondo della produzione industriale, realizzando quella ineludibile continuità tra progetto e costruzione. L'attività di ricerca è stata segnata da una fase iniziale, conoscitiva del processo di produzione di sistemi di imballaggio. Il partner industriale del progetto è infatti uno dei maggiori produttori di imballaggi destinati al settore alimentare. La fase propedeutica ha consentito non solo di comprendere le sequenze operative ma soprattutto di assimilare le potenzialità dell'impianto di produzione industriale in uso presso la International Paper. La fase successiva di elaborazione della proposta progettuale, finalizzata alla realizzazione di un sistema costruttivo monomaterico a basso costo, prodotto industrialmente, autocostruibile e totalmente riciclabile è stata sviluppata in ragione delle caratteristiche dell'impianto di produzione e quindi anche dei suoi limiti. Scopo della ricerca era pervenire ad un prodotto di alto artigianato industriale, pensato e realizzato come una scatola, flessibile, autocostruibile, riciclabile al 100% e "personalizzabile".

Un prodotto custom made realizzato nell'impianto IP di Catania, senza alcuna modifica della linea di produzione e degli standard in uso. Al fine di ottimizzare e ridurre il numero delle varianti in gioco il sistema costruttivo è stato generato ricorrendo a sole due "fustelle" (gli stampi); tale scelta è discesa dalla volontà di ottimizzare i tempi di produzione e ridurre il numero degli elementi, che chiaramente avevano a valle una ricaduta sulla fase di montaggio, pensata per essere svolta da personale non specializzato e senza l'ausilio di strumenti o attrezzature. A questi aspetti "interni" alla produzione si associano quelli connessi alla configurazione del sistema e alla sua performance strutturale. La scelta di utilizzare solo cartone ha richiesto un lavoro molto complesso nella individuazione della tipologia di materiale, che poteva essere a

individual panels [21]. The final design and lightening of the structure was obtained by the development of a 'generative algorithm' that allowed parameter variations in order to produce various different pattern possibilities. 'Cardboard Pavilion' [22] was conceived in 2007 by this writer as a university project to communicate and investigate within didactic design an approach based on direct experience and dialogue with the world of industrial production in order to demonstrate that necessary connection between design and construction. The research activity had an initial phase acknowledging the production process of packaging

systems, the industrial partner of the project being a major producer of packaging for the food industry. The preparatory phase not only gave an insight into operational productive sequences, but also allowed assimilation of the potential of the industrial production system in use at International Paper. The next stage, in elaboration of the project proposal, aimed at the realization of a low-cost single material construction system, industrially produced, self-assembled and totally recyclable was developed in light of production plant characteristics and limitations. The objective of the research was to arrive at a product of high industrial craftsmanship,

designed and built as a box, flexible, self-assembled, 100% recyclable and customizable. The final product was custom-made at International Paper's factory in Catania, without any modification whatsoever to the production line and standards in place. In order to optimize and reduce the number of constructive system variables only two templates were generated. This choice came down from the desire to optimize production times and reduce the total number of elements, which clearly had a downstream effect on the assembly stage, designed to be carried out by unspecialized people without the aid of tools or equipment. To these aspects, concerning

[20] Il Workshop si è tenuto al Mediterranean FabLab di Cava De' Tirreni dal 13 al 16 maggio 2013 in collaborazione con Co-de.IT. Tutor Andrea Graziano ed Amleto Picerno.

[21] Per planarizzare gli esagoni si è fatto ricorso al software Kangaroo.

[22] Cardboard Pavilion (2009 - 2010) realizzato presso la Facoltà di Architettura di Siracusa, Università di Catania, dal Professore Luigi Alini in collaborazione con Aion e con la Partnership di International Paper, Comieco, Material Design. Studenti: Claudia Maria Amato, Francesco Di Domenico, Erika Mangano, Alessandro Odierna, Francesca Petriglieri, Mariaclaudia Porto, Alberto Risciglione, Veronica Roccaforte, Alberto Scamacca, Alessio Scarlata, Gaetano Scribano, Chiara Serra, Liliana Signorelli, Vincenzo Sortino, Beatrice Tamà, Tiziana Tellini, Erika Trovato, Mariagiovanna Zisa.



Cocoon Pavilion, Andrea Graziano e Amleto Picerno, Mediterranean FabLab, in collaborazione con Co-de.IT, Cava de' Tirreni, 2013.

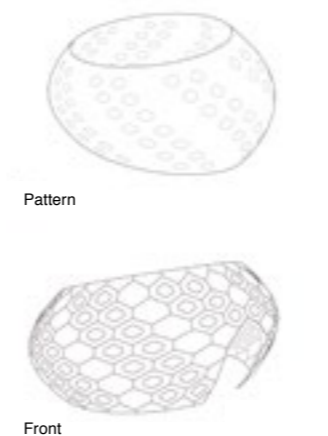
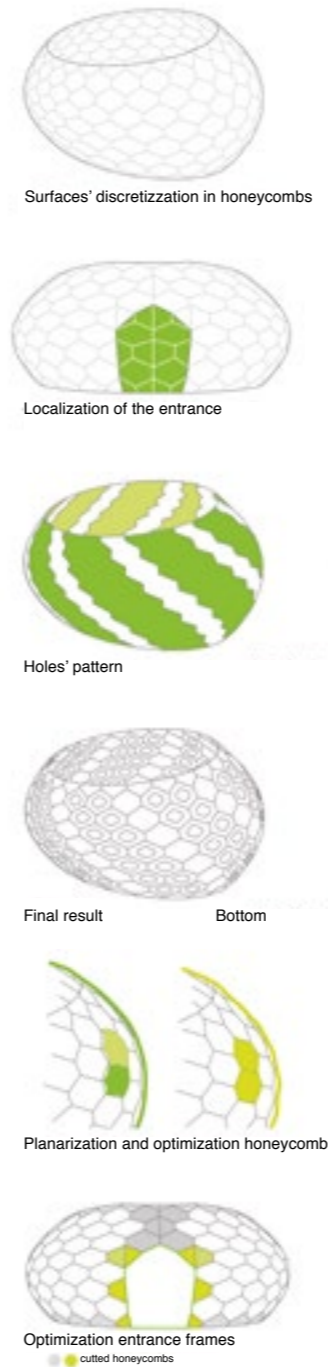
Cocoon Pavilion, Andrea Graziano and Amleto Picerno, Mediterranean FabLab, in collaboration with Co-de.IT, Cava de' Tirreni, 2013.

production, were associated those connected to the system configuration and its structural performance. The choice of using only cardboard required very complex work to identify the right type of material from single, double or triple corrugated varieties. Various tests were performed to discover how the thicknesses of the cardboard had a consequent impact on the ability to bend and fold it. In the end, for its flexibility, we opted for single corrugated cardboard, because if you fold cardboard beyond a certain angle the covering tends to tear, making it more vulnerable to water damage. Single corrugated cardboard can be bent within certain

limits, taking into account the warping made possible by the direction of arrangement of the waves inside the cardboard layer structure. 'Folds' are the generating element of the project, forming the principle according to which the paper material is transformed into a building material. The geometric order of the folds subtends the strict parametric coding of the project. By systematizing all data, a folding sequence was defined to form a rigid system. Then, the need to discretize the system into small elements and simultaneously make it watertight to protect against rain was addressed by overlapping elements, in a way similar to that of traditional roof tiles,

thus also optimizing the flow of rainwater down from the structure. The load capacity and tearing resistance were parameters that determined the type of sandwich and characteristics of the cardboard used. Characteristics of the production plant made available to us by International Paper in Catania influenced, instead, the dimensions of the individual components of the system, which from discrete elements forms a continuous surface by means of the connection of multiple modules with 6 mm plastic rivets (commonly used in the paper industry). The entire system is generated by the aggregation of two basic modules (templates) codified

through the art of origami; module A, a 'herringbone', and module B, a 'diamond-tip'. The structural performance of the pavilion, in response to environmental factors such as wind and rain pressure, is ensured by a rigorous generative geometry, which directs stress along main lines of tension. The use of parametric design processing tools facilitated control of the geometry of the individual elements of the system in light of limitations imposed by the material such as the maximum bend angle and folding direction, thus producing a series of 'controlled deformations' of single corrugated cardboard elements. The outer coverings were produced with 100%



Cocoon Pavilion, Andrea Graziano e Amleto Picerno, Mediterranean FabLab, in collaborazione con Co-de.IT, Cava de' Tirreni, 2013.

Cocoon Pavilion, Andrea Graziano and Amleto Picerno, Mediterranean FabLab, in collaboration with Co-de.IT, Cava de' Tirreni, 2013.

natural 'kraft' paper, the internal wave with recycled paper. The kraft paper of the two outer coverings have excellent water resistance. The connections between the cardboard elements of the system were realized with 6 mm diameter two-part rivets coupled together by pressure. This solution came after comparison and testing of different hypotheses including Velcro, glue and other means. The choice of pressure rivets was the synthesis of different needs and primarily those relating to the possibility of recycling the entire system. The rivets are easily separable from the cardboard and only two materials were employed, both of which 100%

recyclable. The pressure rivets can be assembled, without the use of any tool, by hand. The rivet receiving holes and their positioning are predetermined and punched into the individual cardboard component elements. This solution precludes any possibility of error during assembly by the user, to whom an assembly scheme is provided with all necessary instructions. Finally, the system of mechanical connection, by absorbing the shear stresses generated between elements, also ensured a good degree of flexibility and mobility between the individual parts of the system, which by its very nature could not be too rigid. On the other hand, the use of glue or

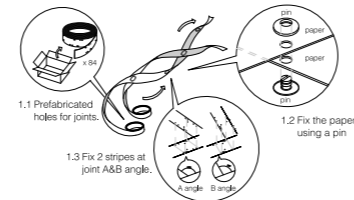
Velcro would not have allowed the necessary degree of adaptability and flexibility of the system and would have made assembly and recycling of the constituent materials at the end of their lifecycle much more complicated. The base module of the pavilion had a height of 220 cm, a width of 538.5 cm and a length of 100 cm. With a 1 metre long linear module you can cover an area of 5,385 square metres, with a weight of 32.02 kg and a production cost of 80 Euros. Modular coordination and optimization of cuts avoided excessive waste of raw material with the two elements formed from a single sheet. With the use of kraft

singola, a doppia o tripla onda. Gli spessori del cartone avevano ovviamente una conseguente ricaduta sulle possibilità di “piegarlo”. Abbiamo testato e verificato diverse tipologie di cartone. Alla fine si è optato per un cartone ondulato a singola onda, perché più flessibile. Se si piega un cartone oltre un certo angolo la copertina tende a lacerarsi, rendendolo così più vulnerabile all’acqua. Il cartone a singola onda è piegabile entro certi limiti, tenendo conto della così detta orditura di canna, cioè della direzione in cui sono disposte le “onde” del cartone interno.

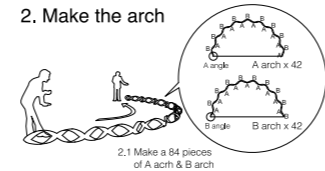
La “piega” è l’elemento generatore del progetto, il principio in base al quale la materia carta è stata tras-formata in materiale da costruzione. L’ordine geometrico delle pieghe sottende una rigorosa codifica parametrica del progetto; mettendo a sistema tutti i dati è stata definita la piega capace di determinare un sistema rigido per forma. Si è presentata, poi, la necessità di discretizzare il sistema in elementi di piccole dimensione e contestualmente di renderlo a tenuta stagna rispetto all’azione della pioggia. La sovrapposizione degli elementi, secondo una modalità analoga a quella di un tetto tradizionale in tegole, ha garantito la tenuta all’acqua e l’ottimizzazione del deflusso delle acque meteoriche.

La capacità di carico e la resistenza allo strappo sono i parametri che hanno determinato la tipologia di sandwich e le caratteristiche del cartone impiegato. Le caratteristiche dell’impianto di produzione messo a disposizione dalla International Paper di Catania ha invece inciso sulle dimensioni dei singoli componenti del sistema, che da elementi discreti realizzano una superficie continua mediante la connessione di più moduli, resi solidali tra loro attraverso l’ausilio di connettori meccanici di plastica (bottoni tradizionalmente utilizzati nell’ambito della cartotecnica) di 6 mm di diametro. Tutto il sistema è generato dall’aggregazione dei due moduli di base (pattern) codificati dall’arte degli origami: modulo A, a “spina di pesce; modulo B, a “punta di diamante”. La performance strutturale del Padiglione, in risposta a fattori ambientali come la pressione del vento e la pioggia è garantita da una rigorosa geometria generativa, che “orienta” gli sforzi lungo “direzioni principali di tensione”. Il ricorso a strumenti di elaborazione progettuale di tipo parametrico ha agevolato il controllo delle geometrie dei singoli elementi del sistema in ragione di condizioni “limite” imposte dal materiale – angolo massimo di piega, direzione della piega, ecc., determinando una “catena di deformazioni controllate”. Gli elementi sono realizzati con cartone ondulato a singola onda. Le copertine esterne sono state prodotte con carta Kraft 100% naturale, l’onda interna con una carta riciclata. La carta Kraft delle due copertine esterne ha una ottima tenuta all’acqua.

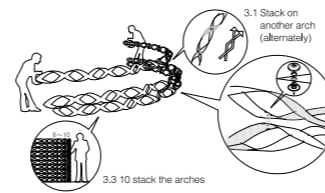
1. Knitting paper



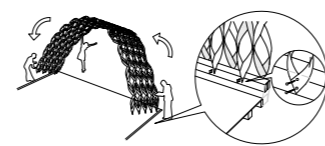
2. Make the arch



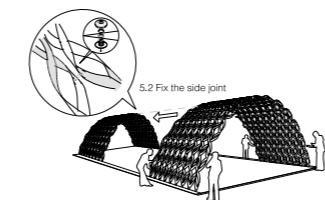
3. Stack on the another arch



4. Lift up connected arches



5. Connect the arches



Irori Pavilion, Kengo Kuma & Associates, FuoriSalone 2015, Università Statale di Milano.

Irori Pavilion, Kengo Kuma & Associates, FuoriSalone 2015, Statale University of Milan.

paper for the outer covering, water resistance can be enhanced by applying a resin-coated paper of 175 g/sqm, which is impervious to rain and has a M3 fire-safety classification [23].

The weight of a linear metre of the structure including connectors (about 100) is approximately 32 kg for a cost of around 80 Euros [24].

The assembly of the pavilion was codified into an instruction manual sequence in order to allow easy self-assembly. The cardboard is a ‘disordered network’ of cellulose fibres, whose properties and bonding between them determine the final mechanical behaviour of the cardboard sheet. These

characteristics are affected by the choice of raw materials and manufacturing parameters. Therefore, the behaviour of the cardboard depends on various factors, with various types of cardboard differing from each other unless they come from the same raw material produced in exactly the same way. This makes standardization of this material difficult from a mechanical point of view. In any case, the general characteristics of the material were investigated, without considering parameters related to the properties of the fibers composing it. The table below shows the mechanical characteristics of the cardboard,

according to research conducted by TUDelft (Delft University of Technology). On the basis of these characteristics and with the aid of a calculating program (PRO SAP) it was possible to analyze results obtained by loading the structure. The first type of analysis dealt with was that of deformation. It was noted that, depending on whether the load was due to the structure’s own weight, wind or a combination of both, different deformations occur. The minimum deformation due to own weight was approximately 7 mm, the thickness of a sheet of cardboard. The wind load the structure was placed under was equal to 87 daN / sqm, a high pressure for which the

pavilion under examination would require to be ballasted or anchored to the ground. A further analysis was done regarding translation, with the control of the results relating to nodal movements obtained by colour maps where each colour-coordinated node was associated with a legend showing numerical values for translations in congruent units. Translation X was the representation of the movement of the nodes in the global X-axis direction. As can be seen in the figure, translations due to load combination ranged from a maximum of 0.26 cm (corresponding to the colour red) to a minimum of -0.089 cm corresponding to the colour

blue. The same analysis was done for translations along the global Z-axis, obtaining results with a range between 0.18 cm and -0.40 cm. Finally, the study of N 1-1 tensions provided normal stresses, or rather effects which generate compressive and tensile stresses compression in the 1-1 direction. The chromatic map indicates positive tensile stresses and negative compressive stresses. This brief overview of very recent design experiments clearly shows how the spread of a parametric design approach, together with advances in research in the field of product innovation and processing, has encouraged the development of a ‘new idea of architecture’ ever more

interpreted as an energetic/synergistic system, the global characteristics of which are increasingly treated as an adaptive organic system that interacts with modifications of the environment in which it is inserted. “This means that partial aspects of building systems that are currently considered in isolation within design methodologies, such as structural technology, physical construction techniques or space organization criteria, become part of a generative process of integration that directly includes the complex interrelationships between material system and performance capacity” [25]. These are experiments which, while not yet widely felt, certainly offer

indicators of possible future scenarios. Moreover, corrugated cardboard is a relatively young material, dating from 1875 when J.H. Thompson had the intuition of pasting a second covering over corrugated paper, thus giving greater rigidity to packaging structures. In architecture its history is, today, only at a beginning and its destiny is still to be written. As Deyan Sudjic reminds us, “The history of architecture should be seen as a history of social and technical inventions, rather than stylistic and formal innovations” [26].

NOTES
[1] «Il successo professionale di Richard Buckminster Fuller è legato, più che alla ricerca Dymaxion, alla studio e alla costruzione di strutture geodetiche autoportanti. Conformemente al suo brevetto del 1954, ne sono state costruite ben 300 mila sparse in ogni angolo del mondo, dal monte Fuji al Polo sud. Fra le più significative: la cupola Kleenex in fogli di cartone piegato presentata alla X Triennale di Milano (1954)» [The professional success of Buckminster Fuller is related, rather than research into Dymaxion, to the study and construction of self-supporting geodesic structures. In

[23] Il che significa che prima che cominci a bruciare trascorrono in media 11 minuti e 30 secondi.

[24] 100 connettori, 24 elementi a spina di pesce, 24 elementi a diamante e 3 elementi di colmo a diamante, tutto il necessario alla costruzione di 3 archi.

Le connessioni tra gli elementi di cartone che conformano il sistema sono realizzate con rivetti di 6 mm di diametro, “bottoni” meccanici composti da due elementi accoppiati tra loro per pressione. Questa soluzione è stata individuata a valle di un confronto tra diverse ipotesi che abbiamo testato: velcro, colla ecc. La scelta dei rivetti a pressione nasce dalla sintesi di diverse necessità. In primis quella connessa al riciclo del sistema. I rivetti sono facilmente separabili dal cartone. Sono stati usati solo due materiali ed entrambi riciclabili al 100%. I connettori a pressione vengono innestati senza l’ausilio di alcun attrezzo: bastano le mani; inoltre i fori e la posizione dei connettori sono predeterminati sui singoli elementi componenti di cartone mediante fustellatura. Questa soluzione esclude qualsiasi possibilità di errore in fase di montaggio da parte dell’utente, al quale viene fornito uno schema di montaggio con tutte le istruzioni necessarie. Infine, il sistema di connessione meccanico assorbendo gli sforzi di scorrimento che si generano tra gli elementi ha garantito anche un buon grado di flessibilità e di mobilità tra le singole parti del sistema, che per sua stessa natura non poteva essere troppo rigido. Diversamente, sia l’impiego di colla sia l’impiego del velcro non consentivano al sistema quel grado di adattabilità e flessibilità necessario; inoltre rendevano più complesse le operazioni di montaggio e quelle di riciclo a fine vita dei materiali costitutivi.

Il modulo base del paglione ha un’altezza in chiave di 220 cm, una larghezza di 538,5 cm e una lunghezza di 100 cm. Con un modulo di 1 m lineare è possibile ottenere una superficie coperta di 5,385 mq, un peso di 32,02 Kg e un costo di produzione di 80 euro.

Il coordinamento modulare e l’ottimizzazione dei tagli hanno evitato eccessivo spreco di materia prima; le due tipologie di elementi sono, infatti, ricavate da un unico foglio. L’utilizzo di una carta kraft per la copertina esterna, ai fini di una buona tenuta all’acqua, può essere incrementata ricorrendo ad una carta politenata con una grammatura di 175 g/mq (impermeabile alle precipitazioni piovose e con una classe M3 di reazione al fuoco) [23].

Il peso di un metro lineare di struttura comprensivo di connettori (circa 100) è di circa 32 kg per un costo che si aggira intorno agli 80 euro [24].

L’assemblaggio del padiglione è stato codificato nelle sue sequenze in un “libretto delle istruzioni” al fine di consentire una facile autoconstruzione del sistema.

Il cartone è una “rete disordinata” di fibre di cellulosa, le proprietà delle fibre ed il legame fra esse determinano il comportamento meccanico del foglio di cartone. Queste caratteristiche sono influenzate dalla scelta della materia prima e dai parametri di fabbricazione. Tale com-

accordance with his patent in 1954, 300 thousand were built in every corner of the world, from Mount Fuji to the South Pole. Among the most significant: the dome Kleenex in sheets of folded cardboard presented at the 10th Milan Triennale (1954)]. (Vittorio Manfron, *Buckminster Fuller: la ricerca. Dymaxion, una storia americana tra innovazione e utopia, in Nicola Sinopoli, Valeria Tatano, (ed.), Sulle tracce dell’innovazione. Tra tecniche e architettura*, Milan, Franco Angeli, 2002, p. 81. cf. also Roberto Grimaldi, R. Buckminster Fuller. 1895-1983, Officina edizioni, Rome, 1990 & Gorman Michael John, *Architettura in movimento*, Milan, Skira, 2005.

[2] «Prefabbricato in blocchi fuori opera o gettato in sito entro casseforme, il papercrate ha caratteristiche analoghe ad un conglomerato cementizio tradizionale. La presenza di fibre conferisce al calcestruzzo leggerezza, elevato isolamento termico ed acustico, al contempo le percentuali di fibre contenute nel conglomerato costituisce anche un elemento di criticità per i tempi di essiccazione. Percentuali maggiori di cemento conferiscono migliori caratteristiche meccaniche, abbreviano i tempi di essiccazione, e migliorano la resistenza all’acqua, ma, di converso, tendono a peggiorare le caratteristiche

di isolamento termico. La estrema porosità del materiale una volta essiccato ne esalta le capacità di resistenza termica (R=0,8 m²K/w per centimetro di spessore) il cui valore dipende chiaramente dalla percentuale di legante utilizzato. All’aumentare della percentuale di cemento utilizzato infatti si riduce la capacità di isolamento termico. Una composizione tipo prevede per 600 litri di acqua, l’impiego di; 30 chili di carta, 20-85 chili di cemento, 0-30 chili di sabbia, ottenendo così una resistenza a compressione, pari a circa 20 kg/cm²» [Prefabricated blocks produced off-site and thrown into formwork on-site, papercrate has characteristics similar to

traditional cement. The presence of fibres gives the cement lightness and high thermal and acoustic insulation, while the percentage of fibres in the conglomerate is also a critical element for drying time. Higher percentages of cement give the best mechanical characteristics, shorten the drying time, and improve water resistance, but, conversely, tend to worsen characteristics of thermal insulation. The extreme porosity of the material, once dried, enhances its thermal resistance (R = 0,8 m²K/w per centimetre of thickness) whose value clearly depends on the percentage of binder used. Increasing the percentage of

portamento del cartone dipende, quindi, da vari fattori, le varie tipologie di cartone differiscono l’uno dall’altra a meno che non provengano dalla stessa materia prima e non siano state prodotte allo stesso modo. Ciò rende difficile la standardizzazione di questo materiale dal punto di vista meccanico. Tuttavia, sono stati studiati i rapporti generali delle caratteristiche, senza considerare i parametri legati alle proprietà delle fibre che lo compongono. Nella tabella che segue sono riportate le carateristiche meccaniche del cartone, secondo una ricerca condotta presso la TUDelft (Delft University of Tecnology) Sulla base di queste caratteristiche e con l’ausilio di un programma di calcolo (Pro sap) è stato possibile analizzare i risultati ottenuti dopo l’inserimento dei carichi agenti sulla struttura.

Il primo tipo di analisi affrontato è stato quello della deformata, si è osservato come, a seconda che il carico sia dovuto al peso proprio, al vento o alla combinazione di entrambi, la struttura subisce deformazioni differenti. La deformazione minima dovuta al peso proprio è di circa 7mm, lo spessore di un foglio di cartone. Il carico da vento cui è stata sotto posta la struttura è pari a 87 daN/mq, una pressione elevata per il padiglione in esame che necessita, per resistere ad un carico così grande, di essere zavorrato o ancorato al suolo. Un’ulteriore analisi è stata fatta sulle traslazioni: il controllo dei risultati relativi ai movimenti nodali è avvenuto mediante mappe di colore, ad ogni nodo corrisponde un colore a cui è associata una legenda che riporta i valori numerici della traslazione di interesse, in unità di misura congruenti. La traslazione X è la rappresentazione del movimento dei nodi in direzione dell’asse globale X, come si può vedere nella figura le traslazioni dovute alla combinazione di carico vanno da un massimo di 0,26 cm (corrispondente al colore rosso) ad un minimo di -0,089 cm corrispondente al colore blu; la stessa analisi è stata fatta per le traslazioni rispetto all’asse globale Z, riscontrando dei risultati con un range compreso tra 0,18 cm e -0,40 cm. Infine lo studio delle tensioni N 1-1 ha fornito gli sforzi normali, ovvero le azioni che generano le tensioni di compressione e trazione in direzione 1-1; la mappa cromatica indica con segno positivo le tensioni di trazione e con valori di segno negativo le tensioni di compressione.

Questo breve panorama di recentissime sperimentazioni progettuali esplicita chiaramente come la diffusione di un modello di approccio progettuale su base parametrica, unitamente agli avanzamenti della ricerca nel campo delle innovazioni di prodotto e di processo, abbia favorito lo sviluppo di una “nuova idea di architettura” sempre più interpretata come sistema energetico/sinergetico: il comportamento globale è sempre di più assimilato ad un sistema organico adattivo che intera-

cement used in fact reduces the thermal insulation capacity. A typical composition uses 600 litres of water, 30 kg of paper, 20-85 kg of cement and 0-30 kg of sand, thus obtaining a compression strength equal to about 20 kg / cm²] Alessandro Rogora, “Esempi di architetture e materiali innovativi a base di carta e cartone”, p. 27 & in A. Rogora, ed., *Carta e cartone in edilizia*, Monfalcone, Edicom, 2006.

[3] The duration of his works, now verified in the field, are well above 10 years and in some case 50 years are predicted. This is the case of his last realized project, the Christian church in New Zealand.

[4] The cardboard tubes used for the supporting structure have a diameter of 106 mm and a thickness of 4 mm. The construction cost per unit of 52 square metres was \$ 2,000.

[5] The discipline of Computational Origami, for example, was born in the late nineties from the outcome of research conducted by David Huffman, professor of computer science at the University of Santa Cruz in California. Huffman investigated generative algorithms for curve-based three-dimensional structures by studying the shape of shells found in nature.

[6] Greg Lynn, *How calculus is changing architecture*, 2009.

[7] Peter Eisenman’s definition.

[8] Gille Deleuze, *La piega. Leibniz e il Barocco*, Turin, Einaudi, 1990, p. 6.

[9] OH.NO.SUMO was founded in 2009 by James Pearce, Patrick Loo, Katherine O’Shaughnessy & Sarosh Mulla; four young architects of the School of Architecture of the University of Auckland.

[10] The prototype was presented also at the eCAADe conference in Zurich in 2010.

[11] The pavilion was mounted by aggregating the elements in macro-modules, later joined. This procedure made it possible to complete the assembly in less than 10 hours.

[12] The CH4 Competition is a design workshop coordinated by the Built Environment Faculty. The aim of the initiative was to design and build a re-useable pavilion for Sydney Architecture Week 2010, an event organized in collaboration with the Australian Architecture Association, the Australian Institute of Architects and the NSW Architects Registration Board.

[13] The wood panels were produced in collaboration with Royal Plywood who & the cardboard tubes were supplied by Cardboard Tubes Pty Ltd. The Construction Team of students was formed by: Joel Cheuk, Queenie Tran, Lewis



Cardboard Pavilion, Prof. Luigi Alini Università di Catania, con AION.
In collaborazione con International Paper Catania, Siracusa, 2009.
Cardboard Pavilion, Prof. Luigi Alini University of Catania, with AION.
In collaboration with International Paper Catania, Siracusa, 2009.



Cardboard Pavilion, Prof. Luigi Alini Università di Catania, con AION.
In collaborazione con International Paper Catania, Siracusa, 2009.
Cardboard Pavilion, Prof. Luigi Alini University of Catania, with AION.
In collaboration with International Paper Catania, Siracusa, 2009.

[25] Achim Menges, "Sistemi semplici – Capacità complesse. Processi integrativi di morfogenesi computazionale in architettura", in *Techné, Journal of Technological Design*, n°2, 2011, p. 74.
[26] Deyan Sudjic.

gisce con le modificazioni dell'ambiente in cui esso è inserito. «Ciò significa che aspetti parziali dei sistemi costruttivi che sono attualmente considerati isolatamente all'interno delle metodologie progettuali, come la tecnologia strutturale, la fisica tecnica delle costruzioni, o i criteri di organizzazione dello spazio, diventano parte di un processo generativo di integrazione che include direttamente le complesse interrelazioni tra sistema materiale e capacità performativa» [25]. Si tratta di sperimentazioni le quali, pur non rappresentando ancora un "sentire" diffuso, sicuramente lasciano intravedere interessanti "indicatori" di possibili scenari futuri. Del resto il cartone ondulato è un materiale relativamente giovane (la cui invenzione risale al 1875 quando J.H. Thompson ebbe l'intuizione di incollare una seconda copertina alla carta ondulata già esistente, conferendo così alla struttura degli imballaggi maggiore rigidità); in architettura la sua vita è, oggi, agli albori e tutta la sua storia è ancora da scrivere. Perché come ci ricorda Deyan Sudjic «la storia dell'architettura dovrebbe essere vista come storia di invenzioni sociali e tecniche, piuttosto che stilistiche e formali» [26].

Miles, Christopher Thorp, Joseph Burraston, Chris Freeburn, Pouwel Wind, Jimmy Yan Min, Michael Chien-Hao Chiu, Jianlong Lee (Scott), Matthew Argent, Davin Turner, Phillipa Marston, Toan Ngo, Eric Chan.

[14] Cardboard House is one of a series of realized prototypes. Designed by Pietro Stutchbury & Richard Smith (with technical assistance from Pietro Cuneen, a specialist in the packaging company Visy), the prototype was conceived as an industrially produced and self-assembly kit. The prototype was assembled by 20 young architecture students coordinated

by project directors Adriano Pupilli & Brendon Miller. The furnishings, also of cardboard, were designed & produced by Hugo Moline & TAFE, with the collaboration of student Lisa Duckmanton. Certification was obtained by engineers Taylor Thomson & Whitting. The approx. 50 sqm prototype cost about \$ 50,000.

[15] The water tanks are located under the structure and also act as ballast for the system, whose excessive lightness is one of its critical elements. The lighting uses 12-volts of electrical energy.

[16] The system employed is produced by Biolytix.

[17] Matsys is an experimental research laboratory founded in 2004 by Andrew Kudless to explore, on a parametric basis, connections between architecture, engineering and biology. The research activities have a speculative bias, but also develop tools that facilitate an interdisciplinary approach to the design-production interface.

[18] Andrew Kudless is Assistant professor at the California College of the Arts.

[19] Project: Constructive Geometry Pavilion 2011/12 at FAUP, Faculty of Architecture, University of Porto

Professors: José Pedro Sousa, João Pedro Xavier

Students: Afonso Portela, Ana Santos, Ana Martins, Ana Maia, Ana Silva, André Castanheira, André Avelas, André Oliveira, António Rebelo, Beatriz Almeida, Carolina Gomes, Catarina Ferreira, Daniel Almeida, Diogo Zenha, Diogo Veiga, Eloi Gonçalves, Fátima Rodrigues, Francisco Pereira, Francisco Pinhal, Francisco Ascensão, Gonçalo Carvalho, Inês Oliveira, Inês Azevedo, Iolanda Tavares, Joana Ferreira, João Gomes, João Paupério, João Amorim, Jorge Reis, Juliana Margato, Kelly Oliveira, Lourenço Rodrigues, Maria Otto,

Maria Dunões, Mariana Costa, Miguel Vale, Miguel Pereira, Milene Mendes, Nuno Nascimento, Nuno Santiago, Renan Ferreira, Ricardo Amaral, Rui Laranjinha, Rui Oliveira, Sandra Pinto, Sara Monteiro, Stefanie André, Tiago Azevedo, Tiago Luis.

[20] The workshop was held at the Mediterranean FabLab of Cava De' Tirreni from 13th to 16th of May 2013 in collaboration with Co-de.IT. The tutors were Andrea Graziano & Amleto Picerno.

[21] To create a planar surface of hexagons 'Kangaroo' software was used.

[22] Cardboard Pavilion (2009 - 2010) was realized at the Faculty of Architecture of Siracusa, University of Catania, by Professor Luigi Alini in collaboration with Aion and partnership with: International Paper, Comieco & Material Design.

Students: Claudia Maria Amato, Francesco Di Domenico, Erika Mangano, Alessandro Odierna, Francesca Petriglieri, Mariaclaudia Porto, Alberto Risciglione, Veronica Roccaforte, Alberto Scamacca, Alessio Scarlata, Gaetano Scribano, Chiara Serra, Liliana Signorelli, Vincenzo Sortino, Beatrice Tamà, Tiziana Tellini, Erika Trovato, Mariagiovanna Zisa.

[23] Which means that on average 11 minutes and 30 seconds pass before it starts to burn.

[24] 100 connectors, 24 herringbone elements, 24 diamond elements and 3 diamond ridge elements, is everything needed for the construction of three arches.

[25] Achim Menges, "Simple systems - Complex capacities. Integrative processes of morphogenesis in computational architecture", in *Techné, Journal of Technological Design*, n°2, 2011, p. 74.

[26] Deyan Sudjic.