



UNIVERSITÀ  
degli STUDI  
di CATANIA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA EDILE - ARCHITETTURA

---

*Anna Elisabetta Di Paola*

---

STRUTTURE IN CARTONE

COSTRUIRE ALTERNATIVO PER  
UN'ARCHITETTURA SOSTENIBILE

---

Relatore:  
Chiar.mo Prof. S. D'Urso

Correlatrice:  
Ing. G. Nicolosi

---

Anno Accademico 2022/2023





# INDICE

<b>0. INTRODUZIONE</b>	9
<b>1. IL CARTONE</b>	
1.1 Da cosa deriva il cartone: la carta	12
1.1.1 Il cartone è fatto da più strati di fogli di carta, ma esistono diversi tipi di carta	12
1.1.2 Fabbricazione della carta	13
1.1.3 La storia della carta	13
1.2 Tipi di cartone	15
1.2.1 Cartone ondulato	15
1.2.2 Cartone alveolare	17
1.2.3 Cartone teso	18
1.2.4 Pannelli in fibra di recupero	19
1.2.5 Re-Board	20
1.2.6 Pannelli Xanita Board	21
1.2.7 Cartone Honeycomb	22
1.2.8 Pannelli a nido d'ape	23
1.2.9 Cartone bitumato	24
1.2.10 Tubi in cartone	25
1.3 Punti di forza e punti di debolezza	26
1.3.1 Punti di forza	26
1.3.2 Punti di debolezza	26
1.4 Analisi ciclo vita	27
<b>2. DURABILITÀ: SI PUÒ MIGLIORARE?</b>	
2.1 Resistenza all'acqua	32
2.1.1 Impermeabilizzazione tubi di cartone	32
2.1.2 Cartone delle bottiglie: impermeabile	32
2.1.3 Plastiche bio-based	32
2.2 Resistenza al fuoco	34
2.3 Resistenze meccaniche	34
2.3.1 Prove sul cartone	34
2.3.2 Travetto in cartoncino alveolare	35
2.3.3 Come una struttura a 2.700 tubi di carta resiste alle sollecitazioni	35
2.3.4 Analisi delle sollecitazioni di un tubo di carta	36



### **3. CHI LO USA IN ITALIA E COME**

3.1	Archicart	40
3.1.1	Cos'è T-Box	40
3.1.2	Brevetto Pacotec	41
3.1.3	Le pareti amovibili	42
3.1.4	Le pareti mobili	43
3.1.5	I rivestimenti	44
3.1.6	Le pareti portanti	45
3.2	Cardboard Pavilion Prototype	46
3.3	Casa del Clochard	47
3.4	cArtù	48
3.5	KAttuni	49

### **4. CHI LO USA NEL MONDO E COME**

4.1	René Snel, Wikkelhuse	52
4.2	Shigeru Ban	57
4.3	Richard Buckminster Fuller, cupola geodetica per la triennale di Milano, 1954	98
4.4	Cardboard Bombay, Nuru Karim	100
4.5	Paper House, Australia, 2004	101
4.6	Frank O. Gehry, sedia in cartone per il Vitra Design Museum	102

### **5. COME USARE IL CARTONE NELL'EDILIZIA**

5.1	Nuovi materiali a base di carta	106
5.1.1	Richlite, un materiale sostenibile ricavato dalla carta	106
5.1.2	Paperstone Certified	107
5.1.3	Papercrete	107
5.2	Quali prodotti utilizzare e per cosa	108
5.3	Strutture in cartone	108

### **6. ADAPTIVE PAPER PAVILION**

112

### **CONCLUSIONI**

115

### **BIBLIOGRAFIA / SITOGRAFIA**

117

### **ALLEGATI / SCHEDE TECNICHE**

0.

# INTRODUZIONE





In questo lavoro prendiamo in considerazione un particolare aspetto che l'architettura dovrà affrontare in un mondo dove tutto sta cambiando, non solo a causa dei disastri naturali, ma anche a seguito dell'incidenza evolutiva che l'uomo ha impresso sul pianeta.

Gli ingegneri, gli architetti e i designer sono chiamati a rielaborare uno scenario futuro che non rientra più nelle regole che si erano posti in precedenza, proprio perché è cambiato il mondo. Per cui è necessario effettuare delle progettazioni che tengano conto dell'impatto sull'ambiente, quindi rielaborare delle tecnologie molto antiche che hanno a che fare con le prime costruzioni dell'uomo quali tecnologie naturali che utilizzano piante come il salice, la canna, il bambù, la paglia, la terra cruda, e tecnologie del riciclo che utilizzano cartone, vetro ed altri elementi.

Facciamo alcune considerazioni antropologiche, se pensiamo che il nostro pianeta ha all'incirca 4,54 miliardi di anni e che le prime forme di Homo Sapiens compaiano sulla terra all'incirca tra 200.000 e 100.000 anni fa, dobbiamo pensare a quante forme di vita sono comparse sulla terra, e nel tempo sono nate sviluppate ed estinte.

Ma l'uomo, che si è sentito sempre al centro dell'universo ed in cima alla scala evolutiva (da noi stessi creata), si inorgoglisce ancora oggi di voler e di dover "Salvare il Pianeta".

Ma ci siamo mai chiesti se il Pianeta Terra vuole essere salvato?

Il pianeta vive la sua crescita, siamo noi esseri umani che non riusciamo ad adeguarci a questa evoluzione, e stiamo distruggendo non il pianeta, ma la condizione che ci permette di vivere, e ci nascondiamo dietro il mantra "salviamo l'intero pianeta", per esorcizzare la paura dell'estinzione, stressando il concetto di green dove oggi tutto volge.

Invece dobbiamo pensare ed immaginare come poter vivere con questi continui cambiamenti. È importante lavorare su una neo-ecologia, che apre altri sistemi di pensiero, capaci di guidarci a una migliore comprensione e trasformazione del presente e del dopo.

È necessario trovare mondi alternativi per poter sopravvivere, ed altresì è pure necessario comprendere che l'essere umano si trova sul pianeta terra solo di passaggio.

L'estinzione serve alla vita per rinascere più forte, gli esseri umani negli ultimi anni hanno cambiato gli ecosistemi più profondamente ed estesamente che in qualsiasi altro periodo della storia umana. Il nuovo immaginario deve ripartire dallo spazio che modelliamo per noi umani, quello che si chiama spazio antropico. Pensandoci come corpi in evoluzione che cambiano, crescono, si ammalano, si emozionano, si muovono, inciampano, quindi che vivono in ambienti più dinamici, e non come in precedenza idealizzando un corpo statico, ci muoviamo in spazi sempre più modellati sulle necessità della cultura industriale, ci omologano senza personalità o pensiero per facilitare il nostro controllo. Pertanto, posso affermare che ero molto più espressiva, originale e piena di idee prima di iniziare l'università, piuttosto che adesso, le idee che avevo non erano consone ai prototipi esistenti, perché erano troppo oltre gli schemi imposti, e la mia fantasia e personalità si è appiattita drasticamente, andando a cercare schemi e costruzioni esistenti da cui prendere spunto, copiando anziché usare la mia fantasia. Come dei "dissennatori" mi hanno estratto l'anima e la personalità.

**Ora sono cosciente e ho coscienza per poter pensare a modo mio.**

L'idea di poter, autonomamente, provvedere alla propria casa e sostentamento, viene dimenticata ed imbalsamata in musei e libri di storia.

Le persone dovrebbero avere il diritto di modificare le case in cui vivono (interni-esterni), l'abitazione, quale terza pelle dell'uomo, dovrebbe modificarsi ed evolversi. Ostacolare questa pratica dovrebbe essere considerato un crimine.

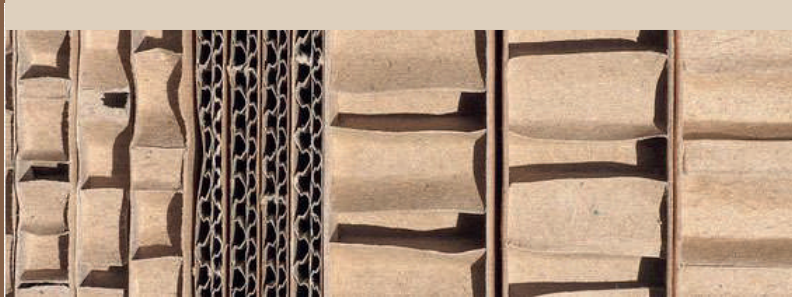
L'idea di casa che abbiamo oggi è la cristallizzazione di comportamenti millenari e fonde in un'unica idea elementi prima distinti: il gruppo di legami di parentela ed amicizia, il rifugio, luogo in cui si è al sicuro, in cui nutrirsi, raccontare, proteggere. A questi, si aggiungono due elementi fondamentali: il Fuoco, che è stato decisivo per creare insediamenti circoscritti e sedentari, e l'agricoltura. Fino a prima c'erano solo costruzioni mobili, smontabili, trasportabili. La vera nascita di ciò che intendiamo come casa si ha quando la costruzione è fissa, perché lo sono anche i suoi utilizzatori.

L'architettura naturale ha dimostrato di essere composta da materiale fuoriclasse, che pongono l'uomo al centro dello spazio e ci restituiscono la possibilità di determinarlo riaccendendo la dimensione sociale dell'abitare. La città non è fatta di spazio, ma di esseri umani.

Pertanto, poniamo oggi la nostra attenzione sul cartone, un materiale altamente riciclabile, leggero, sostenibile e semplice, certamente una svolta per un materiale sulle cui proprietà c'è sempre stata una concezione comune di scarsa resistenza e di infiammabilità.

1.

# IL CARTONE



## 1.1 Da cosa deriva il cartone: la carta

### 1.1.1 Il cartone è fatto da più strati di fogli di carta, ma esistono diversi tipi di carta

Studiando le diverse tipologie e caratteristiche, magari possiamo usarle per scopi differenti da quelli per cui sono stati pensati (ad esempio il cartone, che è composto da strati di carta, se scambiassimo alcuni strati di carta tradizionale con altre tipologie potremmo migliorarne le caratteristiche?), quindi di seguito sarà riportato un elenco delle varie tipologie di carta, delle loro caratteristiche e dei loro impieghi.

- **Carta** (10÷150 g/m<sup>2</sup> con spessore 0,03÷0,3 mm)

**Caratteristiche:** la carta è un materiale igroscopico, composto da materie prime soprattutto vegetali, unite per filtrazione ed essiccate. Si presenta nella forma di fogli sottili. Può essere arricchito da collanti, cariche minerali, coloranti e diversi additivi.

**Uso:** ha molteplici usi, tra i quali possiamo ricordare la scrittura, la pulizia e l'igiene, la costruzione di oggetti.

- **Cartoncino** (150÷450 g/m<sup>2</sup> con spessore maggiore di 0,3 mm)

**Caratteristiche:** è un tipo di carta pesante.

**Uso:** viene utilizzata come supporto per disegni tecnici (liscia) e artistici (ruvida) e per rilegature e cartonaggio. Molte volte i cartoncini sono colorati.

- **Carta velina**

**Caratteristiche:** è un tipo di carta molto leggera e sottile, in genere traslucida. Viene prodotta con cellulosa con finiture differenti.

**Uso:** è utilizzata per proteggere le fotografie all'interno degli album o le illustrazioni stampate in libri di pregio, e anche per imballaggi e per lavori artistici.

- **Cartapesta**

**Caratteristiche:** la cartapesta è una tecnica povera che utilizza carta di giornali e di quotidiani. Si prepara utilizzando prevalentemente carta e stracci intrisi di un materiale legante, come oggi la colla vinilica. La cartapesta, una volta essiccata, diventa molto leggera e viene anche utilizzata in vari modi creativi.

**Uso:** una delle applicazioni più singolari della cartapesta nel mondo è stata nel disastro di Fukushima a seguito del maremoto del 2011, durante il tentativo di tappare una falla nel reattore n. 2 della centrale nucleare: i tecnici della "Tepco", gestore dell'impianto, dopo l'utilizzo **inefficace** di calcestruzzo, hanno versato 8 kg di polimeri, 60 kg di segatura e 3 sacchi di giornali sminuzzati nel pozzo di sfogo collegato all'edificio delle turbine, pur di chiudere la crepa di 20 centimetri, limitare la fuoriuscita di radiazioni e il disastro ambientale.

- **Carta da parati**

**Caratteristiche:** può essere costituita da materiali differenti: carta realizzata in cellulosa naturale, in vinile (uno strato di carta ricoperto da PVC), in tessuto non tessuto con cotone, lino e seta, in fliselina, in fibra di vetro ed in eco tessuto.

**Uso:** utilizzata per decorare le pareti interne di edifici pubblici e privati, così come superfici verticali, anche mobili ed accessori.

- **Carta glassine**

**Caratteristiche:** la carta glassine o pergamina è un tipo di carta sottile e trasparente, ottenuta mediante il processo della calandatura.

**Uso:** Viene impiegata per usi alimentari: per gli adesivi e, in alcuni casi, come alternativa alla plastica per le finestre trasparenti delle buste da lettera.



- **Carta paglia**

**Caratteristiche:** è un prodotto di cellulosa affine alla carta comune, ricavato dai fusti secchi dei cereali (paglie).

**Uso:** viene utilizzata per imballaggio degli alimenti, oggi soprattutto per le frittiture dato il suo ampio aspetto assorbente.

- **Carta politenata**

**Caratteristiche:** stabile, resistente e risulta perfetta per la produzione di fogli adesivi e fustellati. Con un liner in carta bipolitenata il foglio arriverà in ottime condizioni al consumatore finale.

**Uso:** un ulteriore miglioramento in ambienti umidi si può ottenere con questo tipo di carta, ovvero spalmata con un particolare trattamento.

## 1.1.2 Fabbricazione della carta

In sintesi, il processo di fabbricazione consiste in vari stadi che portano alla formazione della carta a partire dal legno.

I principali stadi sono:

- Preparazione delle fibre: spapolamento;
- Sbiancamento;
- Formazione del foglio e pressatura;
- Trattamenti superficiali vari;
- Essiccamento.

Il legno è formato indicativamente da:

- Cellulosa (circa 45%);
- Emicellulosa (circa 30%);
- Lignina (circa 20%);
- Estraiibili vari: terpeni, resine, acidi grassi (circa 5%).

Cellulosa ed emicellulosa costituiscono le fibre del legno, mentre la lignina è l'interfibra che le tiene unite. Agli albori dell'industria cartaria si creavano i fogli manualmente, poi furono sviluppate macchine per la produzione in continuo della carta. Inizialmente si trattava di fabbriche che utilizzavano il processo completo dal taglio degli alberi fino alla carta (in bobina). Oggi la maggior parte delle industrie utilizza come materia prima polpa di cellulosa prodotta altrove (ed eventualmente carta di riciclo). Il materiale più comunemente usato è la polpa di legno o di cellulosa. Le fibre utilizzate maggiormente nel settore cartario si suddividono in fibre ottenute da latifoglie (indicate con il nome di fibra corta), fibre ottenute da conifere (indicate con il nome di fibra lunga) e fibre ottenute da vegetali differenti. Tra le latifoglie si fa principalmente impiego di eucalipto, faggio, betulla e pioppo, mentre tra le conifere si sfruttano essenzialmente abete, pino, cipresso e sequoia. Tra le piante diverse si annoverano lino, cotone e canapa. In aree geografiche quali Giappone, Indocina, Cina e Corea le industrie locali fanno spesso utilizzo anche di fibre provenienti da bambù e bagassa, per via dell'estrema diffusione di questi materiali nella zona.

## 1.1.3 La storia della carta

L'origine etimologica della parola carta è ancora oggi piuttosto incerta, alcune fonti l'associano al termine greco charassò (che in latino diviene charta) che di fatto significa incidere. Mentre assai più chiara e certa è l'origine della traduzione del termine carta; paper in inglese, papel in spagnolo e papier francese, che derivano indiscutibilmente dal nome della pianta di papiro. Il papiro, infatti, era in antichità utilizzato come supporto per scrivere, dagli Egizi a partire dal 3000 a.C. e successivamente dai Greci e dai Romani. Più tardi e più a nord, il papiro (che cresce in luoghi con un clima subtropicale) fu sostituito dalla pergamena, ottenuta dalla lavorazione di pelli animali.

## Giappone

La tecnica arrivò in Giappone dalla Corea, al tempo parte integrante dell'impero cinese, intorno al 610 portata da un monaco buddista, Dam Jing da Goguryeo. Originariamente prodotta con la rafia di gelso, fu migliorata dai giapponesi e sin dal IX secolo la produzione della carta diventò una vera e propria industria nazionale. Dalla cartiera imperiale di Kyoto uscirono nuove carte fabbricate con fibre di gelso (washi), canapa, dafne e paglia. Furono anche i primi riciclatori di carta sin dal XIV-XVI secolo, sembra per decongestionare gli archivi.

## Cina

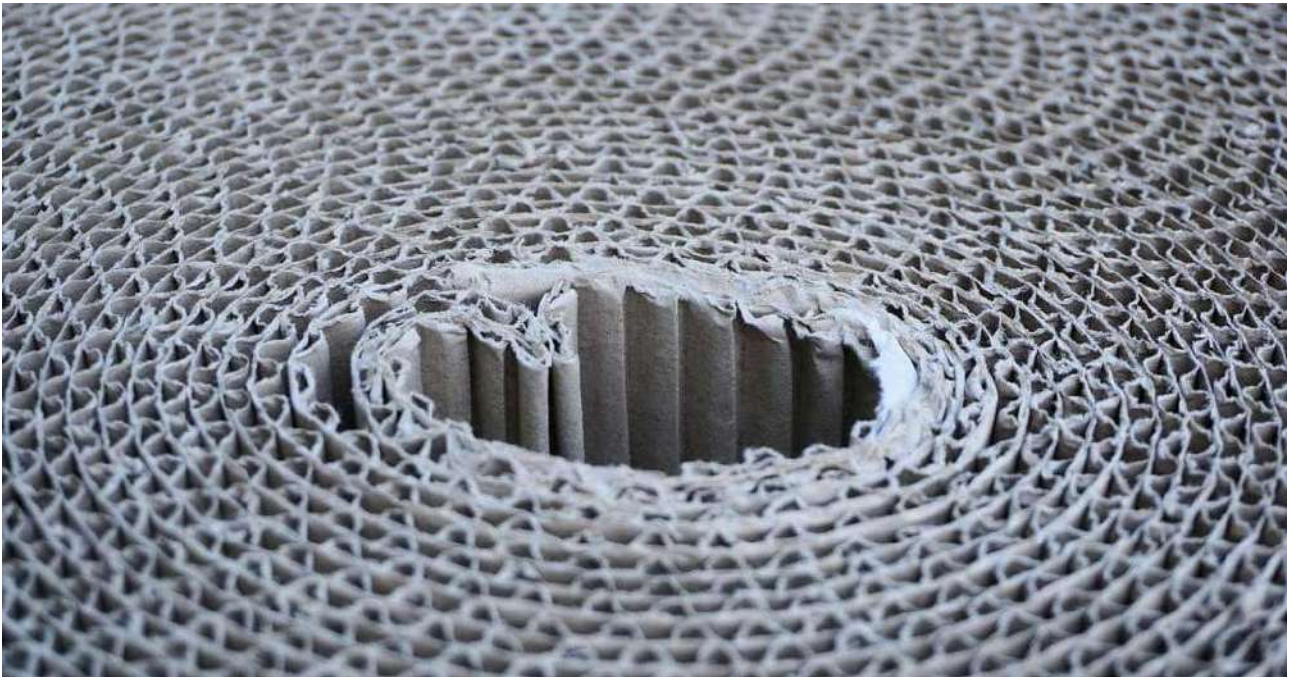
La Carta in Cina veniva prodotta già 2000 anni fa. All'inizio, ovviamente, le tecniche di produzione della carta erano assai diverse da quelle che oggi ritroviamo nelle moderne cartiere. La fabbricazione della carta da corteccia, stracci e reti da pesca fu descritta per la prima volta nell'anno 105 d.C. dall'ufficiale di corte Ts'ai Lun. Recentemente, nel 1986, a Dunhuang (Gansu), scavi archeologici in una tomba della prima metà del II secolo a.C. hanno portato al ritrovamento di un brandello di carta con tracciata una mappa. Questo sensazionale scoperta denota come la carta fosse già conosciuta e utilizzata in quell'epoca, retrodatando così le prime fabbricazioni di circa due secoli rispetto alla data dello scritto di Ts'ai Lun. La diffusione della tecnica al di fuori dei confini della Cina fu assai lenta; anche se altri popoli avevano visto la carta, non riuscivano a capire come venisse fabbricata ed i Cinesi per molti anni custodirono gelosamente questo segreto.

## Europa

La carta giunse in Europa nel XII secolo. Importata da Damasco attraverso Costantinopoli o dall'Africa attraverso la Sicilia era un prodotto mediocre se paragonato alla pergamena e per di più musulmano, tanto che Federico II, in un editto del 1221, ne proibì l'uso negli atti pubblici. Tuttavia, il consumo non fece che aumentare e nel XIII secolo le flotte mercantili del Mediterraneo e dell'Adriatico, finanziate da grossi commercianti (in gran parte veneziani), si spartivano il fiorente mercato.

## 1.2 Tipi di cartone

### 1.2.1 Cartone ondulato



#### Chi lo ha inventato

Nel 1879, per un errore, un operaio della fabbrica di Dumbo tagliò 20.000 sacchetti di carta usati per imballare i semi. Questo errore ha ispirato Robert Gair a pensare a un contenitore di carta più efficace e precostruito per imballare il cibo e altre merci. Nello stesso anno, sviluppò un processo per punzonare e cordonare la carta o il cartone in un'unica operazione a macchina e disegnò il primo modello di scatola in cartone che potesse essere prodotto a macchina. Poco dopo brevettò una macchina per la produzione di scatole.

I cartoni piegati per il trasporto dei prodotti esistevano già a quel tempo; tuttavia, venivano tagliati e piegati dalle donne in un laborioso lavoro domestico ed erano quindi molto costosi. Con le sue invenzioni, Gair ha fondato l'industria del cartone e ha iniziato uno sviluppo rivoluzionario dell'industria dell'imballaggio. Queste invenzioni sono state accompagnate da altri importanti brevetti: l'americano Albert Jones ha brevettato il cartone ondulato come materiale protettivo nel 1871 che sancisce quindi l'origine del cartone ondulato. Jones ha utilizzato per la prima volta la carta ondulata per scopi di imballaggio, in particolare per avvolgere e spedire bottiglie e fiale di vetro. L'ispirazione per questo speciale tipo di carta sembra essergli venuta grazie ai volant tessili che venivano realizzati con le cosiddette macchine a pieghe. Alla nascita dei cartoni ondulati, quelli di grandi dimensioni dovevano ancora essere incollati a mano ma nel 1879 il taglio e la punzonatura a macchina furono sviluppati negli Stati Uniti e infine, nel 1895, fu brevettata la prima incollatrice industriale.

Si può facilmente dire che senza le scatole pieghevoli prodotte industrialmente, il traffico di merci di oggi, e quindi la nostra società dei consumi, non esisterebbe affatto. Le scatole pieghevoli sono disponibili su larga scala, sono fatte di cartone, cartone ondulato o pellicola, tutti materiali da imballaggio semplici ed economici che vengono inviati al rispettivo imballatore, piegati per risparmiare spazio, finiti manualmente o a macchina e riempiti con un prodotto. Inoltre, le scatole di cartone possono essere facilmente combinate con altri materiali da imballaggio. Nulla di complicato nel principio della "scatola" ma ciò che le rende spettacolari è l'efficienza con cui possono adempiere a diverse funzioni primarie di imballaggio, nonostante la loro semplice struttura. Dal punto di vista dell'imballaggio dei prodotti, le scatole di cartone sono universali: proteggono la merce imballata, possono essere impilate e trasportate facilmente, possono essere etichettate su tutti i lati e la loro superficie è un perfetto mezzo pubblicitario.

## Caratteristiche

È composto interamente da strati di carta (da 2 a 7) e nella forma più semplice presenta due superfici esterne di carta piana, dette copertine, che racchiudono uno strato di carta ondulata, tenute insieme con l'utilizzo di collanti naturali.

La composizione combinata di superfici piane e ondulate fa del cartone ondulato un supporto caratterizzato da **leggerezza e resistenza**.

**Ci sono differenti classificazioni per distinguere i numerosi tipi di cartone ondulato:**

### a) In base alla combinazione di copertine e onde:

ONDA SEMPLICE: 2 copertine e 1 onda;

Tra le onde singole troviamo:

- Onda K, altezza minima 5,0 mm;
- Onda A, altezza minima 4,5 mm;
- Onda B, altezza minima 2,5 mm;
- Onda C, altezza minima 3,5 mm;
- Onda E, altezza minima 1,2 mm;
- Onda F, altezza minima 0,8 mm.

DOPPIA ONDA: 2 copertine, 2 onde e un foglio teso frapposto tra le due onde;

Le combinazioni di doppia onda danno origine a cartoni come:

- Onda BA, altezza minima 7,0 mm;
- Onda BC, altezza minima 6,0 mm;
- Onda EB, altezza minima 3,7 mm;
- Onda FE, altezza minima 2,3 mm.

TRIPLA ONDA: 2 copertine, 3 onde e due fogli tesi frapposti tra le tre onde.

I cartoni in tripla onda si prestano per utilizzi specifici dato le massime caratteristiche di resistenza e rigidità.

### b) In base all'altezza delle onde:

- Onde alte (individuate dalle lettere A e K rispettivamente di 4,5 e 5 mm di spessore);
- Onde medie (C > 3,5 mm), onde basse (B > 2,5 mm);
- Micro onde (E > 1,2 mm, F > 0,8 mm).

### c) In base alle carte utilizzate per le copertine:

Kraft in genere prodotta utilizzando l'80% di fibre vergini di conifera:

- Kraft avana (K), Kraft bianco (Kb) le quali contengono molta fibra vergine.

Liner e Test prodotte con il 100% di massa derivante da **recupero** con prestazioni differenziate:

- Liner avana (L), Liner bianco (Lb);
- Test avana (T), Test bianco (Tb);
- Camoscio (C), Camoscio bianco (Cb).

### d) In base al peso al metro quadrato:

g/m<sup>2</sup>: 125(2) 150(3) 175(4) 200(5) 225(6) 275(8) 300(9) 337(02) 400(04) 440(06)

N.B. i numeretti tra parentesi, detti numeri di classifica o titoli, sono quelli che appaiono nella sigla.

### e) In base alle carte utilizzate per l'ondulazione, riportate secondo caratteristiche meccaniche decrescenti:

Tipo S prodotta utilizzando un'elevata percentuale (almeno il 65%) di fibre vergini di latifoglie:

- Semichimica Scandinava (SS);
- Semichimica (S);
- Uso Semichimica (Us).

Uso semichimica Medium o Fluting prodotta utilizzando il 100% di materiale derivante da **recupero** con prestazioni differenziate.

## Utilizzo

Il cartone ondulato è un materiale molto indicato per le esigenze di green packaging e per questo viene impiegato come materiale d'imballaggio in molti settori.

## 1.2.2 Cartone alveolare



### Caratteristiche

I pannelli in cartone alveolare sono composti da un'anima a nido d'ape in carta, ricoperto da copertine in cartone di diverse grammature e tipologie in base alle necessità da soddisfare. Grazie alla loro economicità sono apprezzati nella produzione di vari tipi di materiali. **La struttura a nido d'ape del cartone alveolare, infatti, è riconosciuta come una delle più resistenti alla compressione. Più piccola è la cella più aumenta la tenuta alla compressione.**

Le carte utilizzate per i cartoni alveolari possono essere sia ottenute con materiale riciclato che con fibra vergine. Le tipologie sono le stesse del cartone ondulato.

Toncart realizza pannelli in cartone alveolare a matrice completamente ecologica che vengono utilizzati in diversi settori, nel rispetto del mondo che ci circonda, valorizzando il prodotto ed **impattando al minimo sull'ambiente**. Si approvvigionano da fonti forestali correttamente gestite e sono certificati **FSC®** (FSC-C143351).

**Forest Stewardship Council:** consiglio per l'amministrazione forestale.

La certificazione FSC è una certificazione internazionale, indipendente e di parte terza, specifica per il settore forestale e i prodotti (legnosi e non legnosi) derivati dalle foreste. Esistono due tipi di certificazione FSC: la certificazione di Gestione forestale e la certificazione di Catena di custodia.

### Perché scegliere il cartone alveolare?

Il cartone alveolare è un materiale innovativo alquanto robusto, che resiste alle spinte di deformazione. Esso **riesce a sopportare carichi consistenti, pur rimanendo leggero, robusto e resistente**, molto apprezzato per le **doti di riciclabilità e biodegradabilità** proprie del cartone.

### Quali sono i suoi punti di forza?

- **Resistente**

La sua forza risiede nel design. L'anima a nido d'ape e gli strati sandwich che la racchiudono agiscono come una tradizionale trave in acciaio, spesso utilizzata nelle applicazioni di costruzione e ingegneria civile. Ad esempio, il travetto a nido d'ape è composto da un'anima in nido d'ape rivestita da due copertine in cartoncino e la sua elevata resistenza alla compressione varia da 1,5 kg/cm<sup>2</sup> a 3 kg/cm<sup>2</sup> a seconda della dimensione dell'alveolo interno. **Se combinato con altri materiali come plastica, fibra di vetro o metallo, il nido d'ape di carta diventa ancora più resistente** (domanda posta in precedenza [paragrafo 1.1.1] sulle caratteristiche degli strati che compongono il cartone, effettivamente può essere migliorato con determinati interventi).



- **Super leggero**

A differenza dell'acciaio, l'alveolare è estremamente leggero e in realtà vanta un rapporto resistenza/peso che è più impressionante di molti altri materiali. Questo è il motivo per cui è un'ottima soluzione per le applicazioni di imballaggio.

Le aziende possono infatti trarre vantaggio dagli imballaggi in cartone alveolare e ridurre significativamente il peso delle loro spedizioni, beneficiando sempre della durata e della protezione che fornisce.

- **100% riciclabile**

Gli imballaggi in cartone alveolare sono anche riciclabili al 100%. In effetti, di solito è prodotto con carta riciclata che viene tenuta insieme utilizzando colle a base d'acqua.

- **Conveniente**

Rispetto al cartone tradizionale e al cartone ondulato, per la realizzazione dell'alveolare viene utilizzata una **quantità inferiore di carta** (fattore che, come abbiamo spiegato prima, non toglie nulla alla sua resistenza).

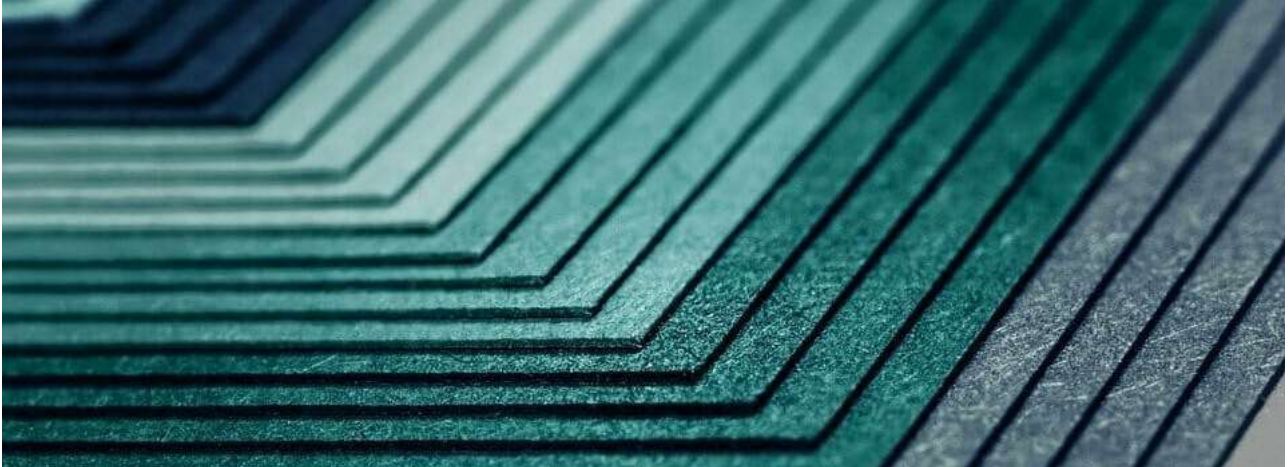
Incide invece sulla spesa di realizzazione, guadagnandosi il posto di cartone più economico da produrre e quindi da acquistare.

### **Utilizzo**

Il cartone alveolare è un materiale molto indicato per le esigenze di green packaging e per questo viene impiegato come materiale d'imballaggio in molti settori.

Fiere ed esposizioni, mobili o casette per bambini, modelli architettonici, espositori autoportanti, scenografie per palcoscenici in film, teatro o televisione, lastre di supporto laminabile per foto, poster, separatore di superfici, strutture tamburate, produzione di mobili dall'effetto naturale, distanziatore o ammortizzatore di carico, apparecchiature elettroniche.

## **1.2.3 Cartone teso**



### **Caratteristiche**

Si definisce cartone teso il materiale celluloso con grammatura elevata.

Non è ondulato ed è costituito da almeno tre strati (copertina, intermedio che quasi sempre è **materiale riciclato** e retro). Ha numerose applicazioni e garantisce massima versatilità grazie alla vasta gamma di colori e misure in cui è disponibile.

### **Utilizzo**

Usato per realizzare espositori da banco, scatole, prototipi per packaging e confezionamenti in generale.

## 1.2.4 Pannelli in fibra di recupero



I pannelli in fibra di recupero sono prodotti da Sundeala che combina metodi di produzione tradizionali e **naturali** con ricerche all'avanguardia e tecniche innovative di bioingegneria per creare pannelli in fibra duraturi, ad alte prestazioni e sostenibili **in grado di sostituire i prodotti tradizionali** che si basano su fibre vergini, sostanze chimiche pericolose e materiali non rinnovabili. Il pannello in fibra Sundeala offre le elevate prestazioni richieste dall'edilizia moderna senza utilizzare materie prime non sostenibili, **senza creare rifiuti a fine vita, senza sostanze chimiche nocive, solventi o leganti.**

### Tipi di pannelli in fibra di recupero:

- **Il pannello FR**

È un pannello in fibra di cellulosa a media densità di alta qualità, ideale per usi e applicazioni che richiedono un **elevato livello di ritardo al fuoco. Con una classificazione antincendio di Classe B**, la scheda può essere posizionata in aree critiche come corridoi, reception e scale. FR è composto da **materiali completamente riciclati e riciclabili** che lo rendono un prodotto completamente circolare.

- **Il pannello B3**

È un pannello in fibra di cellulosa ad alta densità e di alta qualità, ideale per usi e applicazioni che altrimenti sarebbero attribuiti all'MDF. A differenza dell'MDF, il B3 non contiene formaldeidi, prodotti chimici o trattamenti. Il B3 è composto da **materiali completamente riciclati e riciclabili** tra cui carta, particelle di legno fini, cartone e paste modellate, che lo rendono un prodotto completamente circolare.

Il B3 Board ha un colore naturale grazie all'aggiunta di scatole per uova riciclate al 100%, carta straccia, cartone e altri materiali legati alla discarica. A differenza di altri pannelli in fibra di cellulosa prodotti nello stabilimento di Sundeala, il B3 ha una struttura simile al legno, grazie alla sua profilatura ad alta densità.

- **Il pannello Eco-Soft**

A differenza di altri pannelli in fibra di cellulosa prodotti nello stabilimento di Sundeala, Eco-Soft ha una struttura grossolana più morbida che gli conferisce **proprietà isolanti uniche.**

### Utilizzo

Normalmente utilizzati come supporti per bacheche, modellismo, oggetti per la scuola e la casa e divisori, presentano caratteristiche che li rendono particolarmente interessanti per realizzare rivestimenti di pareti e pannellature per elementi di arredo.

## 1.2.5 Re-Board



### Caratteristiche

Due fogli di cartone (spessore compreso fra gli 8 e i 22 mm e dimensione delle plance 160×320 max.) imprigionano una struttura alveolare per formare plance che costituiscono un **ottimo isolante sia acustico che termico**.

Il Re-board è uno speciale cartone rigido studiato per essere tagliato e piegato in qualsiasi tipo di forma.

Re - Board® è un materiale innovativo, realizzato con una combinazione di carte riciclate e colla all'acqua, caratterizzato da:

- resistenza alla compressione;
- leggerezza;
- rigidità;
- planarità (il pannello rimane piano anche se di dimensioni rilevanti).

Le sue caratteristiche tecniche sono così uniche da costringere a ripensare all'idea di cartone e considerare queste plance come **validi sostituti di MDF, legno, plexiglass, con il vantaggio della leggerezza e flessibilità**.

Re-Board è innanzitutto **resistente ai pesi più impensabili**, per le sue caratteristiche tecniche, può considerarsi valido sostituto dei materiali durevoli ma più flessibile e leggero. Questa sua leggerezza (85% in meno di MDF, legno e plexiglass) permette la costruzione di grandi e piccole strutture in grado di sostenere chili e chili di prodotti, fino a palchi che sostengono intere auto.

Il materiale con cui è realizzato si compone di carte riciclate con tecniche produttive a basso consumo energetico e pertanto dà vita a progetti sostenibili. Re-board è a sua volta **smaltibile come carta al 100%**.

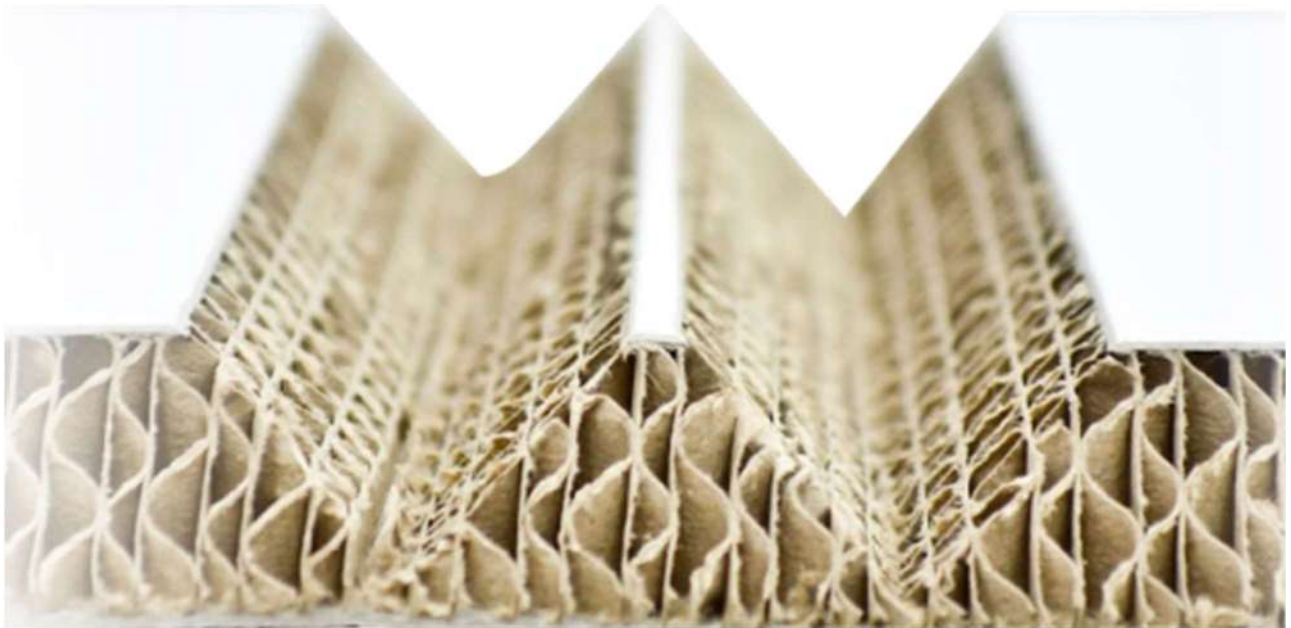
Non contiene componenti dannosi per l'ambiente e utilizza colle a base acqua; quindi, può essere riciclato come carta e cartone.

### Utilizzo

È molto versatile e il suo utilizzo principale è per espositori, totem, mobili o complementi d'arredo oppure stand fieristici.



## 1.2.6 Pannelli Xanita Board



### Caratteristiche

X-Board di XANITA è un pannello-sandwich di nuova generazione, totalmente eco-friendly, composto di fibra di **carta riciclata al 100%**, **formato da due fogli di carta stampabile e da una struttura a nido d'ape**, incollati tra loro con una colla organica ecocompatibile, dotato di un alto rapporto resistenza/peso, adatto per usi interni. **È leggero, comprimibile in piano e facile da assemblare.**

Il cartone Xanita è un pannello di fibra ingegnerizzato prodotto con fibre recuperate da scatole di cartone usate riciclate. L'anima Xanita è decorata con varie finiture superficiali, inclusi rivestimenti in carta kraft pronti per la stampa digitale o pelli più rigide tra cui MDF e compensato di betulla.

### Utilizzo

Xanita Board non è solo leggero e facile da montare, ma è anche **portante**, il che lo rende una scelta eccellente per **espositori semipermanenti** in grado di supportare prodotti pesanti in un modo che il cartone o altri materiali non possono.

Xanita Board è ideale per espositori, stand, allestimenti al dettaglio a breve termine, segnaletica e display per punti vendita e attivazione del marchio.

## 1.2.7 Cartone Honeycomb



### Caratteristiche

È un pannello interamente eco-compatibile e **riciclabile al 100%** costituito da un'anima a nido d'ape in cartone ondulato, rivestito con copertina stampabile su entrambi i lati con tecnologia UV. Planarità, leggerezza e **straordinaria robustezza** lo rendono il materiale ideale per la stampa digitale in grande formato, allestimenti e arredo. La sua caratteristica principale è rappresentata da **un'elevatissima resistenza al calore**.

**Sul mercato attuale si trovano due diverse tipologie di "pannello in cartone alveolare":**

- **Honeycomb Panel di Bui Giordano**

con struttura a onda, dove un foglio liscio e un foglio ondulato si susseguono dando forma a un pannello **rigido e indeformabile**.

La conformazione rigida di Honeycomb Panel conferisce maggiore robustezza e resistenza rispetto ai materiali concorrenti di tipo estensibile, garantendo prestazioni di elevata qualità.

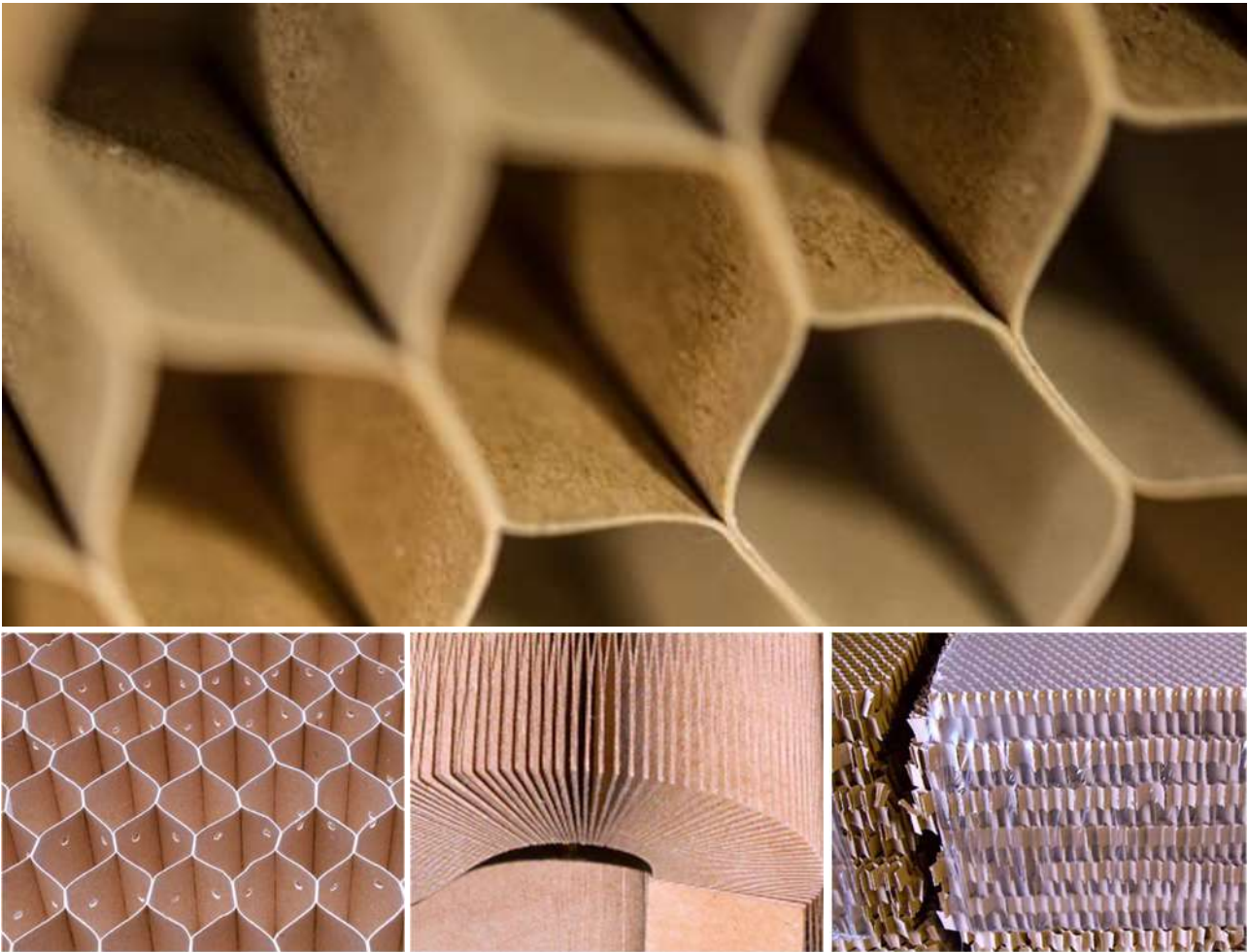
- **Materiali concorrenti a celle esagonali**

con un'anima di nido d'ape estensibile che, al contrario, si presenta con alveoli esagonali e struttura **flessibile**.

### Utilizzo

Gli utilizzi di Honeycomb Panel sono molteplici. Trova largo impiego nel settore pubblicitario, nella realizzazione di espositori, tavoli, sedie, allestimenti, stand fieristici, arredi per negozi e vetrine.

## 1.2.8 Pannelli a nido d'ape



### Caratteristiche

Aston nasce come marchio del Gruppo Tonelli nel 1963 e identifica la produzione di pannelli alveolari a nido d'ape brevettati. Sono tutti forati ed ogni cella è in comunicazione con le altre per permettere la fuoriuscita del vapore nella pressatura a caldo; la ventilazione al 100% rende il pannello asciutto ed evita lo scoppio del tamburato. I pannelli a nido d'ape sono caratterizzati da **robustezza e leggerezza**.

### Ne esistono tre tipologie:

- **Nido d'ape forato**

favorisce l'espulsione del vapore che si crea all'interno del pannello tamburato nel processo produttivo della pressatura a caldo, ciò garantisce maggiore sicurezza nella qualità finale.

- **Nido d'ape chiuso continuo**

viene prodotto incollando i singoli pezzi di carta a nido d'ape tra loro, in modo tale da creare un unico pezzo continuo. La lunghezza, calcolata in metri lineari, varia a seconda dell'esigenza del cliente.

- **Nido d'ape espanso (o aperto)**

viene fornito già tagliato su misura sia in lunghezza che in larghezza, essiccato e confezionato con pellicola termo-retraibile.

### Utilizzo

I pannelli a nido d'ape sono destinati al settore dell'arredamento e dell'edilizia, in particolare per la produzione di **porte**, pareti divisorie e mobili, stand fieristici, pannelli pubblicitari.



### 1.2.9 Cartone bitumato



#### **Caratteristiche**

Il rivestimento di un tetto in semplice cartone non riuscirebbe a offrire alcun tipo di isolamento termico. Ecco perché questo materiale non può essere utilizzato come vera e propria copertura, se non dopo aver provveduto a preparare il tetto con un apposito strato isolante. In passato i tetti venivano coperti con il cartone su cui successivamente si stendeva il catrame: la copertura in questo caso doveva essere catramata di nuovo ogni due o tre anni.

Da diversi anni, però, l'industria ha messo in commercio un **cartone bitumato che non ha alcun bisogno di manutenzione. Il materiale è anche rivestito con una lana di vetro resistente all'invecchiamento e provvisto di elevata resistenza.**

#### **Utilizzo**

Il cartone bitumato è utilizzato principalmente come isolante termico per coperture.

## 1.2.10 Tubi in cartone



### Caratteristiche

I tubi di cartone sono di solito utilizzati per arrotolare bobine di tessuto o di carta, ed è a questi settori a cui bisogna far riferimento qualora si volessero recuperare. La difficoltà principale in questa operazione è riuscire a reperire elementi di lunghezza pari ad almeno 3 metri, il minimo per realizzare un edificio monopiano. In alternativa al recupero, essi andranno acquistati nella dimensione desiderata. Questi elementi lineari vanno affiancati per realizzare pareti portanti, anche non necessariamente rettilinee. Questa parete dovrà poi essere resa resistente all'aria o sigillando i giunti fra i tubi o applicando una barriera plastica impermeabile. Per quanto riguarda i giunti fra elementi non complanari, l'architetto giapponese Shigeru Ban risolve spesso il problema attraverso elementi in legno o in acciaio imbullonati.

### I tubi dovranno essere resi impermeabili ed ignifughi:

- **Impermeabilizzazione:** pellicola impermeabile applicata ai tubi riduce la frequenza e l'ampiezza delle variazioni dipendenti dall'umidità esterna, migliorando la capacità portante dei tubi. **Dal punto di vista ambientale, molti dei trattamenti di impermeabilizzazione non risultano particolarmente compatibili**, come, ad esempio, l'applicazione di un film di PVC alla carta per aumentarne la resistenza. D'altra parte, la soluzione tradizionale per l'impermeabilizzazione degli elementi in carta consisteva nell'uso della chiara d'uovo come elemento di protezione e certamente l'efficacia e la durabilità di questa soluzione sono ampiamente da verificare.
- **Resistenza al fuoco:** le prove eseguite per testare i tubi di cartone della Local Zone del Millennium Dome hanno dimostrato che **l'applicazione di apposite vernici** permette al cartone di raggiungere una **resistenza al fuoco molto elevata**.

**Le principali caratteristiche che ne favoriscono l'utilizzo e ne permettono una vasta gamma di applicazioni, con prestazioni fisico-meccaniche eccellenti, sono:**

- disponibilità in numerosi diametri e spessori;
- disponibilità (soprattutto per i tubi a spirale) in lunghezze anche fino ai 10 metri;
- finitura esterna personalizzabile (impermeabilizzazione, colore, disegni);
- buone prestazioni di resistenza al fuoco.

**Ci sono due diversi tipi di tubi:**

- **I tubi cosiddetti a spirale:** sono formati mediante successivi avvolgimenti di strisce di cartone su un mandrino, in modo da creare una spirale, incollando uno strato sull'altro;
- **I tubi in parallelo:** vengono prodotti con sovrapposizione e incollaggio di fogli di cartone. Questi ultimi hanno specifico impiego nell'industria tessile.

**Utilizzo**

Lo studio di design Pomada, ad esempio, è specializzato nell'utilizzo di tubi in cartone riciclati che riveste con tessuti per creare oggetti di design e arredamento. Ancor più eclatante il lavoro dell'architetto Shigeru Ban che con tubi in cartone costruisce **alloggi temporanei** come la famosa cattedrale realizzata in Nuova Zelanda dopo il terremoto del 2011.

## 1.3 Punti di forza e punti di debolezza

### 1.3.1 Punti di forza

- Leggerezza;
- Riciclabilità;
- Deriva da materie prime rinnovabili;
- La sua biodegradabilità è totale;
- Economicità;
- Rapidità di montaggio e installazione;
- Proprietà di isolamento termico e acustico a seconda del prodotto;
- Elevate resistenze meccaniche in rapporto al peso a seconda del prodotto (tubi di cartone con elevata resistenza a trazione e compressione);
- Versatilità.

### 1.3.2 Punti di debolezza

- Opportuno prevedere un apposito **trattamento impermeabilizzante**;
- Opportuno prevedere un apposito **trattamento ignifugo** per aumentare la loro resistenza al fuoco;
- Limitata durabilità, inferiore rispetto quella di altri materiali;
- Facilmente pieghevole;
- Non può sostenere pesi elevati.

## 1.4 Analisi ciclo vita

### Quanti fogli di carta si ottengono con 1 albero?

Per arrivare a questo risultato sono stati fatti alcuni calcoli. Secondo le stime del WWF, sono necessari 0,7 kg di cellulosa per produrre un chilogrammo di carta comune (carta comunemente usata nelle stampanti). Per produrre un chilogrammo di cellulosa sono necessari 0,0036 m<sup>3</sup> di legno. Una risma di 500 fogli di carta A4 da 80 g (21 x 29,7 cm) pesa 2,494 kg per metro quadrato. Per produrlo occorrono quindi  $2,494 \times 0,7 = 1,7458$  kg di cellulosa, che equivalgono a 0,00628 metri cubi di legno. Da un **pino di 15 metri di altezza e diametro medio si ricava** un metro cubo di legno, che secondo questi calcoli equivale a 159 risme di carta, ovvero **79.500 fogli di carta**.

### Il riciclaggio è un dovere

Secondo Greenpeace l'Italia è uno dei Paesi con il più alto consumo di carta pro capite al mondo: circa 200 chilogrammi, ovvero circa 80 risme di A4. Ciò significa che una **famiglia di 4 persone "consuma" 2 alberi all'anno**. La parola d'ordine, quindi, è riciclo: una volta che la carta riciclata utilizzata nelle stampanti, la sua produzione varia dall'80% al 90%. Ciò significa che 100 fogli di carta nuova che sono stati elaborati correttamente possono darti 80-90 fogli di carta riciclata. Trasformati in alberi, questo significa che 200-220 pezzi di carta riciclata equivalgono a salvare una pianta.

### Quanta carta e cartone vengono prodotti in Italia ogni anno?

9 milioni di tonnellate di carta e cartone prodotti ogni anno in Italia, più della metà (5,2 milioni di tonnellate, il 57% del totale) è ricavata utilizzando il macero proveniente dalla raccolta differenziata. Il rapporto carta e macero è questo: per ottenere una tonnellata di carta occorrono circa 1,1 tonnellate di macero. Circa l'85% dei consumi nazionali di carta è utilizzato, quando è ridotto a macero, per ricavare imballaggi. E il settore non conosce crisi: nonostante l'immobilità che ha colpito molte aziende negli ultimi anni, **la filiera del riciclo di carta e cartone continua a non risentire della mancanza di materie prime**.

«L'elevato impiego di maceri nel settore cartario in un paese come il nostro, storicamente scarso di materie prime, rende la filiera della raccolta-recupero di carta e cartone un comparto strategico per l'industria», afferma Carlo Montalbetti, direttore generale di Comieco. Ma i benefici più importanti sono quelli ambientali: negli ultimi 10 anni, grazie ai piccoli gesti quotidiani di separazione di carta e cartone dagli altri rifiuti, sarebbe **stata evitata la formazione di 222 discariche e, nel 2010, si è risparmiata l'emissione di 10,2 milioni di tonnellate di gas serra** (rispetto alle emissioni generabili in assenza di riciclo). Per rimanere su cifre più concrete, il riciclo di 1 tonnellata di carta e cartone consente il risparmio di 2 tonnellate di anidride carbonica.

### Quanta CO<sub>2</sub> si emette per produrre la carta?

Il consumo di fibra vergine e quello di sostanze non fibrose necessario per produrre 1 kg di carta varia a seconda della tipologia di prodotto che si desidera ottenere e delle materie prime utilizzate.

L'uso di carta riciclata permette di creare meno rifiuti finali (i fanghi della depurazione), ma il processo di disinchiostrazione del macero comporta una maggior **difficoltà di trattamento delle acque reflue**, per la presenza di **additivi** che servono a pulire la carta, e dà vita ad un aumento dei consumi di sostanze chimiche per depurare le acque.

Nelle cartiere del Friuli-Venezia Giulia nel 2002 per produrre una tonnellata di carta sono stati consumati da un minimo di 500 kWh ad un massimo di 1650 kWh.

Produrre **200 Kg di carta**, il consumo medio pro-capite annuale, genera **dai 130 ai 250 Kg di CO<sub>2</sub>**, a seconda della fonte energetica utilizzata. Lo stesso quantitativo prodotto da un'auto di media cilindrata che percorre 900 km.

La lettura di un quotidiano cartaceo può comportare un consumo di anidride carbonica inferiore fino al 20% rispetto alla visualizzazione delle notizie online per circa 20 minuti.

### Quanta CO<sub>2</sub> si emette per produrre il cartone?

In collaborazione con l'Istituto di ricerca svedese Pro Carton, l'associazione europea dei produttori di cartone e carta ha condotto uno studio completo. Il suo obiettivo era quello di misurare la quantità di emissioni di CO<sub>2</sub> generate all'interno del ciclo di vita degli imballaggi di cartone.

Tutti i principali aspetti del processo di produzione sono stati presi in considerazione: dalle emissioni da fonti energetiche fossili e rinnovabili, alla CO<sub>2</sub> attribuibile all'estrazione delle materie prime, al cambiamento diretto dell'uso del suolo.

Secondo i risultati, una media di 326 kg di CO<sub>2</sub> viene emessa per ogni tonnellata di imballaggio di cartone prodotto in Europa.

### **Quanto l'imballaggio in cartone è ecologico rispetto ad altre forme di imballaggio?**

È dimostrato dal controllo degli imballaggi di World Watchers che gli imballaggi di carta e cartone causano circa tre quarti di emissioni di CO<sub>2</sub> in meno durante il loro intero ciclo di vita rispetto, per esempio, agli imballaggi di plastica monouso della stessa massa. Anche il vetro, la banda stagnata e soprattutto l'alluminio hanno prestazioni peggiori.

### **Quante volte si può riciclare il cartone?**

Il cartone può essere riciclato più di 25 volte: una ricerca ha dimostrato che il materiale di cui sono composti i packaging in fibra, carta, cartoncino, cartone e scatole pieghevoli, può essere riciclato più di 25 volte senza perdere la sua integrità. Lo studio è stato condotto da Rene Eckhart, Senior scientist presso Graz University of Technology, in Austria.

La ricerca evidenzia anche il contributo verso l'economia circolare: in Europa, l'attuale tasso di riciclo del packaging in carta e cartone si aggira intorno all'84,2% e l'industria europea della carta si è prefissata di raggiungere il target del 90% entro il 2030. Questo perché carta e cartone sono biodegradabili e rientrano in un processo comunemente definito riciclo organico. Nello studio vengono anche sottolineati i benefici ecologici collegati all'aumento del numero di ricicli: più spesso viene riciclato uno stesso packaging, migliore sarà il suo impatto sull'ambiente.

Secondo una ricerca dell'Eurostat, carta, cartone e cartoncino hanno di gran lunga il più alto tasso di riciclaggio di tutti i materiali di imballaggio, toccando punte dell'85% nel 2019. Il metallo è al secondo posto con l'81%, il vetro al 76%, la plastica molto più indietro con solo il 40%.

### **Il cartone potrebbe essere sostituito da altro?**

L'imballaggio in cartone è preferito dai consumatori a causa delle sue credenziali ambientali e la sua facile e consolidata riciclabilità. I vantaggi degli imballaggi a base di fibre consistono nell'uso di fibre naturali rinnovabili, ottenute da materie prime da silvicoltura (ramo delle scienze forestali) sostenibile e possono essere recuperati dal flusso di rifiuti dopo l'uso. *«Riciclare il più possibile ha un effetto positivo significativo sull'eco-bilanciamento dell'imballaggio perché riduce il consumo specifico di acqua nella produzione di fibre e riduce notevolmente anche la produzione di CO<sub>2</sub> grazie al minor apporto energetico»,* scrive il prof. Rene Eckhart. *«Più lo stesso imballaggio può essere riciclato, tanto più positivo è il suo impatto sull'ambiente».*

Durante la fase di ricerca, il cartone pieghevole è stato riciclato più volte per capirne gli effetti sulle caratteristiche meccaniche del materiale, comprese durezza e resistenza alla compressione del materiale. *«Durante la fase di ricerca, non è stato riscontrato nessun effetto negativo sulle caratteristiche meccaniche del packaging»,* hanno affermato i ricercatori dell'Università.

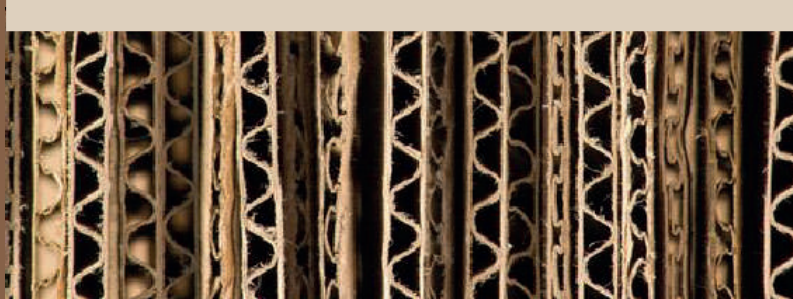


Materiali	Composizione	Emissioni CO2 per produrlo	Riciclaggio	Quante volte riciclabile
Calcestruzzo	Pietrisco o ghiaia, sabbia ed eventuali additivi, con un legante (cemento o calce) e acqua	7% delle emissioni globali	No	Nessuna
Cemento armato	Cemento e barre filettate	14% emissioni globali	No	Nessuna
Acciaio	Ferro e carbonio	7% delle emissioni globali	Si	Infinite volte
Legno	Legno lavorato	Se utilizzato correttamente, è in grado di immagazzinare più carbonio di quanto ne viene emesso per le operazioni di raccolta, trasformazione, trasporto e montaggio che lo trasformeranno in una casa	Si	Infinite volte
Cartone	Da 2 a 7 strati di carta riciclata	326 kg ogni tonnellata (3/4 di emissioni in meno rispetto alla plastica monouso dello stesso peso)	Si	25, con l'inserimento di vibra vergine infinite volte
Vetro	60 parti di sabbia, 180 parti di polvere di alghe essiccate e cinque parti di gesso	Prestazioni peggiori della plastica	Si	Infinite volte
Plastica	Condensazione tra fenolo e formaldeide la prima resina termoindurente di origine sintetica	1.8 miliardi di tonnellate l'anno	In parte	Pet: infinite volte, però è oneroso

Tab.1 – Confronto emissioni CO<sub>2</sub> per produzione dei materiali.

2.

# DURABILITÀ: SI PUÒ MIGLIORARE?



## 2.1 Resistenza all'acqua

### 2.1.1 Impermeabilizzazione tubi di cartone

Nel progetto Paper Dome di Shigeru Ban, per ridurre al minimo l'espansione e la contrazione dei tubi di carta causata dall'umidità nel tempo, i tubi sono impermeabilizzati con uretano liquido trasparente.

### 2.1.2 Cartone delle bottiglie: impermeabile

#### Bottiglie di carta Paboco (Paper Bottle Company)

Le nuove bottiglie di carta sono costituite da un guscio di cellulosa con una chiusura in plastica riciclata al 100% e un rivestimento interno **“a base biologica che resiste alla trasmissione del vapore acqueo e dell'ossigeno”**. Il mondo degli imballaggi ci ha abituato da tempo all'impiego del cartone, per liquidi come latte o succhi di frutta, nella celebre formula del poliaccoppiato. È un materiale decisamente più ecologico della sola plastica (è carta al 70%) e grazie alle nuove tecniche di riciclo può essere facilmente separato nelle sue componenti chiave.

#### Caratteristiche

- Riciclabile come imballaggio di carta;
- 85% carta (14g) – 15% HDPE barriera (2,6g);
- Carta durevole e resistente agli schizzi;
- Fonti di carta responsabili – certificazione FSC®;
- Il polietilene ad alta densità (spesso abbreviato come HDPE, dall'inglese high-density polyethylene) è un polimero termoplastico ricavato dal petrolio. Per ottenere un chilogrammo di HDPE sono necessari 1,75 kg di petrolio, in termini di energia e di materia prima;
- Viene comunemente riciclato.

#### Tetra Pak

Il Tetra Pak deve il suo nome a un'azienda svedese produttrice di questo particolare tipo di imballaggi per alimenti. Un cartone per bevande composto da tre diversi materiali e per questo definito imballaggio poliaccoppiato: carta, alluminio e polietilene. Alla base cellulosica, la carta vergine targata FSC che certifica la corretta gestione forestale e la tracciabilità dei prodotti derivati, vengono aggiunti strati di polietilene, un materiale plastico, e di alluminio, che hanno la capacità di trattenere i liquidi e di proteggerli contro luce, batteri e aria.

#### Il riciclo

Questi tre materiali di cui è costituito il Tetra Pak **sono attualmente tutti riciclabili**. Per poterli separare si ricorre a un processo di spappolamento che prevede di mescolare i cartoni vuoti insieme all'acqua all'interno di un grande frullatore. Dalla carta si ottengono fibre di cellulosa utilizzabili per realizzare prodotti in carta riciclata, come i sacchetti in “carta frutta”; polietilene e alluminio vengono, invece, tenuti aggregati per ricavare l'ecoallene, un materiale molto resistente con caratteristiche uguali a quelle del polietilene e che può essere utilizzato per produrre svariati oggetti di uso comune.

#### Come viene differenziato?

È bene sapere che non esiste una regola unica che chiarisca dove vada differenziato il Tetra Pak. È opportuno, quindi, controllare le indicazioni dei singoli comuni in merito. Infatti, in alcuni comuni gli imballaggi in Tetra Pak vanno conferiti nel bidone della **plastica**, in altri la destinazione finale corretta è la **carta**.

### 2.1.3 Plastiche bio-based

#### Terralene LL 1303

Polietilene lineare a bassa densità bio-based, copolimero di butene miscelato a polietilene a bassa densità. Il contenuto di carbonio biologico (BCC) è > 75% (determinato secondo ASTM D6866). Adatto per applicazioni di rivestimento per estrusione e laminazione.

La normativa europea specifica un metodo di prova per la determinazione del contenuto di carbonio a base organica nei prodotti, basato sulla misurazione del contenuto di <sup>14</sup>C mediante spettrometria da acceleratore di massa (AMS). Il contenuto di carbonio a base organica è espresso da una frazione della massa del campione o da una frazione del contenuto totale di carbonio.

Questo metodo di calcolo è applicabile a qualsiasi prodotto contenente carbonio, compresi i composti biologici.

### Le bioplastiche biodegradabili

Un materiale **“bio-based” (a base bio), come la bioplastica, è interamente o parzialmente ricavato da biomassa vegetale; quindi, è di origine biologica e non include componenti di origine fossile (carbone o petrolio).** Con il termine “biodegradabile” si intende invece un materiale che può essere degradato da microrganismi (batteri o funghi) in acqua, gas naturali, come l’anidride carbonica e il metano, o in biomassa. Esistono materiali a base bio che sono biodegradabili (PLA o acido polilattico) ed altri che, pur essendo bio-based, non lo sono (Bio-PET, PTT, Bio-PE). Allo stesso modo alcuni polimeri prodotti da fonti fossili, come il PBS, un polimero semicristallino fabbricato tramite la fermentazione batterica, presentano la caratteristica della biodegradabilità. In genere, però, la maggior parte dei polimeri “tradizionali” che costituiscono la maggior parte degli imballaggi alimentari attualmente in circolazione non è biodegradabile: stiamo parlando di polipropilene, polietilene, cloruro di polivinile ma anche polietilentereftalato e polistirene (vedi tabella sotto).

	Petrochemical	Partly bio-based	Bio-based
Non-biodegradable	PE, PP, PET, PS, PVC	Bio-PET, PTT	Bio-PE
Biodegradable	PBAT, PSB(A), PCL	Starch blends	PLA, PHA, Cellophane

Tab.2 – Confronto polimeri biodegradabili e non.

“Bioplastica” e “plastica biodegradabile” non sono sinonimi. Un materiale bio non è automaticamente anche biodegradabile. Le bioplastiche e le plastiche biodegradabili sono economicamente competitive rispetto alle plastiche tradizionali? Il prezzo delle materie plastiche basate sulle risorse fossili dipende dal prezzo del petrolio, mentre quello delle bioplastiche è più stabile. Le materie plastiche bio-based e le plastiche biodegradabili sono più costose, ma hanno quasi sempre una densità più elevata che permette una maggiore resa finale. In genere bisogna esaminare i singoli casi.

### PHA, ovvero bioplastica biodegradabile che si ottiene da prodotti organici

Il gruppo Bacardi ha stretto un accordo con la Danimer Scientific per una nuova bottiglia biodegradabile al 100% che sostituirà ogni anno 80 milioni di bottiglie di plastica con bottiglie a base di **Nodax™ PHA**, un biopolimero che deriva dall’olio naturale dei semi della pianta di colza.

**I PHA (poliidrossialcanoati)** sono poliesteri biosintetizzati da un batterio alimentato da oli poco costosi derivati dai semi di piante come la colza e la soia.

Tra le diverse alternative vi sono i poliidrossialcanoati (PHA), anzi per le loro caratteristiche potrebbero essere la soluzione più ecocompatibile per il futuro (BIO ON con HERA ha avviato un progetto che utilizza anche la CO<sub>2</sub> presente in atmosfera) ma fino ad oggi i costi di realizzazione di queste bioplastiche sono stati considerati **sempre troppo alti**.

Ecco perché l’attività di BIO ON, aveva e tutt’ora desta grande interesse da un punto di vista di evoluzione, non solo industriale, della ricerca e produzione di questi prodotti.

### PLA

Presso i laboratori di Brindisi sono stati messi a punto e realizzati dei feltri per Electrospinning a base di **PLA** (polylactic acid) e PCL (polycaprolactone), le cui nanofibre contengono nanocellulosa che conferisce loro un’alta idrofobicità ed una resistenza meccanica varie volte superiore a quelle di analoghi materiali. La società di tecnologia di imballaggio Pulpex ha annunciato l’avvio di una linea di produzione nel 2022 di bottiglie e contenitori realizzati con polpa di fibra di legno.

**Si potrebbero usare queste plastiche bio-based e biodegradabili per creare film protettivi per poter rendere idrorepellente la superficie del cartone.**

## 2.2 Resistenza al fuoco

Per poter ovviare al problema della facile infiammabilità del cartone, si potrebbero utilizzare vernici a basi uretaniche, come si fa per i tubi di cartone. Esistono tipologie di cartone che vengono rese ignifughe sin dalla produzione come:

- **Il pannello FR** con una classificazione antincendio di Classe B+;
- **Il cartone HoneyComb** che ha una elevata resistenza al calore.

## 2.3 Resistenze meccaniche

### 2.3.1 Prove sul cartone

Suddivise per tipo e per grammatura le carte che compongono il cartone, possiamo identificare e misurare le diverse caratteristiche del cartone ondulato per meglio rispondere alle differenti esigenze di impiego:

- **Grammatura del cartone:** esprime il peso del cartone al metro quadrato; non sarà altro che la somma delle grammature delle copertine, più la grammatura delle onde (il peso al metro quadrato dovrà essere maggiorato secondo un coefficiente di ondulazione che varierà in base allo spessore ed al passo dell'onda) ed il peso dei collanti.
- **Spessore del cartone:** misura la distanza in mm tra le due superfici esterne di un cartone ondulato.
- **Edge Crush Test (ECT):** è una **prova di compressione** che si effettua su una striscia di cartone, volta a misurare lo sforzo espresso in kN/m (nel sistema S.I.; si può ottenere comunemente anche il dato espresso in kgf/cm) necessario per deformare la striscia stessa. Tale dato consente di confrontare i vari cartoni ondulati rispetto alla loro resistenza alla compressione ed è strettamente correlato con la resistenza all'impilamento degli imballi relativi.
- **Resistenza allo scoppio:** misura la resistenza alla **perforazione di un cartone** ondulato. Si esprime in kPa nel sistema S.I. (o più comunemente in kg/cm<sup>2</sup>) ed è la misura della resistenza alla rottura di un cartone sottoposto ad una pressione in senso ortogonale alla sua superficie.
- **Box Compression Test (BCT):** misura la **resistenza di una scatola di cartone ondulato vuota alla compressione verticale**, ovvero quanti chilogrammi può portare una scatola prima di schiacciarsi. Questo dato è fortemente correlato con quello di ECT del cartone che compone l'imballo.
- **Assorbimento d'acqua (COBB):** misura in g/m<sup>2</sup> la quantità di acqua distillata che viene assorbita da un determinato cartone sottoposto ad una pressione di colonna d'acqua di 1 cm in un determinato intervallo temporale. Il dato che si ricava può essere utile sia per eventuali considerazioni sulla stampa (dato che i colori nella stampa flexo sono a base acqua), sia nell'impiego del cartone in ambienti umidi (es. celle frigorifere o cantine).
- **Permeabilità all'aria Gurley:** si applica solitamente alle singole carte e misura in secondi/centimetro (tempo per area della carta/volume di aria) il tempo necessario per far effluire attraverso una superficie di carta di 6,45 cm<sup>2</sup> (1 pollice quadro) la quantità d'aria contenuta in un volume di 100 ml. Il dato risulta importante quando il cartone viene movimentato con l'impiego di macchine automatiche a mezzo ventose.



### 2.3.2 Travetto in cartoncino alveolare



Il Travetto è composto da un'anima in nido d'ape rivestita da due copertine in cartoncino e la sua elevata resistenza alla compressione varia da  $1,5 \text{ kg/cm}^2$  a  $3 \text{ kg/cm}^2$  a seconda della dimensione dell'alveolo interno.

Si possono ottenere su richiesta delle misure che variano da 300 mm a 2400 mm in lunghezza, da 60 mm a 200 mm in larghezza e per lo spessore da 30 mm a 110 mm. È possibile ottenere la produzione di travetti composti da più strati per ottenere spessori più alti.

### 2.3.3 Come una struttura a 2.700 tubi di carta resiste alle sollecitazioni



Progettato da Studio Gang, uno studio di architettura e design urbano con sede a Chicago e New York, Hive è costruito interamente con quasi 2.700 tubi di carta avvolti, un materiale da costruzione riciclabile, leggero e rinnovabile. I tubi hanno dimensioni che variano da pochi centimetri a 3 metri di altezza e si incastrano tra loro per creare tre camere dinamiche a cupola interconnesse. La cupola più alta dell'installazione, alta circa 18 metri, presenta un oculo di 4 metri di diametro.

Adrian Brügger, che dirige il Carleton Lab di Ingegneria Civile presso la Columbia Engineering, ha collaborato con lo Studio Gang per testare un assemblaggio di tre tubi di carta avvolti e dentellati

da 150 cm incastrati con tre tubi da 3 metri per quantificare la capacità di carico complessiva (resistenza alla compressione) della struttura, cioè sia la connessione che i tubi stessi. Il team ha assemblato la struttura di quasi 4,50 metri, paragonabile alle prime due file della più grande struttura a cupola, nel laboratorio di ingegneria della Columbia e ha utilizzato la macchina per prove universali Southwark Emery per **comprimere i tubi di carta e testarne i limiti**.

La struttura dei tubi è stata in grado di sostenere 7850 kg prima di rompersi in corrispondenza delle connessioni dentellate. L'intero gruppo ha sopportato un carico di compressione di 24.961 kg prima di rompersi completamente. «Nella mia carriera professionale ho testato molti tipi diversi di materiali strutturali, ma questa è sicuramente la prima volta che mi imbatto in un composito di carta», afferma Brügger. «Sono rimasto sbalordito dalla resistenza alla frattura di questo materiale.

*Il fatto che abbia sopportato un carico di oltre 25 tonnellate dopo la frattura iniziale è sorprendente».* Hive è in mostra al National Building Museum's Summer Block Party di Washington dal 4 luglio al 4 settembre 2017.

### 2.3.4 Analisi delle sollecitazioni di un tubo di carta

Presso l'Università di Bath (UK) sono state condotte prove di carico sottoponendo campioni di tubi di cartone a flessione, compressione, trazione e a prove di deformazione.

Il comportamento a flessione dei tubi è di tipo elastico, ma con deformazioni permanenti che crescono con l'aumento del carico. Il carico di rottura a compressione è di **8,75 N/mm**. I test di deformazione indicano che il **materiale si deforma anche se sottoposto a un carico permanente pari al 20% del carico di rottura**. I test di trazione hanno dimostrato un comportamento strutturale del tutto analogo a quello di compressione, ma in questo caso gioca un ruolo fondamentale la modalità di realizzazione del giunto. Sono state testate connessioni fatte con perni, con chiodi e con colle; i **giunti con la colla sono risultati i peggiori perché raggiungono il collasso a causa della laminazione della carta**.

I dati rilevati nel padiglione di Hannover progettato da Shigeru Ban sono stati:

- carico di rottura a compressione: 9,23 N/mm con una deviazione standard di 0,5 N/mm;
- modulo di elasticità: 1.800 N/mm.

Per limitare gli effetti dovuti alle deformazioni, è stato utilizzato un fattore di sicurezza pari a 5 e uno sforzo di compressione di 1,6 N/mm (pari a meno di un quinto del carico di rottura). Grazie a prove condotte presso i laboratori inglesi dell'Imperial College di Londra, è stato possibile misurare il comportamento di tubi di cartone riciclato con diametro maggiore di quelli standard. Tutti i tubi sono prodotti avvolgendo il medesimo nastro di carta per qualsiasi diametro del tubo. Maggiore è il diametro del tubo, minore è quindi l'angolo di avvolgimento e, di conseguenza, maggiore è il carico di rottura. Per la flessione sono stati valutati valori di carico pari a 8,2 N/mm e valori di resistenza a compressione pari a 7,8 N/mm. Il comportamento è inizialmente di tipo elastico, ma se sottoposto a un carico permanente pari al 20% del carico di rottura intervengono fenomeni viscosi.

In presenza di acqua, il cartone degrada in maniera significativa. Esistono tuttavia dei modi per aumentare la resistenza all'azione dell'acqua o dell'umidità, sia con trattamenti superficiali che con l'inserimento tra i fogli di carta di uno o più strati di vari tipi di materiali (ad esempio, usando fogli di polietilene o di alluminio).

L'effetto del contenuto di acqua sulle prestazioni statiche dei tubi in cartone riciclato è stato lungamente analizzato ed è provato che non si modificano fino a un contenuto di acqua del 7% per ridursi poi del 10% per ciascun incremento unitario del contenuto d'acqua. Un tasso compreso fra il 7% e il 10% è in equilibrio con l'umidità ambiente tipica del 30-70%.



Materiali	Anno	Resistenza			Impermeabile	Ignifugo
		N-	N+	V		
Cemento	1875	<b>C 25/30</b>			Si	Si
		25 N/mm <sup>2</sup>	-	Dipende da N-, inerti, tensione		
Cemento armato	1890	<b>C 25/30 + B450C</b>			Si	Si
		25 N/mm <sup>2</sup>	450 N/mm <sup>2</sup>	Dipende da N-, inerti, tensione, quantita armatura tesa		
Acciaio	1851	<b>S 235 / S 460</b>			Si	No
		235-460 N/mm <sup>2</sup>	235-460 N/mm <sup>2</sup>	235-460 N/mm <sup>2</sup>		
Legno	1300	<b>Classe C,D</b>			Si	No
		2.6-26 N/mm <sup>2</sup>	0.4-20 N/mm <sup>2</sup>	2.7-4 N/mm <sup>2</sup>		
Cartone	1998	<b>Tubi di cartone/ alveolare</b>			No	No
		8,75 N/mm - 0.15, 0.30 N/mm <sup>2</sup>	8,75 N/mm - 0.15, 0.30 N/mm <sup>2</sup>	-		
Vetro	658 a.C.	<b>Vetro temperato</b>			Si	Si
		1000 N/mm <sup>2</sup>	-	120-200 N/mm <sup>2</sup>		
Plastica	1907	<b>TECAMID 6 GF30 black - Semilavorati</b>			Si	No
		21,42,107 N/mm <sup>2</sup>	98 N/mm <sup>2</sup>	140 N/mm <sup>2</sup>		

Tab.3 – Confronto resistenze fisiche e meccaniche dei materiali.

3.

# CHI LO USA IN ITALIA E COME



## 3.1 Archicart

### 3.1.1 Cos'è T-Box

Dal cartone ondulato nasce a Catania T-BOX, la casa sostenibile del futuro:

Il cartone ondulato è un materiale da imballaggio dalle numerose qualità: è **robusto, termoisolante, leggero ma incredibilmente resistente agli urti e agli strappi, completamente riciclabile e biodegradabile**.

Tutti questi vantaggi lo hanno reso il materiale ideale per il progetto di sperimentazione T-BOX Masterclass, un evento di formazione super-innovativo promosso Archicart/Architettura di Cartone di Area S.r.l. con la collaborazione dell'Università di Catania.

Il progetto, rivolto ai migliori 50 dottorandi del Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura dell'ateneo siciliano, si propone un obiettivo davvero ambizioso: **fabbricare e costruire la prima casa interamente realizzata in cartone ondulato** completamente abitabile ed efficiente energeticamente, monitorandone nel tempo le prestazioni e la resistenza agli agenti atmosferici.

In Sicilia nasce una startup per studiare l'uso del cartone nella bio-edilizia:

L'idea di T-BOX, startup innovativa catanese, nasce da quattro giovani architetti e imprenditori, Dario Distefano, Mario Schilirò, Gianfranco Distefano e Nicola Timpanaro. Questi hanno basato la loro idea di business sullo studio e la sperimentazione del cartone per un'idea di edilizia sostenibile e compatibile con l'ambiente, sviluppando progetti per prodotti rivolti all'ingegneria e all'architettura. Cuore pulsante del progetto T-Box è la tecnologia brevettata dei pannelli in cartone ondulato, utilizzati per costruire la struttura portante e i sistemi di chiusura verticale e orizzontale. I fogli di cartone multistrato, migliorato ulteriormente con riempimenti naturali, sono stati tagliati e piegati su misura e riempiti all'interno di materia termoisolante. L'intera struttura è stata poi rivestita con una facciata tessile (PVC textile Giovanardi preconstraint® 502) che protegge la superficie esterna dagli agenti atmosferici, perfeziona la condotta termofisica dell'involucro e garantisce un design unico e riconoscibile.

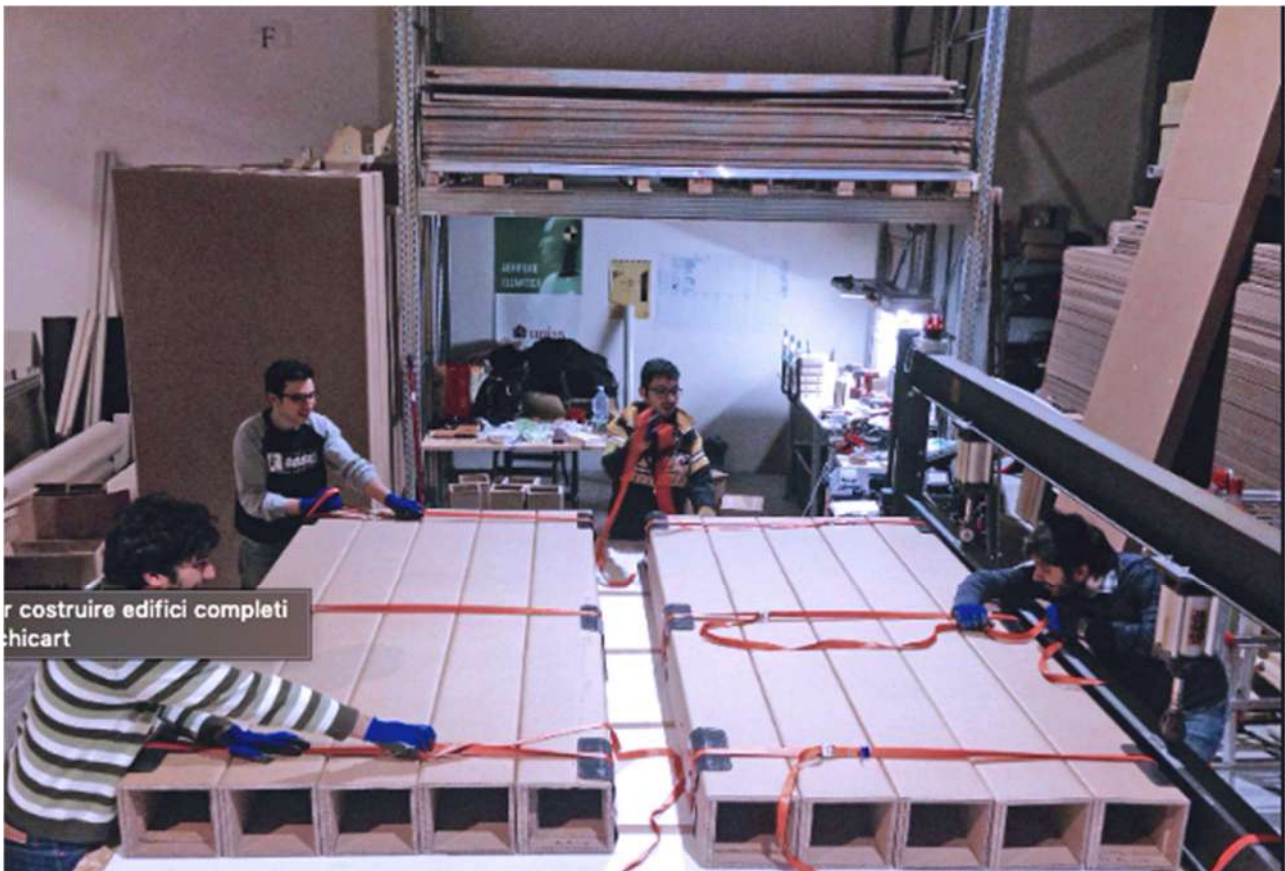
#### **La prima casa in cartone sotto "osservazione" per un intero anno**

Questi stessi pannelli saranno utilizzati dagli studenti del progetto BOX Masterclass per auto-costruire la prima casa interamente realizzata in cartone, un ambiente da 20 m<sup>2</sup> e 80 m<sup>3</sup> che dovrà resistere alle precipitazioni e alle variazioni climatiche di un intero anno solare.

Infatti, dopo una fase iniziale caratterizzata da lezioni frontali, esercitazioni, fabbricazione e autocostruzione, i dottorandi di architettura e ingegneria saranno chiamati ad installare apparecchiature specifiche per il monitoraggio e a raccogliere dati sulle reazioni del cartone ondulato alle sollecitazioni termiche e atmosferiche delle 4 stagioni per delineare i 4 regimi di funzionamento ottimali in ogni momento dell'anno.

**Che possa essere davvero l'inizio di una rivoluzione abitativa che aprirà la strada ad un futuro di case in cartone?**

### 3.1.2 Brevetto Pacotec



Questa attività ha portato al brevetto, nel 2014, dei pannelli alveolari in cartone ondulato, veri e propri moduli per l'edilizia costituiti da fogli di cartone ondulato multistrato compattati, leggerissimi e completamente riciclabili e biodegradabili. L'alveolatura, ovvero la presenza di cavità all'interno del pannello, rende possibile l'inserimento di materiale termoisolante aggiuntivo.

#### **Architettura sostenibile**

Il 24% dei materiali da costruzione utilizzati nel mondo è destinato all'edilizia. Il loro ciclo di vita può risultare molto dispendioso in termini di energia impiegata ed emissioni prodotte per l'estrazione, la lavorazione, il trasporto, l'impiego e lo smaltimento. Perciò, una delle priorità per raggiungere gli obiettivi di sostenibilità fissati per l'immediato futuro è trovare e utilizzare materiali rinnovabili e che possano essere estratti, lavorati, trasportati e smaltiti, o, meglio, riutilizzati, senza grandi dispendi energetici. Archicart è pronto a dimostrare che il cartone è uno di questi, ma non è di certo l'unico progetto che ne sta studiando l'impiego nell'edilizia.

**Grazie al brevetto Pacotec, hanno studiato altri modi per integrare il cartone nell'edilizia.**

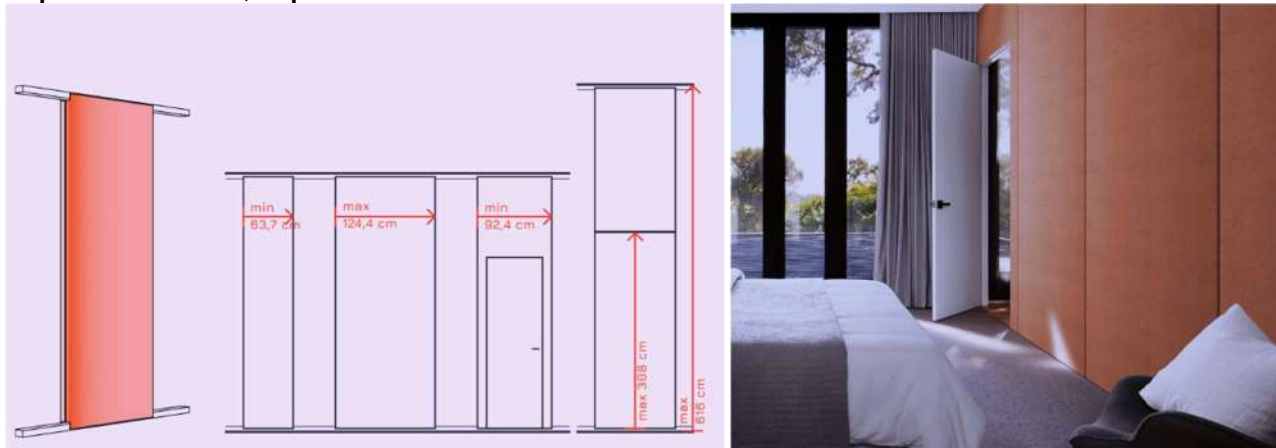
#### **La parete in cartone:**

- Personalizzabile: la parete è unica. Il sistema brevettato. Dimensioni, colori, performance acustiche e termiche create su misura;
- Riciclabile, riutilizzabile: tutti gli elementi in una parete di cartone si possono smontare e riutilizzare;
- Immediata da installare: rimuovere l'imballo, sollevare e ruotare il contenuto, procedere al fissaggio. L'installazione è rapida e priva di rischi, lascia pulito l'ambiente di lavoro e può avvenire dopo una ristrutturazione.

### 3.1.3 Le pareti amovibili

Per ripensare più volte agli spazi delle nostre vite, in casa e ufficio. Le partizioni amovibili PAPER REMO-WALL danno vita a rivoluzioni leggere e sostenibili. Modificano gli ambienti aggiungendo una parete su misura e personalizzabile.

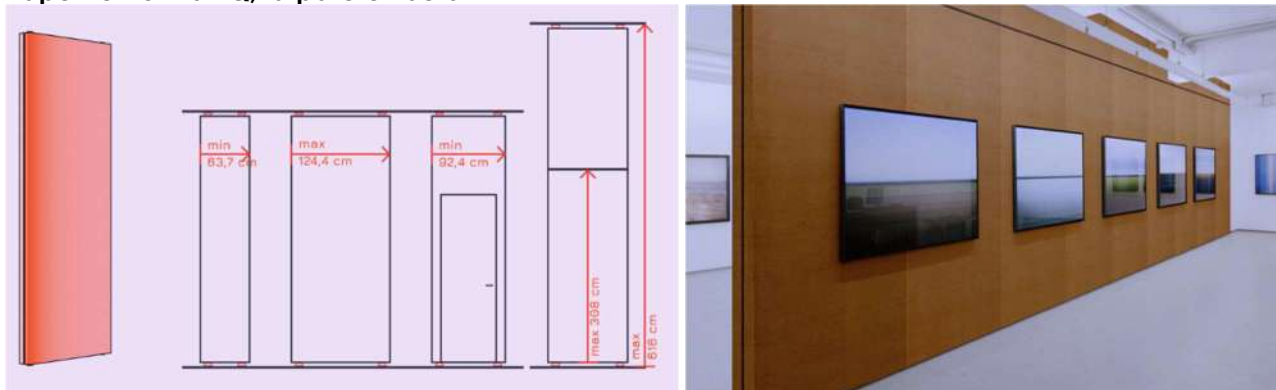
#### Paper remo-wall U, la parete divisoria



Adatta per separare e arredare gli spazi in casa o in azienda. La soluzione ideale per costruire, senza sporcare e in poche ore, una parete su pavimento finito.

È composta da pannelli alveolari in cartone ondulato brevettati (tecnologia ArchicartPACOTEC®). I pannelli sono riempiti con coibente in fibra di legno naturale e sono posti in opera singolarmente, fissati a soffitto e a pavimento con due guide in legno o metallo. La loro sagoma assicura la tenuta laterale. Appositi profili in cartone regolano il fissaggio della parete ai muri esistenti.

#### Paper remo-wall Q, la parete libera



Adatta a definire nuovi ambienti senza fissaggi definitivi, con un intervento veloce e reversibile che non lascia alcuna traccia a pavimento e soffitto.

I pannelli sono fissati tra loro con tasselli e vincolati a contrasto tra soffitto e pavimento tramite piedini regolabili. I pannelli sono riempiti con coibente in fibra di legno naturale e sono posti in opera su un listello di legno. La loro sagoma assicura la tenuta laterale.

### 3.1.4 Le pareti mobili

Pareti flessibili e riadattabili per seguire il dinamismo del mondo di oggi. Le partizioni mobili MO-WALL sono perfette per ripensare e riorganizzare gli ambienti di casa e ufficio in pochi secondi, tutti i giorni.

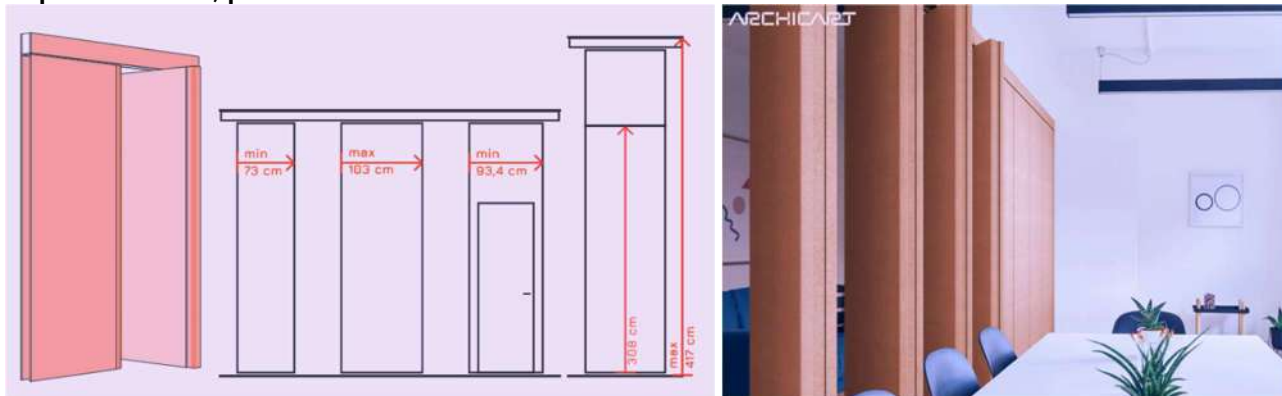
#### Paper remo-wall Z, la parete dinamica



La parete che scorre su ruote e lascia pavimenti e soffitti liberi da guide. Unica e personalizzabile, assicura praticità e leggerezza.

I pannelli sono riempiti con coibente in fibra di legno naturale. La parete si muove su ruote in nylongomma e con cerniere eccentriche in acciaio; i ganci di blocco mantengono la parete in posizione. Appositi profili in cartone regolano il fissaggio della parete al muro esistente.

#### Paper mo-wall T, parete illimitata



Ricava spazi più piccoli e contenuti all'interno di ambienti di grandi dimensioni. La soluzione ideale per svolgere attività diverse nello stesso luogo. I pannelli sono riempiti con coibente in fibra di legno naturale e si chiudono mediante incastro maschio-femmina. La parete si muove su carrelli ad attrito ridotto che scorrono all'interno di una guida in alluminio; i perni con incastro a pavimento mantengono la parete bloccata in posizione estesa. È la parete manovrabile composta da pannelli indipendenti e azionabili singolarmente che scorrono su un unico binario fissato al soffitto.



### 3.1.5 I rivestimenti

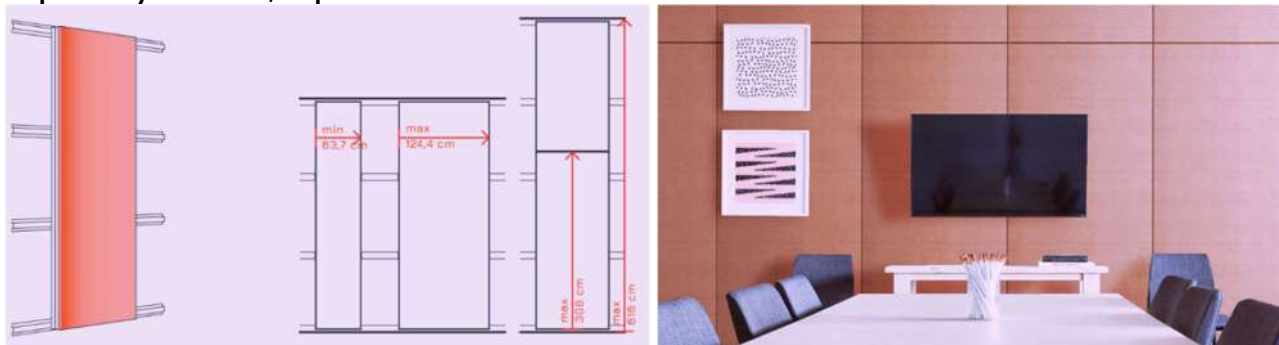
I rivestimenti per soffitti e pareti, leggeri e reversibili, realizzati mediante pannelli in cartone ondulato facili da montare, personalizzabili nelle finiture e nei riempimenti.

#### Paper easy-cover C, il controsoffitto leggero



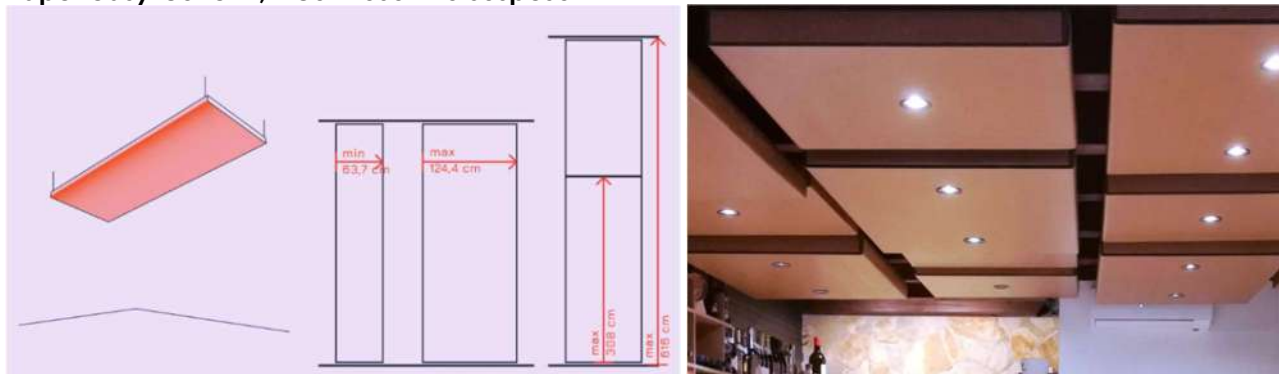
Riveste e arreda soffitti di grandi dimensioni in totale leggerezza. Il controsoffitto è fissato con viti auto-perforanti su intelaiatura in lamierino zincato dello spessore 6/10. Il riempimento coibente in fibra di legno naturale migliora la prestazione termica e acustica del rivestimento. I pannelli sono posti in opera singolarmente con un montaggio rapido e pulito e possono integrare corpi illuminanti e impianti di climatizzazione.

#### Paper easy-cover W, la parete che riveste



Crea un rivestimento interno finito dall'aspetto unico, accogliente, con una soluzione veloce ed economica. La controparete è fissata con viti auto-perforanti su intelaiatura metallica.

#### Paper easy-cover P, il controsoffitto sospeso



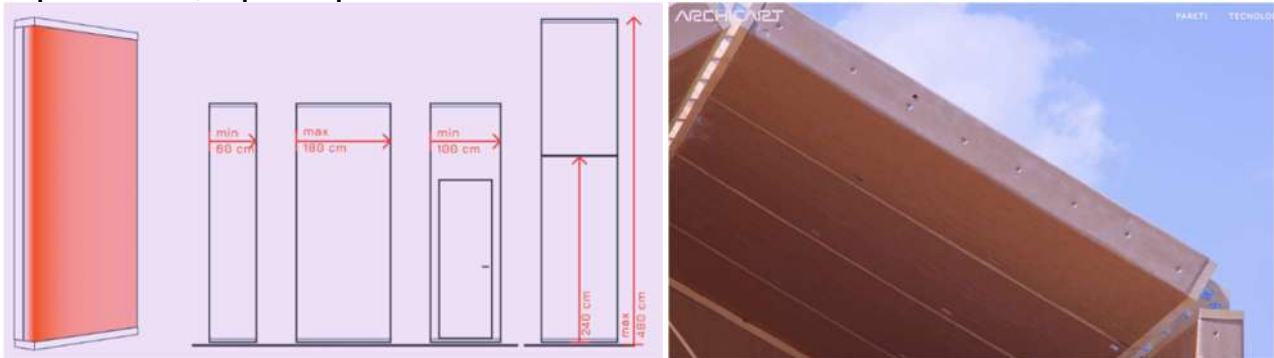
Per rivestire il soffitto di negozi, grandi uffici o attività commerciali in tempi brevi e senza sporcare. Ogni elemento è fissato al soffitto esistente con profili tenditori regolabili in acciaio.



### 3.1.6 Le pareti portanti

Il sistema costruttivo che utilizza la tecnologia brevettata PACOTEC per realizzare pareti strutturali e edifici completi.

#### Paper stre-wall, la parete portante



Per costruire edifici completi, ecologici, reversibili e dall'elevato comfort con tecnologia PACOTEC®.

#### Perché sceglierla:

- Soluzione sostenibile e leggera che rispetta il paesaggio e l'ambiente;
- Per abitazioni, edilizia scolastica o strutture ricettive;
- Per rispondere a specifiche esigenze climatiche.

Il sistema alla base della sua fabbricazione è pensato per personalizzarne misure e finiture, inserire riempimenti idonei al clima o al paesaggio ed essere rimossa dal territorio senza lasciare traccia.

#### Ideale per

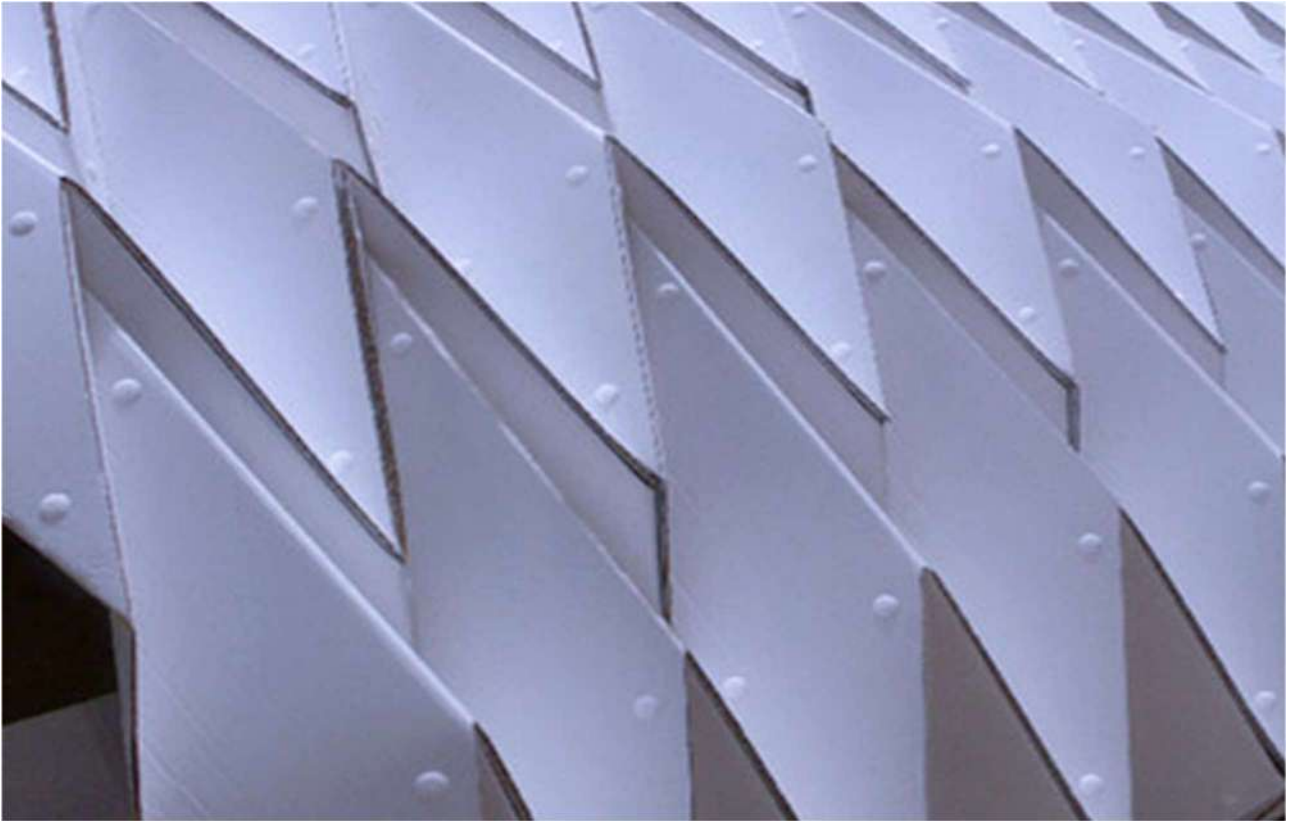
Versatile e leggera, può trasformarsi in copertura o impalcato di base. Una soluzione unica al mondo per la costruzione di edifici ecocompatibili per l'abitazione, l'edilizia scolastica e per le strutture ricettive.

#### Composizione

I pannelli sono fissati tra loro in pressione per mezzo di piastre in acciaio. La tenuta all'aria e all'acqua è garantita da guarnizioni e dai trattamenti naturali delle superfici. Ogni pannello può essere riempito con il materiale coibente più adatto alle condizioni climatiche.

I Pannelli Alveolari in Cartone Ondulato (PACO) sono costituiti da una struttura portante tubolare che contiene il riempimento coibente. Lo strato di rivestimento in cartone ne caratterizza la finitura e rappresenta il confinamento della struttura tubolare contribuendo alla resistenza.

## 3.2 Cardboard Pavilion Prototype



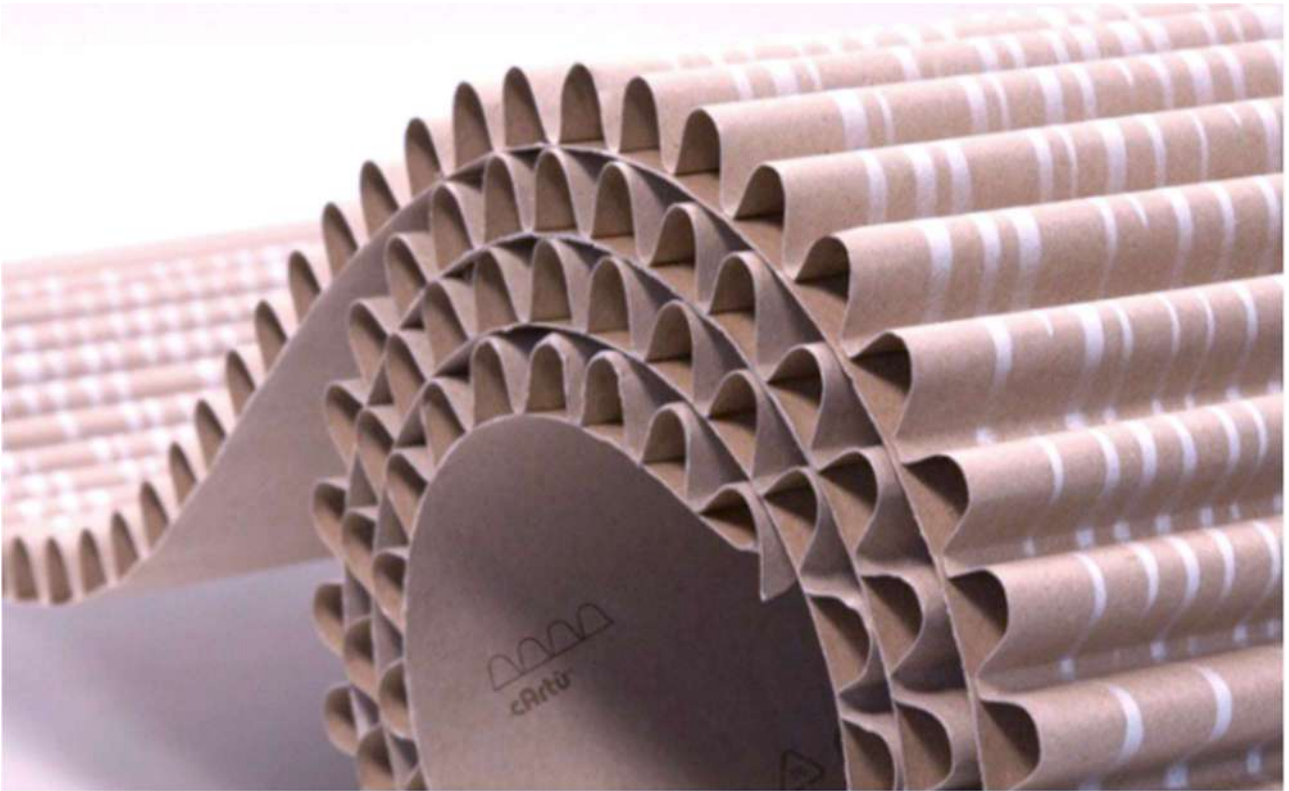
Il Prof. Luigi Alini, che nell'ambito delle attività didattiche e di ricerca del corso di Tecnologia dell'Architettura della Facoltà di Architettura di Siracusa ha realizzato insieme ai suoi studenti il prototipo in scala 1:1 del Cardboard Pavilion. Gli elementi di cartone ondulato a singola onda sono piegati come **origami** e tenuti insieme da "bottoni" di plastica a pressione, facilmente asportabili. Trattandosi di una struttura per lo più destinata agli spazi aperti, il progetto ha dovuto scontrarsi con i due maggiori limiti del cartone: l'acqua e il fuoco. Entrambi i problemi sono stati superati dalla **ricerca della International Paper** grazie all'uso di un film impermeabilizzante applicato all'esterno che ritarda anche la combustione in caso di incendio. Di contro i benefici del cartone in edilizia sono sorprendenti: uso di materiale riciclato e a basso costo, bassissimo impiego di energia primaria di produzione, leggerezza, possibilità di riuso e riciclo alla fine del ciclo vitale della struttura.

### 3.3 Casa del Clochard



Da giacigli di fortuna a casette di cartone d'artista per offrire rifugio a chi non ha un tetto sopra la testa. È la "casa del clochard", l'ultima provocazione di Vittorio Sgarbi per far riflettere e ridare dignità ai senzatetto. A **Milano** sono state realizzate alcuni piccoli rifugi temporanei, impermeabili ed ignifughi, per i senza fissa dimora della stazione centrale. Queste soluzioni abitative, che pesano circa **10 kg** e che sono quasi istantaneamente fruibili una volta collocate sul sedime individuato, rappresentano un ulteriore esempio di come potrebbero essere affrontate nelle nostre città le più gravi condizioni di marginalità, ma anche come potrebbero essere sanate, nella prima fase emergenziale post-evento, le profonde ferite provocate dai disastri naturali come i terremoti o le alluvioni.

### 3.4 cArtù



Si chiama cArtù il nuovo materiale super ecologico che promette di mettere all'angolo l'ormai onnipresente plastica. Si tratta di un innovativo cartone ondulato, ultrasensibile e decisamente ecologico, sviluppato dalla società italiana Grifal di Cologno al Serio in provincia di Bergamo. L'innovativo materiale, a detta degli stessi sviluppatori, ha tutte le carte in regola per mandare in pensione la comune plastica, come anche altri imballaggi inquinanti (polistirolo in primis). *«Un primo passaggio verso la sostenibilità è stato il brevetto Mondaplen, nel 2003, che attraverso un processo di ondulazione basato sulle plastiche espanse e sulla termosaldatura, utilizza meno materia prima rispetto alle altre soluzioni classiche»* ha spiegato Giulia Gritti, marketing director e membro del CDA di Grifal Group, guidato da Fabio Gritti. *«Il passaggio successivo, in linea con la richiesta del mercato, è stata l'eliminazione totale della plastica dal packaging».*

cArtù non va considerato come un semplice materiale da imballaggio: si tratta di un cartone che, rispetto al suo cugino ondulato tradizionale, offre maggiore portata e capacità ammortizzanti, flessibilità e leggerezza. L'azienda bergamasca ne ha mostrato le potenzialità allestendo degli spazi in occasione dell'evento #WonderofYou di Philips Personal Health che si è svolto presso il Mandarin Hotel di Milano: **sono stati realizzati interi ambienti**, come un angolo barbiere, un bagno e una stanza bebè, ma anche pannelli e complementi d'arredo come lampade, sgabelli contenitori, ceste e centrotavola in carta.



## 3.5 KAttuni



### **Sostenibilità**

KAttuni vuole soddisfare i clienti già attenti alla qualità dell'ambiente e alla sostenibilità degli arredi degli spazi in cui vivono, e sensibilizzare chi ancora non lo è. Il materiale utilizzato viene prodotto con carta riciclata e colle a base d'acqua.

### **Leggerezza e facilità di montaggio**

Il nostro cartone alveolare, così chiamato perché la sua struttura interna ricorda quella di un alveare, è un materiale estremamente facile da lavorare, tagliare, modellare, fresare, assemblare e quindi molto **versatile** nei suoi impieghi. Per gli arredi e gli accessori di cartone temporanei, utilizzati in fiere, mostre, congressi, la leggerezza è una caratteristica determinante per garantire velocità di trasporto e facilità di assemblaggio.

### **Resistenza e durata**

Il cartone utilizzato dalla loro azienda è in grado di reggere pesi elevati. L'alta densità delle celle che compongono la struttura interna lo rendono perfetto per la realizzazione di arredi e strutture dove è richiesta massima solidità.

### **Produzione e ricerca**

La realizzazione dei loro prodotti implica stadi delicati che necessitano attenzione per i dettagli e per la qualità del prodotto finito. Gli orizzonti del cartone si sono allargati: **facilmente montabile, ecosostenibile, ignifugo (certificato Classe 1), stampabile e riciclabile. Il cartone può anche essere coniugato con altri materiali.**

4.

# CHI LO USA NEL MONDO E COME





## 4.1 René Snel, Wikkelhouse

René Snel ha progettato uno speciale stampo per una cassetta di pomodori in cartone. Egli asseriva che il design era tanto resistente da poterci costruire una casa. E così è stato: ha sviluppato il concetto di una casa in cartone, come abitazione per le emergenze umanitarie. Ma il progetto fallì per mancanza di interesse, fino all'incontro con l'architetto Oep Schilling di Fiction Factory, subito entusiasta all'idea. La prima casa, prodotta da Fiction Factory, è stata esposta al pubblico presso l'aeroporto di Amsterdam Schiphol nel 2012.

Wikkelhouse (casa avvolta, dal tedesco "wikkel") è una casa in cartone ondulato, **leggera, modulare, adattabile, flessibile e personalizzabile. A basso costo, sostenibile ed ecologica.** Completamente **riciclabile a fine vita.**

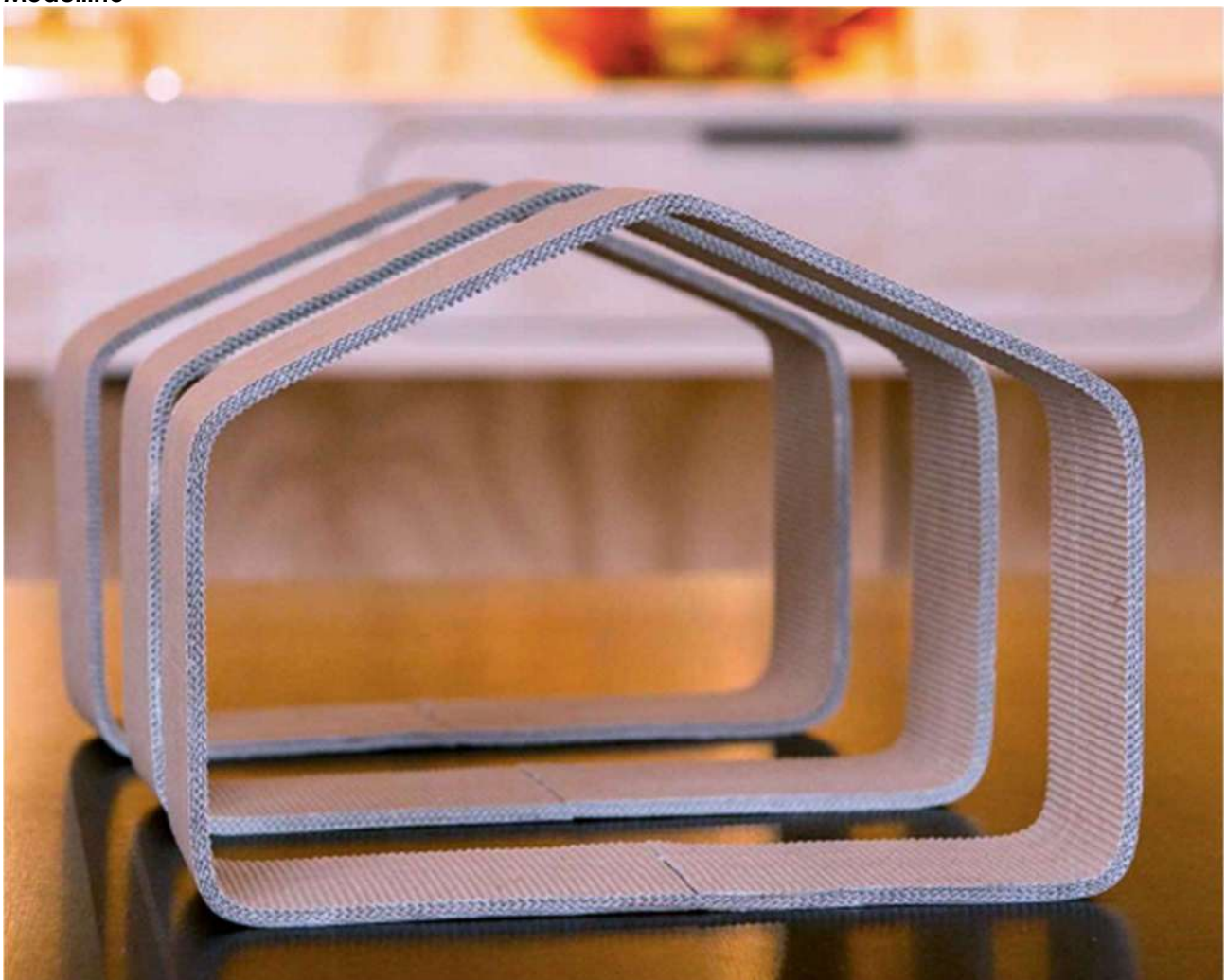
Il telaio in legno è utilizzato principalmente per mantenere il cartone in posizione durante il processo di produzione, come elemento di collegamento e come sistema di sicurezza in caso di danneggiamento del nucleo di cartone.

Quello stesso cartone la rende leggera, quindi facile da muovere, trasportare e assemblare in una grande varietà di luoghi, senza necessità di fondamenta.

### Perché una casa in cartone:

- Leggera;
- Economica;
- Ottimo isolante (l'aria contenuta all'interno delle celle è in regime stazionario, quindi un buon isolante termico e acustico)  $\lambda = 0,026$ .

### Modellino



## Fasi di costruzione



A special system is used to cover the cardboard with glue...



so that the layers stick together.



to make sure the segments aren't crushed during pressing.



After that a new layer of cardboard is put on, which also takes 45 minutes.



It takes one night for the glue to dry and the segment to shrink.



How are we going to attach it? -The raincoat is stapled to the segment.



## Fasi di montaggio





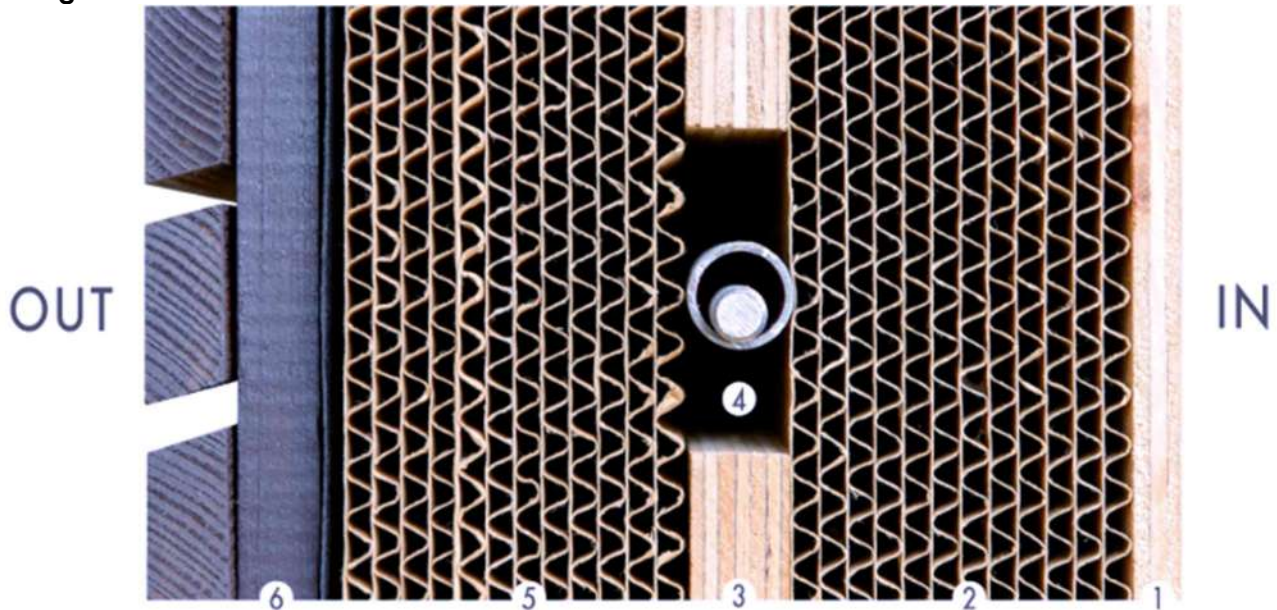
**Interni (living room)**



**Sezione**



## Stratigrafia muraria



Qui sopra un dettaglio costruttivo della stratigrafia muraria. Procedendo dall'interno verso l'esterno:

1. Compensato in legno 3 strati;
2. Cartone alveolare 12 strati (adesivo ecologico);
3. Multistrato 7 strati legno;
4. Intercapedine per il passaggio delle tubazioni;
5. Cartone alveolare 12 strati (adesivo ecologico);
6. Involucro esterno a doghe in legno.

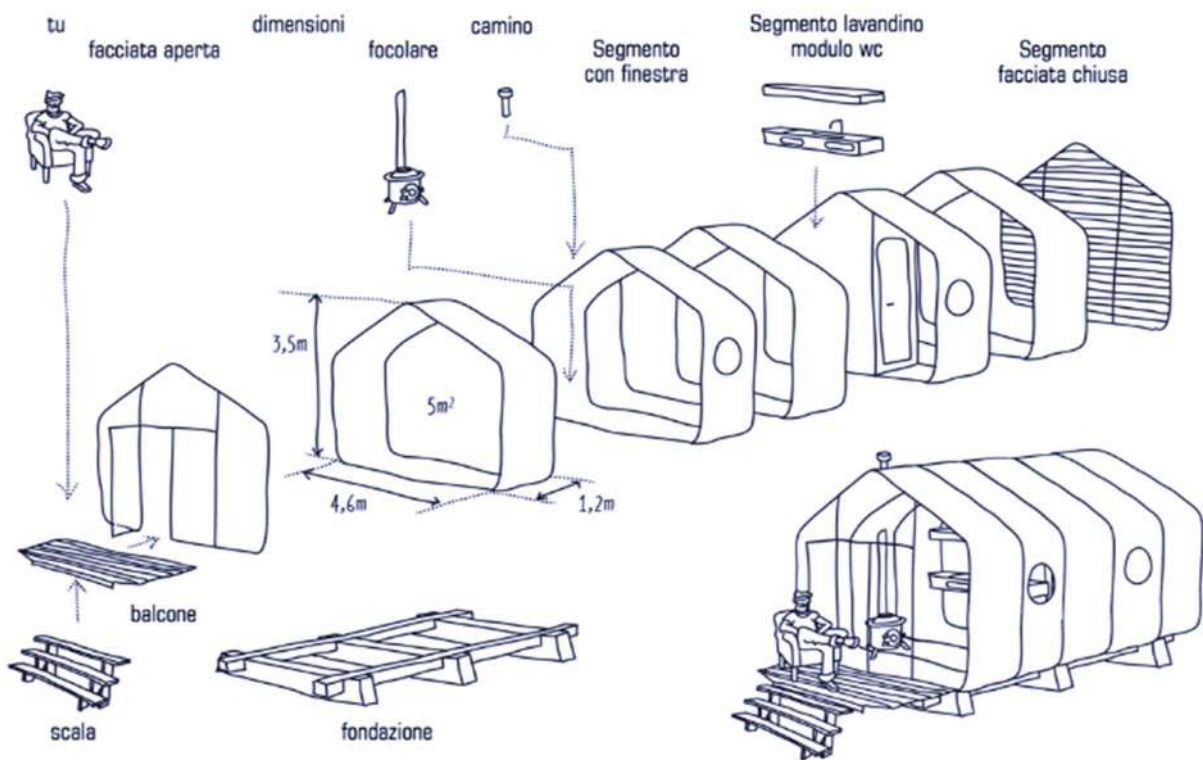
### Caratteristiche

- Ciclo di vita previsto: maggiore di 50 anni;
- 100% riciclabile;
- Isolamento termico ed acustico ottimali;
- 3 volte più ecologica di una casa tradizionale (rapporto: Sviluppo della Wikkelhous, rapporto di analisi, Casper van der Meer, 2012);
- Eccellente resistenza costruttiva;
- Nessuna fondazione necessaria: il vento non rappresenta alcun pericolo (Rapporto: analisi statica agenzia di ingegneria di Wikkelhous Tentech, 2014).

### Il progetto in numeri:

- Rapido da installare (**1 giorno di lavoro**);
- Leggero (**500 kg**);
- Superficie 1 modulo (**5 m<sup>2</sup>**);
- Profondità modulo (**1,2 metri**);
- **24** strati di cartone ondulato.





La flessibilità, oltre che di spazi e dimensioni, va intesa anche come funzione. Wikkelhouse può essere usata come abitazione, luogo di lavoro, spazio ricreativo, stand temporaneo, bar.

### Localizzazioni



Wikkelboat Rotterdam



Sopraelevazione e Hoxton, Londra





## 4.2 Shigeru Ban

### Ideologia

«Mi sono interessato a queste aree perché sono contrario alla mia professione di architetto pensata solo per le persone privilegiate, chi ha soldi e potere. Non mi dispiace costruire "monumenti" per le persone più agiate, ma vorrei usare la mia conoscenza anche per aiutare le persone meno privilegiate e per coloro che hanno perso la loro casa durante le catastrofi. **Ho realizzato che i terremoti non uccidono le persone, ma loro muoiono perché crollano gli edifici**, e questa è una nostra responsabilità in quanto architetti. In ogni caso dopo i terremoti è compito nostro ricostruire le città, e c'è molto lavoro per noi, però le persone che non hanno disponibilità economica per ricostruire subito la propria casa, vivono in condizioni di povertà ed hanno bisogno di case/soluzioni temporanee, nel frattempo che vengono ricostruite le varie abitazioni. E questo è il perché mi sono interessato a questo argomento» afferma Shigeru Ban durante il suo talk "Una conversazione con Shigeru Ban, balancing architectural works and social contributions" al Salone del Mobile di quest'anno.

### Definizione di costruzioni permanenti

«Un edificio fatto in cemento armato ha una sua durata e quindi è temporaneo, mentre una costruzione fatta in cartone può essere montata e smontata quante volte si vuole, quindi è permanente».

Di seguito sarà riportata una rassegna dei progetti dell'architetto nei quali usa il cartone come materiale da costruzione e le sue diverse applicazioni.

### Ginza Sicilia at Shibaura Institute of Technology, Japan, 2022



Il ristorante è stato progettato dal famoso architetto giapponese, che ha deciso di costruire l'interno utilizzando tubi di carta riciclata. La prima cosa che si nota quando si entra è il soffitto ondulato realizzato con lunghi tubi accanto a cornici esagonali dal design complesso. E se si guarda da vicino, si vedrà che anche le sedie e le pareti divisorie sono costruite con questi tubi. I tavoli e i banconi, invece, sono realizzati in **Richlite, un materiale sostenibile ricavato dalla carta** (paragrafo 5.1).

**Farmer's Restaurant, Japan, 2021**



Il ristorante è costruito nel mezzo di un grande campo naturale. Il tetto di paglia utilizzato nelle tradizionali fattorie giapponesi e il grande assemblaggio del tetto costituito da una struttura ibrida di tubi di carta e legno creano un'ampia area con soffitti alti, utilizzata anche come music hall.

**Farmer's hut, Japan, 2020**



L'architetto ha ricevuto la richiesta di un cliente di voler creare capanne individuali dove poter pernottare mentre sperimentano i lavori agricoli intorno al ristorante dell'agriturismo. Una semplice fondazione riempita con sacchi di sabbia è stata realizzata in una struttura a forma di U, e un telaio reticolare tridimensionale di 3,57 m<sup>2</sup> con un giunto in legno e un tubo di carta con una lunghezza di 3,1 m, un diametro di 140 mm e uno spessore di 10 mm è stato utilizzato in una cornice triangolare. Un prototipo è stato assemblato dal laboratorio della Keio University e dagli studenti del Toki Koichi Laboratory dell'Università della Prefettura di Shiga.



### Keio University SFC SBC Paper Studio, Japan, 2019



Questo è uno studio fatto di tubi di carta, costruito dagli studenti come parte del progetto SBC (Student Built Campus) della Keio University. Dal 1995, quando la "Paper House" è stata la prima ad ottenere l'autorizzazione ministeriale ex art. 38 per l'utilizzo dei tubi di carta come struttura permanente, l'architetto ha realizzato strutture in tubo di carta in tutto il mondo. Tuttavia, con la revisione della legge sugli standard edilizi nel 2000, la certificazione dell'articolo 38 è stata eliminata e i tubi di carta non sono più stati riconosciuti come strutture in Giappone. Pertanto, questa volta, si è deciso di ottenere l'approvazione ministeriale mediante semplici calcoli strutturali equivalenti all'analisi della risposta cronologica.

### Paper Green House Les Tonnelles, Japan, 2019



Questa serra è composta da archi realizzati con tubi di carta collegati da giunti metallici. All'esterno è stato installato un telaio per serra già pronto con un doppio strato di pellicola al fluoro con uno strato d'aria in mezzo per sopprimere le variazioni di temperatura dell'interno. In estate, le foglie dell'uva coltivate all'interno copriranno il soffitto, bloccando la luce del sole.

Japan Pavilion, EXPO 2000 Hannover, Germany, 2000

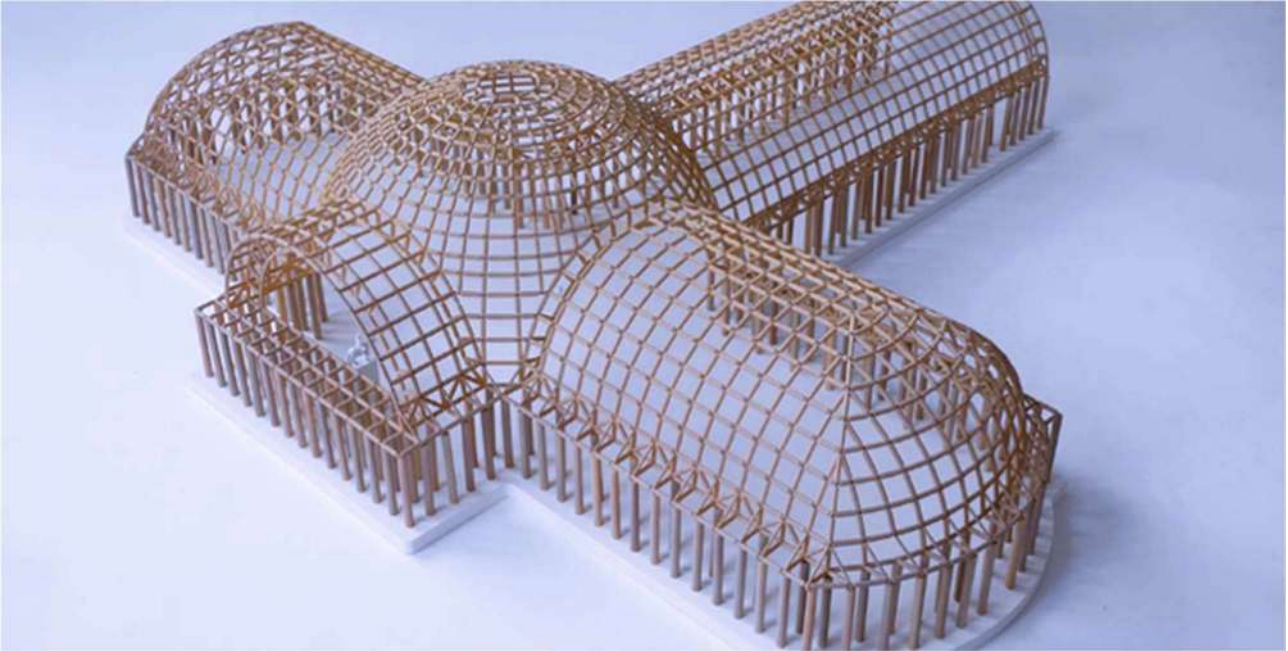


Nonostante i problemi di costruzione, la brusca sostituzione dell'ingegnere, i ritardi di costruzione di mesi e la necessaria aggiunta di **una membrana in PVC sopra la membrana di carta per problemi di sicurezza antincendio**, **i padiglioni hanno rappresentato un grande balzo in avanti nel campo dell'architettura di carta**. Il tema principale dell'Expo di Hannover è stato l'ambiente e il concetto alla base del Padiglione del Giappone è stato quello di creare una **struttura che producesse il minor numero possibile di rifiuti industriali una volta smantellata**. L'obiettivo era riciclare o riutilizzare quasi tutti i materiali che sono entrati nell'edificio. La prima idea strutturale era per un arco a tunnel di tubi di carta, simile al Paper Dome. Tuttavia, il Paper Dome era limitato dall'alto costo dei giunti in legno. L'architetto ha proposto al suo collaboratore Frei Otto un guscio a griglia realizzato **con lunghi tubi di carta e senza giunture**. L'arco del tunnel sarebbe lungo circa **73,8 m**, largo **25 m** e alto **15,9 m**. Il **fattore più critico era la deformazione laterale lungo il lato lungo; quindi, invece di un semplice arco, ha scelto un guscio a griglia di linee curve tridimensionali con rientranze nelle direzioni dell'altezza e della larghezza, che sono più forti quando si tratta di deformazione laterale**.

Un altro obiettivo era quello di costruire il padiglione utilizzando metodi il più possibile a bassa tecnologia; quindi, hanno optato per semplici giunti di tessuto o nastro metallico. **Quando l'intersezione tra due tubi di carta veniva spinta verso l'alto per formare la griglia tridimensionale, si apriva un angolo e veniva applicata una quantità adeguata di tensione. Inoltre, poiché gli stessi tubi di carta ruoterebbero per disegnare una leggera curva a S, il giunto consentirebbe il movimento tridimensionale. Il nastro era una soluzione appropriata. Otto ha anche proposto un telaio fisso in legno di archi a scala e travi intersecanti che darebbe forza al guscio della griglia di tubi di carta e consentirebbe di fissare una membrana del tetto, e che potrebbe essere utilizzato anche durante la costruzione e per la manutenzione. Il Buro Happold, che ha supervisionato la costruzione, ha proposto giunti metallici in cui i cavi di rinforzo sarebbero stati inseriti in diagonale per tendere la griglia di tubi di carta consentendo al contempo ai tubi di carta di muoversi in tre dimensioni.** Tuttavia, il PVC utilizzato nelle membrane convenzionali non può essere riciclato ed emette diossine quando viene bruciato. Successivamente, hanno scoperto per caso una borsa impermeabile utilizzata da un servizio di consegna. Le due pareti terminali semicircolari necessitavano di resistenza planare come diaframmi. Per questo hanno usato archi di legno che bloccavano le estremità del guscio della griglia di tubi di carta, e quindi hanno ottenuto la resistenza planare richiesta tirando i cavi a 60 gradi dalla fondazione, come in una racchetta da tennis. Su questa superficie hanno applicato una griglia di cavi di carta a forma di triangoli equilateri, a cui sono state fissate le feritoie per la ventilazione e la membrana. Invece di fare affidamento sul cemento, la fondazione è costituita da scatole costituite da un'intelaiatura in acciaio e tavole di base, che sono state riempite di sabbia per un facile riutilizzo dopo lo smantellamento.



### Grand Palais Ephémère, France, 2019



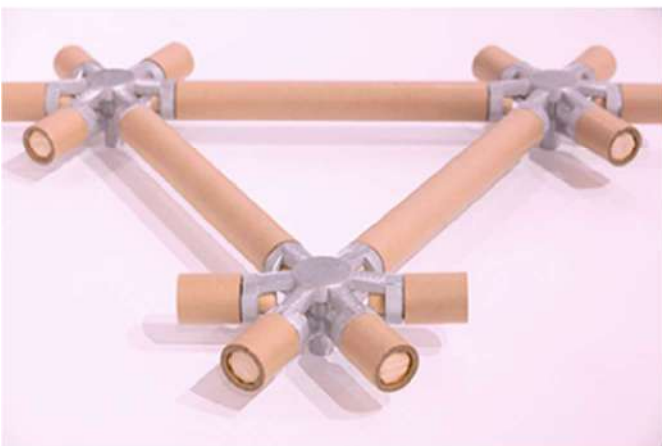
È stato organizzato un concorso a inviti per proporre una sala temporanea di fronte alla Tour Eiffel che sostituisca il Grand Palais, un grande sito storico costruito nel 1900, costituito da una sala espositiva e un complesso museale situato agli Champs-Élysées durante i suoi lavori di ristrutturazione. Si prevedeva inoltre che la struttura fosse utilizzata per i giochi olimpici/paralimpici nel 2024 prima che venisse smantellata e trasferita in un altro sito. La loro proposta è stata quella di replicare l'originale Grand Palais con una struttura in tubo di carta, che forma una volta di oltre 35 metri, e una cupola alta 37 metri. Particolare attenzione è stata prestata al design della facciata/tetto per soddisfare i requisiti acustici estremamente elevati. La struttura è stata progettata come un sistema completamente **modulare** che consente il riassetto in diverse configurazioni.

### Ecuador Paper Temporary House, Ecuador, 2016



Collegando il telaio strutturale in tubo di carta con strisce di bambù fissate diagonalmente, il bambù non funge solo da parete esterna ma anche da rinforzo per solidificare la struttura. Utilizzando materiali da costruzione locali, i costi di costruzione possono essere ridotti.

Works and Humanitarian Activities, Japan, 2013



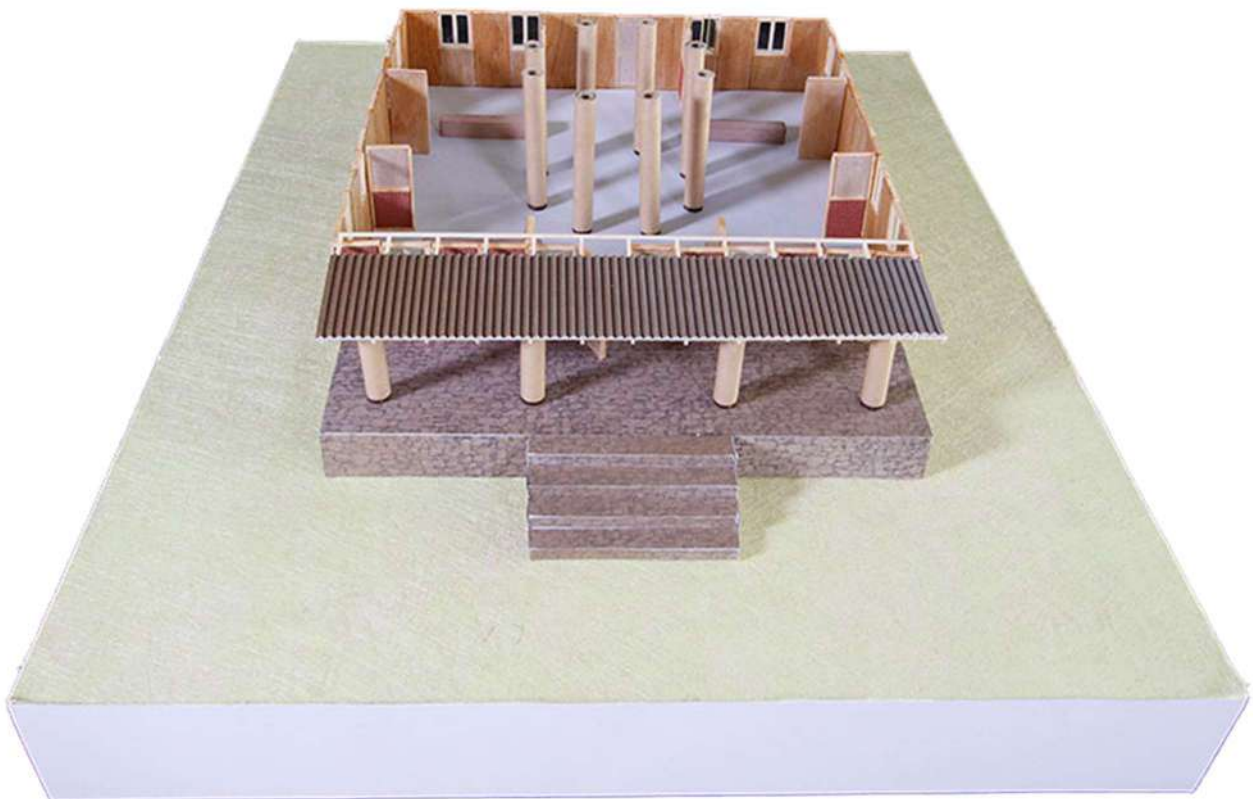


**Museum Rietberg Temporary Pavilion, Zurich, Switzerland, 2013**



Le colonne del Padiglione sono in cartone, supporti ultraleggeri in carbonio sorreggono il tetto della tenda e grandi finestre in policarbonato apribili. Il tetto e le colonne vengono montate senza macchinari per la stagione estiva e smontate dopo la stagione con le colonne di diverse dimensioni riposte l'una dentro l'altra.

**Progetto Gompa nepalese, Nepal, 2016**



Un tempio (gompa) sarà costruito nel villaggio di Shimigaon, in Nepal, come progetto di sostegno al terremoto in Nepal condotto dall'alpinista Ken Noguchi. Il muro esterno sarà un telaio modulare in legno con blocchi di mattoni impilati nello stesso modo delle abitazioni per la ricostruzione del Nepal, e al centro sarà costruito un pilastro di tubo di carta per creare uno spazio di circa 5 m di altezza.

## Carta collection, 2015



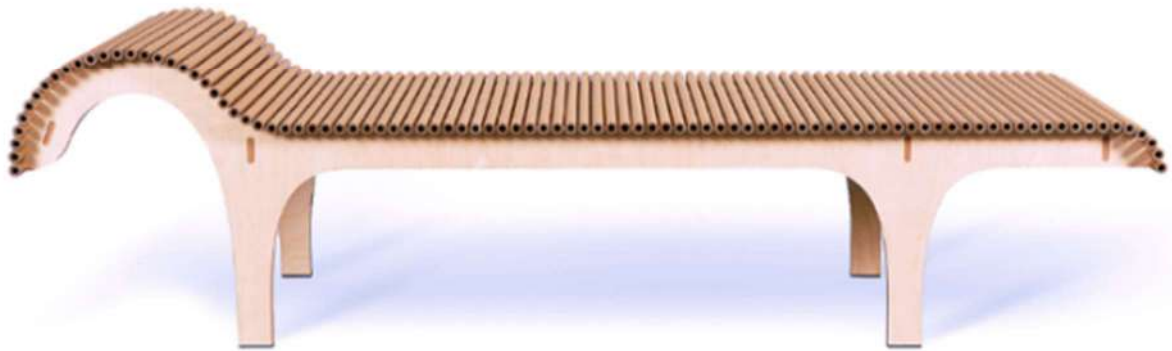
Lounge Chair



Lounge Table



Stool



Chaise Longue



Round Table(3Legs)



Round Table(4Legs)

La collezione Carta è realizzata con gambe in compensato e una superficie di seduta composta da piccoli tubi di carta. La collezione comprende classici del design (Serie Carta) e nuovi prodotti come poltrona lounge, tavolo lounge e panca. La serie viene venduta in forma Wb HP.



Football Pavilion, Japan, 2014



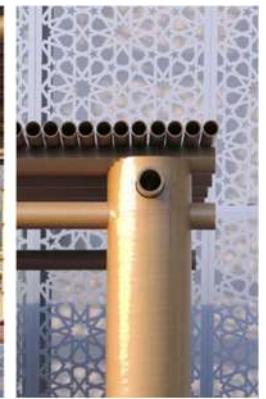
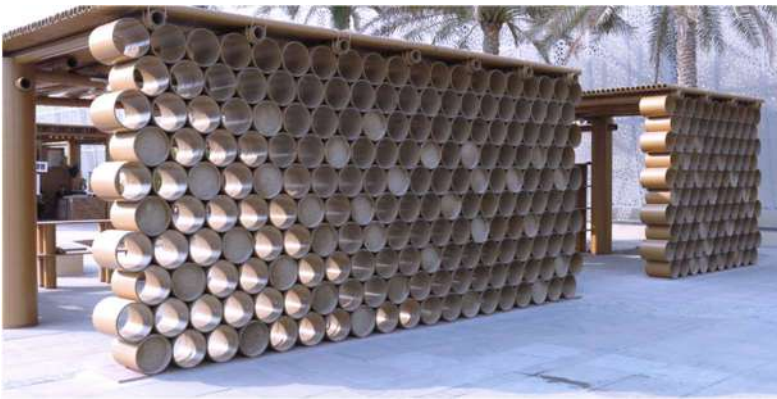
Scuola materna di carta, Città di Ya'an, Sichuan, Cina, 2014



Abbiamo progettato un asilo nido temporaneo fatto di tubi di carta per i bambini del posto da frequentare nel vicino complesso di alloggi temporanei. Due aule si fronteggiano lungo un corridoio in uno spazio di **6 m x 21 m**. L'interno ha uno spazio **senza pilastri con tetto a capriate in tubi di carta e angoli a L**. È stato costruito con la partecipazione della Southwest Jiaotong University, volontari provenienti da tutta la Cina e studenti dello studio di Shigeru Ban presso l'Università di Arte e Design di Kyoto, che hanno anche collaborato alla costruzione dell'edificio scolastico temporaneo in tubo di carta per la Hualin Elementary School di Chengdu, provincia del Sichuan nel 2008.



Abu Dhabi Art Pavilion, United Arab Emirates, 2013

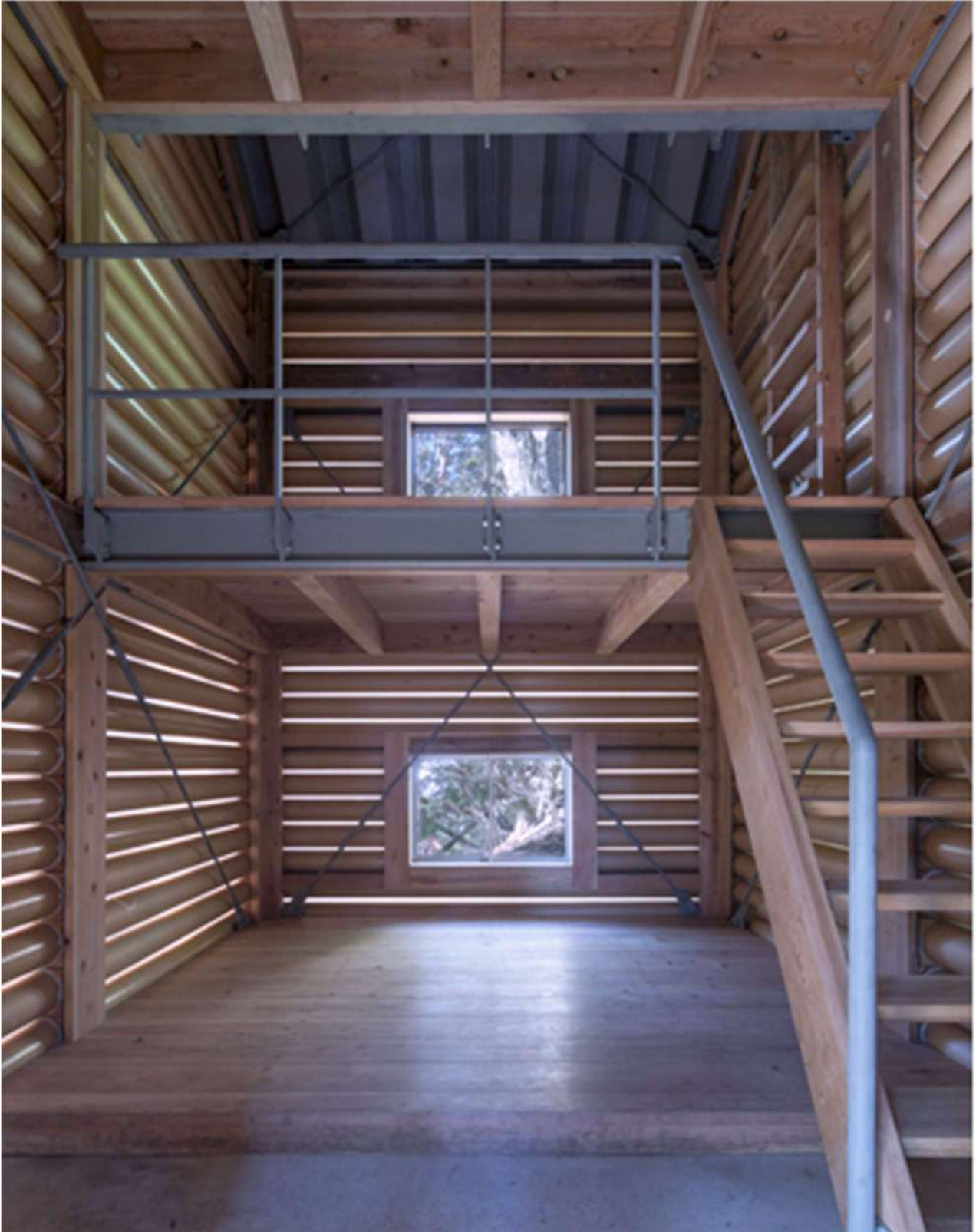


Camper Soho, New York, USA, 2012





Yakushima Takatsuka Lodge, Japan, 2013



Come molti degli edifici di Shigeru Ban, le pareti della capanna sono realizzate con rotoli di carta riciclata rinforzati con colla. I tubi si inseriscono negli spazi tra la struttura in legno, creando una facciata resistente agli agenti atmosferici che sarà facile da riparare.  
*«I tubi di carta possono essere facilmente sostituiti se danneggiati nel corso del tempo nell'ambiente ostile delle montagne».*



**Cardboard Cathedral, Christchurch, New Zealand, 2013**



*«Il terremoto sismico di Christchurch del febbraio 2011 (magnitudo 6.3) ha inflitto danni paralizzanti alla cattedrale di Christchurch, simbolo della città. In risposta a questa situazione, ci è stato chiesto di progettare una nuova cattedrale temporanea». Tubi di carta della stessa lunghezza e contenitori da 20 piedi formano una forma triangolare. Poiché la geometria è decisa dalla pianta e dai prospetti della cattedrale originale, c'è un cambiamento graduale in ogni angolo dei tubi di carta. Questa cattedrale, che ha una capacità di 700 persone, può essere utilizzata come spazio per eventi e spazio per concerti.*

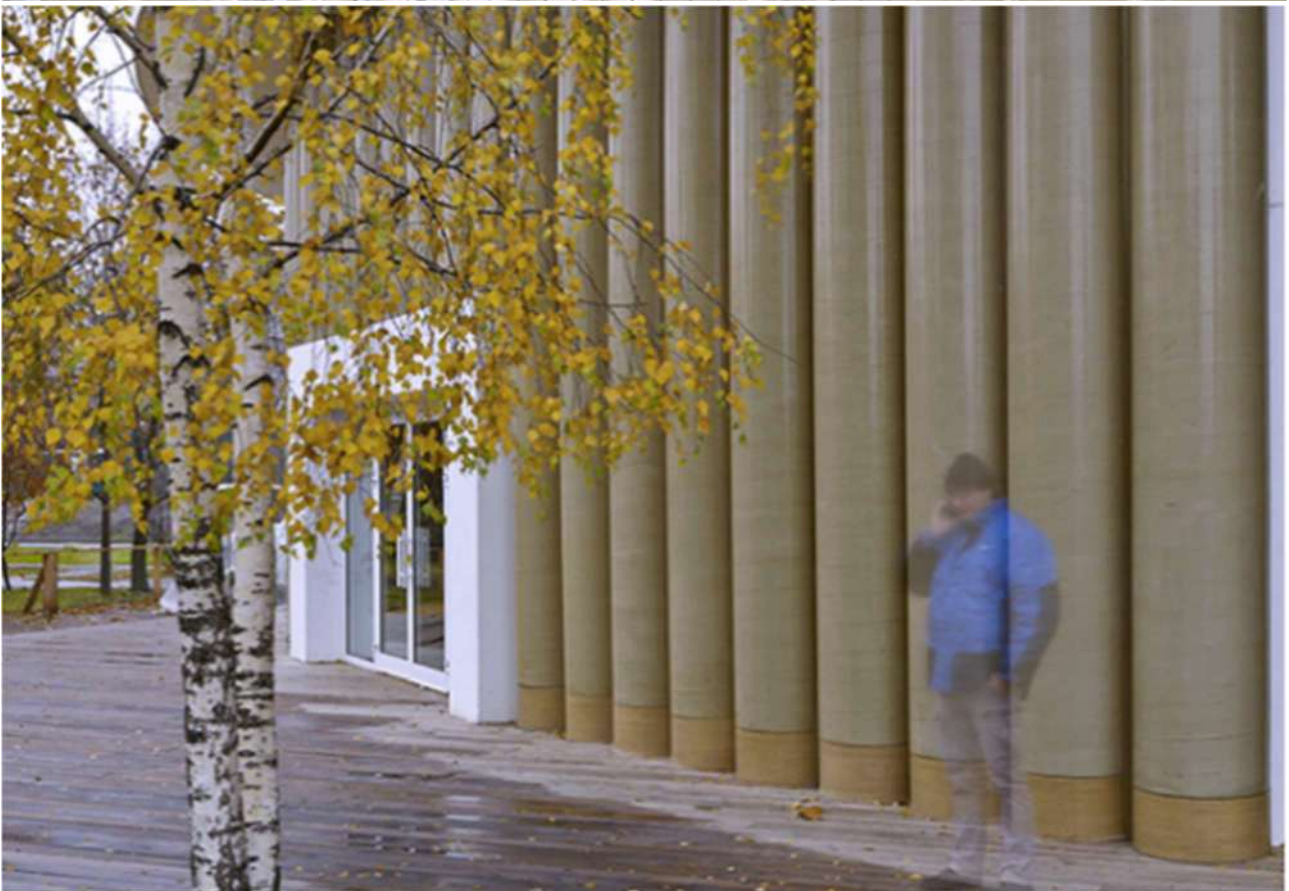


Madrid Paper Pavilion, Madrid, Spain, 2013



Il padiglione è composto da un muro di cemento esistente a forma di L, 6 colonne di tubi di carta e un **tetto a traliccio** di tubi di carta posto in cima. I tubi di carta sono realizzati in carta riciclata e prodotti localmente a Pina de Ebro in Saragozza, Spagna.

**Garage Center for Contemporary Culture Temporary Pavilion, Moscow, Russia, 2012**



Si tratta di un progetto di padiglione temporaneo per la galleria d'arte "Garage Center" a Gorky Park, Mosca. Come per altre strutture temporanee, questo padiglione richiede una costruzione rapida e a basso costo. I tubi di carta prodotti localmente creano la parete ovale alta 6 metri con una superficie totale di 2.400 m<sup>2</sup>.



**Camper traveling pavilion, Spain – USA – China – France, 2011**



Il padiglione è stato realizzato in tubi di carta, dalla struttura all'esposizione a parete e alle sedute. Un colonnato di 48 tubi di carta è stato progettato per annidarsi al loro interno per comodità durante il trasporto. Il tetto è stato realizzato in tessuto e il pavimento in compensato. Il padiglione è stato eretto in 4 giorni e smantellato in 3 giorni.

### Hermes Pavilion, Japan – Italy, 2011



Il concetto del padiglione era quello di creare una struttura espositiva nomade facile da montare e smontare: tutta la struttura è composta da quattro diversi diametri di tubi di carta e collegati con pannelli standard in legno per creare gli elementi orizzontali. Questa struttura che utilizza elementi prefabbricati standard consente anche di creare molte forme diverse in base alle future condizioni del sito. Per ridurre i volumi per la spedizione è possibile annidare i 4 diversi diametri di tubi di carta.

### Davines Booth, Bologna, Italia, 2011



Progetto sviluppato per l'azienda cosmetica internazionale Davines nel 2007 e nel 2011. Il concept era quello di materializzare l'idea di "bellezza sostenibile" utilizzando materiali riciclati come la carta.



Musee Du Luxembourg, Paris, France, 2011



Questi spazi sono totalmente flessibili e possono ospitare eventi privati al di fuori degli orari di apertura del museo.

Paper tea house, London, 2008



La casa da tè di carta è realizzata con **tubi di carta quadrati**. Le pareti sono collegate da un tondino d'acciaio e il tetto è di carta forata. Anche il pavimento e i mobili sono realizzati con lo stesso profilo di tubo di carta quadrato tranne il tavolo in cartone a nido d'ape. Il processo di prefabbricazione degli elementi consente un montaggio e smontaggio molto semplice.

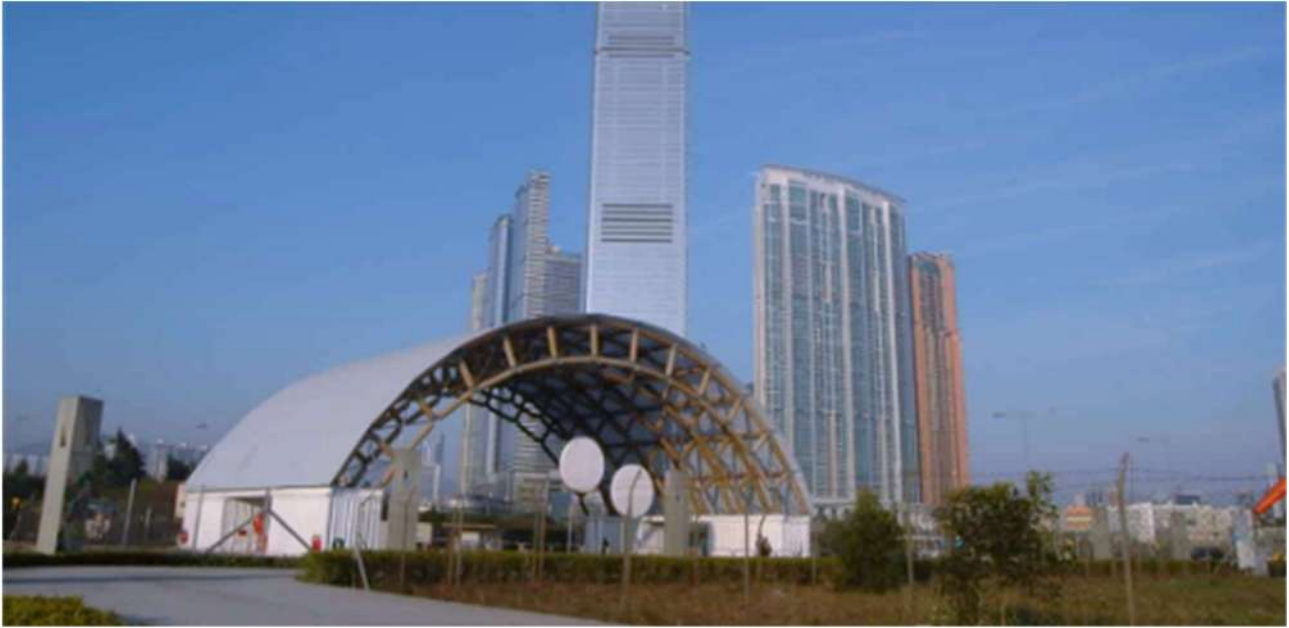
Paper Concert Hall, L'Aquila, Italia, 2011



Il 7 maggio 2011 è stato completato un music hall temporaneo a L'Aquila, nel centro Italia. La cerimonia di apertura è stata condotta dall'Orchestra del Conservatorio de L'Aquila diretta da Tomomi Nishimoto. A seguito del terremoto de L'Aquila che ha colpito il centro Italia il 6 aprile 2009, nel luglio dello stesso anno si è tenuto qui il Vertice del G8. Pertanto, il governo giapponese ha annunciato la costruzione di una sala concerti temporanea su proposta di Saka per sostenere la ricostruzione de L'Aquila, conosciuta come la città della musica. Con la costruzione di una sala da concerto di carta, facile da montare e di ottima durata, si intende dare slancio alla ripresa delle attività musicali, che serviranno da sostegno emotivo alle vittime del disastro.



## Hong Kong Shenzhen Bi-city biennale Pavilion, China, 2009



Questo padiglione temporaneo è stato lo spazio principale per gli eventi della famosa biennale situata all'interno del grande parco all'aperto del distretto culturale di West Kowloon. La struttura a volta lunga **18 m** si estendeva per **30 m** come un arco reticolare in tubi di carta con giunti in acciaio. Tubi di carta da 336 mm di diametro sono stati utilizzati nell'arco principale e tubi di carta da 243 mm di diametro per i montanti, mentre barre d'acciaio sono state utilizzate per rinforzare il traliccio. Le fondamenta erano costituite da 4 container da spedizione di dimensioni standard lunghi 6 m riempiti di sabbia e il materiale di copertura del tetto era costituito da pannelli di policarbonato ondulato traslucido.

**Paper Atelier, Onagawa, Miyagi, 2011**



Il telaio strutturale inclinato è composto da tubi di carta di diametro 336 mm con giunzioni in legno, 10 telai distanziati di 1,2 m l'uno dall'altro. Tra ciascuno di questi telai sono previsti scaffali, che possono essere utilizzati sia per la conservazione che per l'esposizione. Il tabellone dei ripiani impedisce la deformazione del telaio. Lastre di polycarbonato ondulato costituiscono l'esterno dell'atelier, con un'alta finestra laterale lungo la parete nord per consentire l'ingresso di luce morbida e naturale.

**Shanghai EXPO 2010 Japan Industry Pavilion, Shanghai, China, 2010**



Il soffitto, le pareti e le sedie dell'auditorium sono costituiti da tubi di carta di diametro variabile e i tubi di carta ondulati forniscono l'assorbimento e la riflessione del suono necessari per il teatro.



**Quinta Botanica, Algarve, Portugal, 2009**



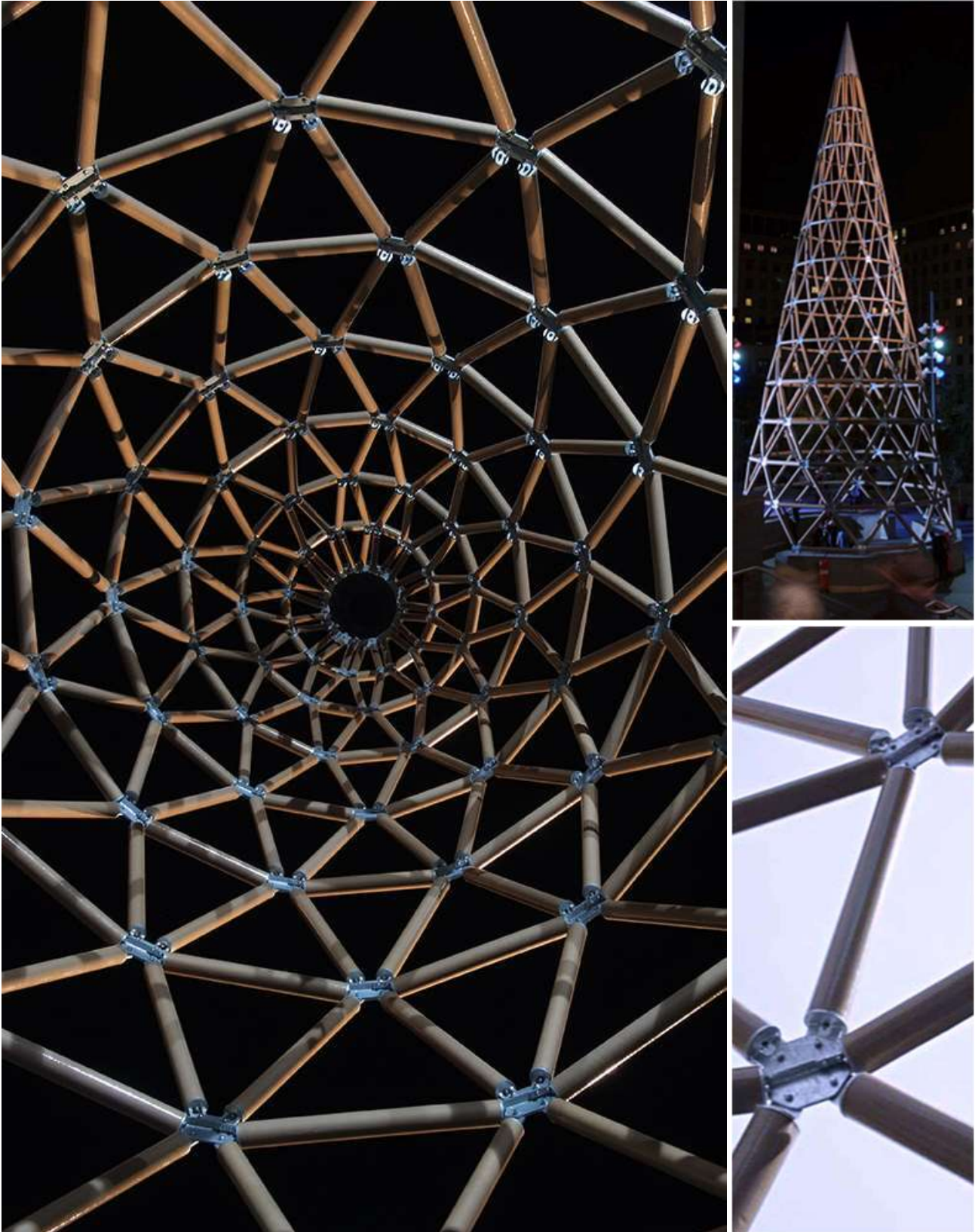
Quinta Botanica si affaccia sull'oceano da una scogliera in Algarve, la regione più meridionale del Portogallo. La struttura funge da installazione artistica e residenza temporanea per artisti e botanici in visita nei locali. Quinta Botanica è strutturalmente identica alla Paper House (1995), la prima struttura cartacea permanente a cui è stata concessa l'approvazione ai sensi dell'articolo 38 del Japanese Building Standards Act. Giunti in legno e tubi di carta fissati con tirafondi costituiscono la fondazione, creando un sistema in grado di sopportare carichi verticali e forze laterali. Per evitare di abbattere alberi già esistenti, il suo piano è stato progettato per intrecciarsi a forma di S.

**Nemunoki children's art museum, Shizuoka, Japan, 1999**



Al museo, che è fatto di carta, familiare ai bambini, è stato progettato un tetto che permette alla luce naturale di entrare da tutti i lati. Il tetto a traliccio triangolare, che si basa su triangoli realizzati in materiale a nido d'ape di carta, è composto da tre tipi di connettori semplici: dopo la copertura con lastre piegate in FRP per l'impermeabilizzazione, viene applicato un materiale a membrana in PVC al tetto a traliccio per consentire la luce naturale.

Paper Tower, London, 2009



Gli obiettivi di questo progetto erano sfidare la percezione dei materiali quotidiani utilizzati, creando drammatiche installazioni temporanee all'esterno della Sala del Festival. La torre è realizzata con tubi di cartone e articolata da giunti metallici. La struttura è alta **22 m** ed è diventata la **torre di carta più alta del mondo**. Può essere trasformata in una struttura permanente utilizzata come osservatorio, serra e casa.



Paper bridge, Remoulin, Francia, 2007



Pont du Gard a tema come evento per la stagione turistica estiva Al Pont du Gard, un acquedotto romano vicino a Nimes, nel sud della Francia, patrimonio mondiale dell'UNESCO: «Ho ricevuto una richiesta per realizzare "qualcosa" di temporaneo. Quando mi è stato chiesto "qualcosa", ho subito risposto che volevo realizzare un **"ponte di carta"**. Certo, il cliente sapeva della mia architettura di carta, ma è sembrato un po' sorpreso dalla mia proposta di costruire un ponte di carta da attraversare, ho deciso di farlo se potevo. Progettare un ponte era un sogno per me. Ho sempre pensato che un ponte abbia un aspetto molto romantico nel collegare due luoghi e che non ci sia niente di più bello strutturalmente di un grande ponte». La forma del ponte del tamburo è stata inizialmente selezionata in base alle condizioni del sito e alla razionalità strutturale. La pietra del Pont du Gard, che è un materiale molto pesante, duro e permanente, e la carta, che è leggera, debole e apparentemente di breve durata, mostrano **un contrasto materico**. «Ho usato archi delle stesse dimensioni di quelli di du Gard archi in pietra per creare armonia. Per il tubo di carta abbiamo utilizzato lo stesso tubo di carta da 115 mm di diametro e 19 mm di spessore che è già stato testato e certificato presso il Padiglione del Giappone all'Expo di Hannover, la Boathouse del Burgundy Canal Museum e il Temporary Paper Studio di Parigi. Per i giunti, ho utilizzato i giunti in acciaio post-teso che sono stati utilizzati in "Paperdome Amsterdam", "Basarelle Pavilion" e "Singapore Biennale Pavilion". Il design e la realizzazione del modello sono stati eseguiti congiuntamente dal mio ufficio di Parigi e dal laboratorio SFC della Keio University. La costruzione è stata completata in circa un mese dal professor Thierry Barthomiere e dai suoi studenti dell'Ecole d'Architecture Montpellier, che si trova vicino al sito, e dagli studenti della SFC». In termini di progettazione strutturale, il numero di persone che attraversano alla volta è stato limitato a 20 persone, tenendo pienamente conto del fattore di sicurezza. **Sono stati condotti esperimenti di carico fino a tonnellate. Il risultato è stato molto più forte del previsto**, con una deflessione superiore di 9 mm e una deflessione di 2 mm quando è stata rimossa la camera d'aria da 1,5 tonnellate.



### Cupola di carta Taiwan, Puli, 2008



La Chiesa di carta, che è stata costruita per una chiesa distrutta dal grande terremoto di Hanshin-Awaji, è stata utilizzata come sala della comunità dove si riunivano persone multinazionali. È stata trasferita a Puli ed è ora utilizzata come **chiesa permanente e centro comunitario**. La struttura decostruita fu spedita nel 2006 da Kobe a Taiwan, ricostruita lì ed è da vent'anni un'attrazione turistica.

### Paper Church, Kobe, Japan, 1995-2005 (disassembled)



Questo centro comunitario è stato costruito da volontari della chiesa la cui casa di culto è stata distrutta dal terremoto di Kobe nel 1995. I materiali sono stati donati da numerose aziende e la costruzione è stata completata in sole cinque settimane dai 160 volontari. Il piano (**10 x 15 m**) è racchiuso all'interno di una pelle di lamiera ondulata in policarbonato. All'interno di questo, 58 tubi di carta (325 mm di diametro, 14,8 mm di spessore e 5 m di altezza) sono stati collocati secondo uno schema ellittico. L'eclissi si basa su quelli dei progetti della chiesa del Bernini e lo spazio tra l'eclissi e il bordo esterno del sito di forma rettangolare formava un corridoio e forniva supporto laterale. All'ingresso dell'eclissi, la spaziatura dei tubi di carta è stata ampliata e la facciata completamente vetrata per formare uno spazio continuo e unificato tra interno ed esterno. Questa chiesa è stata smontata nel giugno 2005 e tutti i materiali sono stati inviati a una città in Taiwan.

### Hualin temporary elementary school, Chengdu, China, 2008



Questo progetto di collaborazione tra università giapponesi e cinesi ha comportato la progettazione e la costruzione di aule temporanee con struttura in tubo di carta presso la scuola elementare colpita dal terremoto del Sichuan nel maggio 2008. Sono stati quindi progettati edifici temporanei per le aule da costruire utilizzando tubi di carta. Questi sono stati i primi edifici in Cina ad avere una struttura in tubo di carta.

### Nomadic museum Tokyo, Tokyo, Japan, 2007



Il Nomadic Museum, una sala espositiva mobile dedicata all'esposizione delle fotografie e dei video del fotografo Gregory Colbert.

#### Diversi tipi di componenti:

- Colonne di tubo di carta **lunghe 10 m** con un **diametro di 74 cm** riutilizzate in regioni come l'Europa dove possono essere trasportate su camion;
- Capriate in tubo di carta per il tetto;
- Container da 6 m;
- Parti riutilizzate (telaio in alluminio e materiale della membrana che riempie lo spazio tra il tetto e il container);
- Pannelli del pavimento in legno.



### Zanotta furniture show, Tokyo, Japan, 1989



Un sistema espositivo che può essere facilmente costruito utilizzando schermi a nido d'ape in carta riciclata su pareti di tubi di carta e telai in tubi di carta quadrati, che saranno tutti riciclati dopo la mostra.

### Takatori Catholic Church, Kobe, Japan, 2007



La nuova Takatori Church sostituisce la provvisoria "Paper Church", che è stata inviata in una nuova sede a Taiwan. Interno ed esterno possono essere collegati aprendo le persiane scorrevoli che separano il cortile dai bassi edifici circostanti. Un tronco di cono, emergente da un d'angolo e si eleva al di sopra dei bassi edifici.

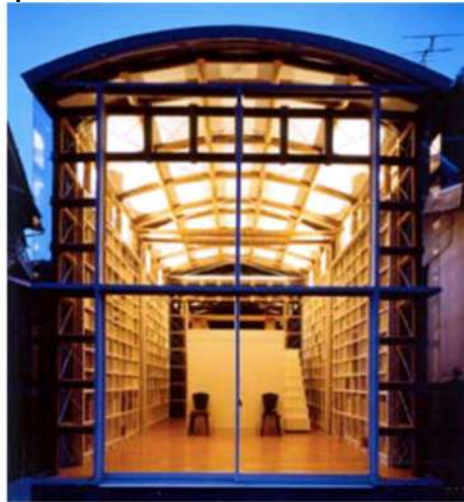
**Una "chiesa di carta" temporanea, frequentata da tutti da più di dieci anni**, è rinata come struttura ecclesiastica complessa. L'impianto planimetrico complessivo racchiude al centro un ampio cortile per eventi polivalenti, e pone una cappella a pianta circolare come caposaldo di collegamento tra l'edificio amministrativo e l'annesso edificio sacerdotale. «Per mantenere in qualche modo l'atmosfera della chiesa originale, abbiamo inclinato la forma conica rovesciata senza cima in considerazione delle case basse vicine, assicurando il volume e l'altezza dello spazio come una cattedrale 175». All'interno della struttura conica rovesciata in acciaio, viene tesa una membrana a forma di tamburo e la luce naturale viene assorbita completamente come la chiesa originale. Per le pareti interne sono stati usati dei tubi di carta di 30 cm di diametro che erano disposti in forma ovale come struttura principale della chiesa originaria, sono stati utilizzati tubi di carta di 5 cm di diametro come materiale fonoassorbente per la finitura.

### Papertainer museum, Seoul, Korea, 2006



Il Semi Circular Pavilion, chiamato Paper Gallery, è composto da due pareti circolari realizzate con tubi di carta. Ogni palo è di 75 cm di diametro, che sostengono una capriata del tetto fatta anche di tubi di carta, 30 cm di diametro.

### Library of a Poet, Zushi, Kanagawa, Japan, 1991



Questa biblioteca è stata costruita come annesso ad una casa che Shigeru Ban aveva precedentemente ampliato e migliorato. Il progetto è stato influenzato dal Padiglione Odawara, che il proprietario aveva visto. Sentiva che **una biblioteca cartacea sarebbe stata la più adatta per ospitare libri di carta**. Qui è stata utilizzata una variante del traliccio tubolare di carta utilizzato nella Porta Est di Odawara. I tubi utilizzati nella biblioteca avevano un diametro di 100 mm e uno spessore di 12 mm, leggermente più piccoli di quelli utilizzati a Odawara, ma allo stesso modo sono stati utilizzati fili di acciaio post-teso per le sezioni di copertura. Laddove sono stati utilizzati angoli in acciaio per formare i giunti a Odawara, per la biblioteca sono stati impiegati pezzi di legno da 38 mm quadrati. Le quattro librerie dal pavimento al soffitto lungo i lati della stanza sono strutturalmente indipendenti dai tubi di carta e sono a sbalzo dal pavimento, assorbendo il carico orizzontale. Le librerie, che contengono materiale isolante e hanno una finitura esterna, sono state fabbricate separatamente in fabbrica.



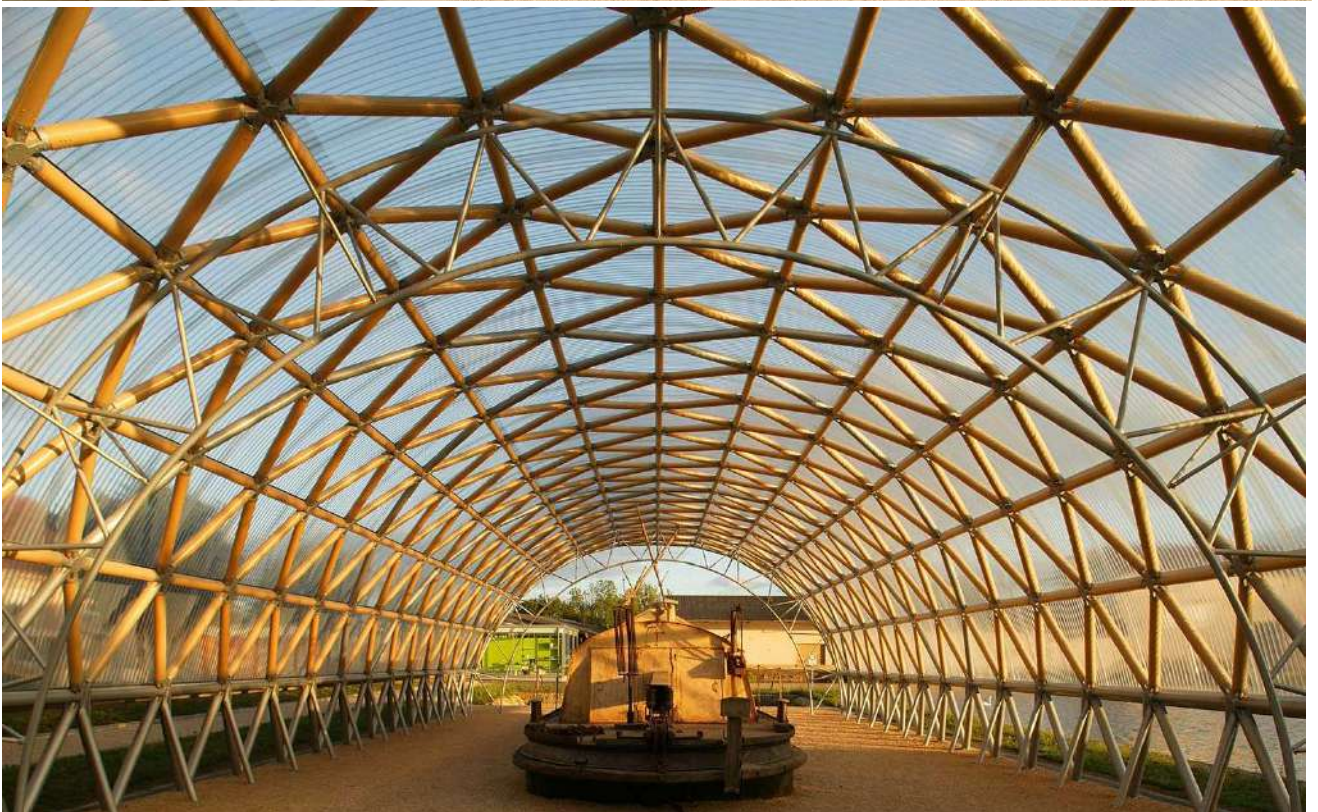
Vasarely Pavilion, Aix-en-Provence, France, 2006



**8 m di altezza e 16 m di diametro alla sommità**, questa forma a ombrello è stata creata da una struttura di tubo di carta autoportante. Da sotto il baldacchino coperto di membrana e tra gli alberi e la natura, si può godere della splendida vista del Mont Sainte-Victoire.



Centre d'interpretation du canal de Bourgogne, Pouilly-en-Auxois, France, 2005



Una struttura in tubo di carta e ospiterà una vecchia barca. Per la rimessa delle barche, è stato richiesto di progettare giunti facilmente sostituibili nel caso in cui il tubo di carta perdesse la sua portanza.



Shishi-iwa House No.2, Japan, 2022



Acorium, Japan, 2022



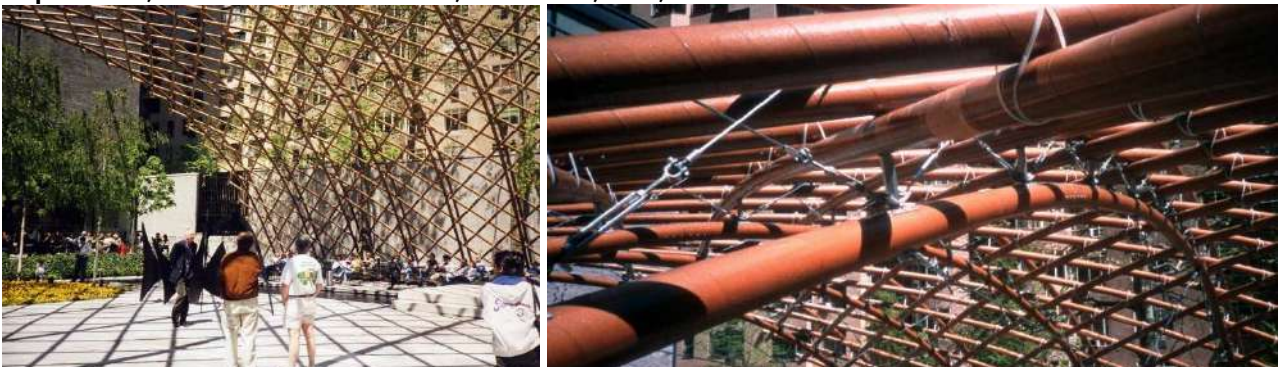


**Paper temporary studio, Parigi, Francia, 2004**



Dalla vincita del concorso per il nuovo Centre Pompidou di Metz è nato il permesso di costruire uno **studio temporaneo in cima alla terrazza sul tetto del sesto piano dell'esistente Centre Pompidou di Parigi**. Questa posizione speciale consente agli architetti di controllare adeguatamente la costruzione del nuovo edificio consentendo i visitatori del museo per dare un'occhiata al processo di progettazione. Per la progettazione strutturale: *«Abbiamo affidato il progetto di base a Mr. Masu Tezuka, da sempre responsabile dell'«architettura di carta» in Giappone, e il progetto esecutivo a RFR, uno studio fondato da Peter Rice, che ha progettato il Centre Pompidou. Per la costruzione, gli studenti che hanno costruito una simile «architettura di carta» per il mio laboratorio alla Keio University SFC e gli studenti di architettura locali a Parigi hanno organizzato un seminario estivo e l'hanno costruita interamente dagli studenti».*

**Paper Arch, Museum of Modern Art, New York, USA, 2000**



*«Ho presentato un arco di carta lungo **26,5 m** che copre il giardino. A causa dei limiti finanziari, l'arco di carta è stato realizzato a un terzo delle dimensioni originariamente previste».*  
Un'opera esposta in una mostra speciale che mira a creare una moderna architettura sperimentale. L'arco in tubo di carta appeso nel giardino delle sculture del MoMA ha risolto il problema del Padiglione del Giappone all'Expo di Hannover ed è diventato una pura architettura di carta. Ad Hannover sono stati introdotti archi in legno per sopprimere la deformazione del guscio della griglia del tubo di carta, ma qui vengono utilizzati archi in tubo di carta.

### Paper Dome, Amsterdam – Utrecht, Holland, 2003



Un teatro temporaneo per una compagnia teatrale ad Amsterdam. Dopo essere stato costruito ad Amsterdam, è stato trasferito a Utrecht. Si sono utilizzati tubi di carta perché volevamo utilizzare materiali economici e riutilizzabili, e i tubi di carta corti sono stati collegati con **giunti a forma di stella** che possono essere facilmente montati e smontati in modo da poterci trasferire a Utrecht dopo lo spettacolo ad Amsterdam.

### Paper dome, Osaka-cho, Gifu, Japan, 1998



Un appaltatore di costruzioni in legno richiedeva un riparo chiuso che consentisse il lavoro all'aperto anche in caso di maltempo, ma la struttura doveva essere abbastanza semplice da consentire a una troupe di assemblarsi spontaneamente. A causa delle condizioni del sito e delle condizioni di utilizzo, è stato creato un grande tetto ad arco di **27 m**, alto **8 m** al centro e che copre uno spazio largo **23 m**. Poiché i tubi di carta non potevano essere curvati, l'intero arco è stato suddiviso in moduli di 1,8 x 0,9 m. La stabilità laterale si ottiene attraverso l'uso di compensato strutturale invece di rinforzi metallici. Ogni pannello di compensato è trafitto da un cerchio reso il più ampio possibile senza comprometterne l'integrità strutturale, in modo da far entrare la luce naturale attraverso i pannelli ondulati in policarbonato che ricoprono la cupola. Per ridurre al minimo l'espansione e la contrazione dei tubi di carta causata dall'umidità nel tempo, i tubi sono **impermeabilizzati con uretano liquido trasparente**. Le estremità dei tubi di carta e le giunzioni sono complanari tra loro per trasferire i carichi e ridurre il momento flettente. Sono presenti tiranti e controventi in acciaio di rinforzo utilizzati come precauzione contro improvvisi cambiamenti di carico.



Singapore biennale Pavilion, Singapore, 2006



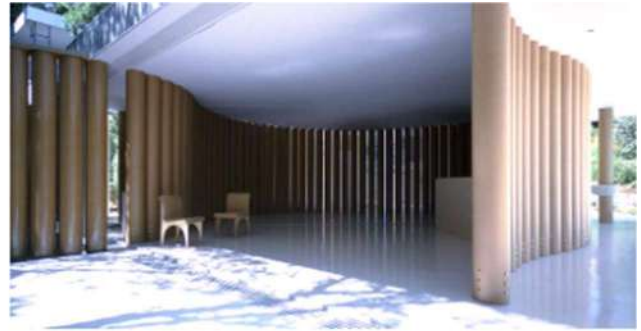
Come centro informazioni e centro stampa per la Biennale di Singapore 2006, questa è **la prima struttura a telaio spaziale costruita con tubi di carta**. Sono stati progettati tutti i dettagli del tubo di carta, della connessione in acciaio, della colonna e della fondazione con l'intenzione di ricollocare eventualmente la struttura dopo il suo uso attuale.

Paper Studio, Keio University, Fujisawa, Kanagawa, Japan, 2003





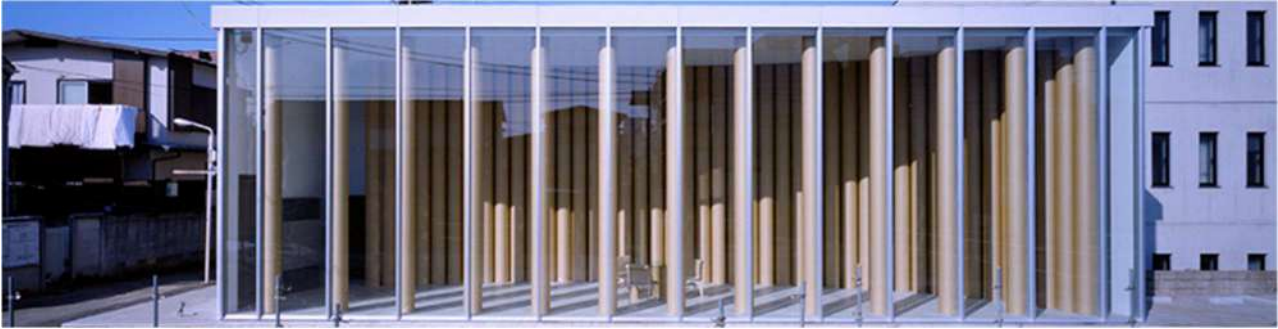
**Paper House, Yamanakako Village, Yamanashi Prefecture, Japan, 1995**



Una configurazione a forma di S composta da **110 tubi di carta (2,7 m di altezza, 275 mm di diametro e 148 mm di spessore)** definisce le aree interne ed esterne della casa di carta. Questo è stato il primo progetto in cui i tubi di carta sono stati autorizzati per l'uso come base strutturale in un edificio permanente ("Articolo 38 Le disposizioni del presente capo e le ordinanze basate su tali disposizioni non si applicano agli edifici in cui sono utilizzati metodi strutturali speciali o materiali da costruzione non previsti nel presente documento, a condizione che i relativi metodi strutturali o materiali da costruzione siano stati approvati dal Ministro del territorio, delle infrastrutture, Trasporti e Turismo come aventi efficacia equivalente o superiore agli articoli conformi alle presenti disposizioni"). Dieci tubi di carta sostengono il carico verticale e gli ottanta tubi interni sopportano le forze laterali. I giunti cruciformi in legno nelle basi delle colonne sono ancorati alla fondazione mediante viti ad alette e a sbalzo dal pavimento. Il grande cerchio formato dai tubi interni forma una grande area. Una colonna di tubi di carta autoportante con un diametro di 1,2 m nella galleria circostante contiene una toilette. I tubi di carta esterni che circondano il cortile si distinguono dalla struttura e fungono da schermo. La zona giorno nel grande cerchio è priva di arredi o dettagli se non un bancone cucina isolato, porte scorrevoli e armadi mobili. Quando le ante perimetrali vengono aperte, la copertura, sostenuta dal colonnato di tubi di carta, risulta visivamente enfatizzata e si crea una continuità spaziale tra lo spazio della galleria circostante e la terrazza esterna.

**La forza verticale è sostenuta da 10 tubi di carta e la forza orizzontale è sostenuta da 80 tubi di carta.** Quando si aprono le porte scorrevoli in vetro sulla periferia esterna, viene enfatizzato il tetto orizzontale sostenuto da colonnati di tubi di carta, e il corridoio e la terrazza sono collegati.

**Miyake Design Studio Gallery, Shibuya City, Tokyo, Japan, 1994**



Le leggi urbanistiche richiedevano un muro esterno resistente al fuoco per utilizzare tubi di carta come struttura primaria. I tubi di carta sopportano i carichi verticali. Così l'intersezione dei tubi di carta e del pavimento è stata progettata in modo molto semplice per evitare lo scivolamento. La pianta dell'edificio, un rettangolo di 16,5 x 5,2 m, si basa sull'agorà greca, uno spazio creato semplicemente da colonne e ombre. La fila esterna di tubi di carta proietta ombre a strisce sul pavimento, che cambiano durante il giorno e forniscono un senso di animazione. Il soffitto proietta un'ombra curva sul tubo di carta e le sedie sono state create appositamente per questo spazio.



### Odawara Hall and East Gate, Odawara, Kanagawa, Japan, 1990



Una sala polifunzionale progettata per il 50° anniversario della città di Odawara. In risposta alla richiesta del sindaco di un edificio in legno, SBA ha proposto un edificio utilizzando tubi di carta come "legno evoluto". Poiché non è stato possibile ottenere la certificazione entro il periodo di progettazione, è stato posizionato un tetto a telaio spaziale su colonne in acciaio e sono stati utilizzati tubi di carta come materiali interni ed esterni indipendenti che ricevono solo la pressione del vento. Una serie di fasci di luce entra nella sala tra i tubi di carta.

Sede principale East Gate: Porta del Padiglione Odawara con traliccio tubolare di carta. Il cancello non necessita di richiesta di concessione edilizia, quindi ha una struttura in puro tubo di carta senza certificazione. Il telaio di colonne e travi tipo cancello Vierendiel viene utilizzato insieme a controventi di barre d'armatura. Per le giunzioni vengono utilizzati angolari in acciaio e la post-tensione viene applicata con barre di rinforzo poste nella parte cava del tubo di carta.

Lo spazio interno di circa 1300 metri quadrati era composto da 330 tubi di carta (525 mm di diametro, 15 mm di spessore e 8 m di lunghezza).

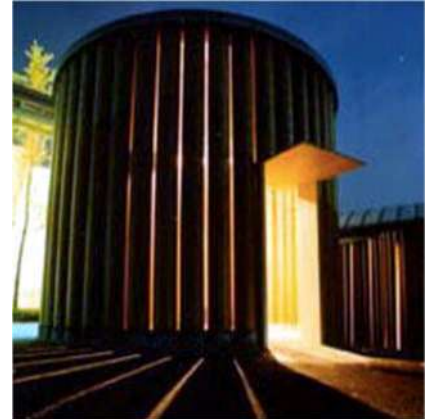
### Alvar Aalto Exhibition, Tokyo, Japan, 1986



Mostra di mobili e vetri Aalto curata dal Museum of Modern Art di New York. Basandoci sul concetto di creare uno spazio simile ad Aalto, sono stati utilizzati tubi di carta fatti di carta riciclata anziché legno a causa dei vincoli di budget e del fatto che tutto sarebbe stato smontato e gettato dopo la mostra. Questo è stato l'impulso per l'architettura della carta che è stata successivamente sviluppata.



**Paper Arbor, Nagoya, Japan, 1989**



Questa è stata la prima di una serie di costruzioni di tubi di carta. Realizzati come casseforme per colonne circolari in calcestruzzo, i tubi vengono qui utilizzati strutturalmente. Quarantotto di questi tubi (325 mm di diametro, 15 mm di spessore e 4 m di altezza) sono trattati con paraffina impermeabilizzante e montati su una base prefabbricata in cemento in un cerchio. Questi erano irrigiditi con un composto di colla e uniti in testa da un anello di compressione in legno. Il tetto era costituito da un tessuto per tende appeso a un filo di tensione disposto in una configurazione a raggi. Dopo che la struttura è stata smantellata, è stata analizzata la resistenza dei tubi di carta. Nonostante sia stato sottoposto a sei mesi di vento e pioggia, l'indurimento della colla e la moderata esposizione ai raggi ultravioletti hanno di fatto aumentato la resistenza alla compressione dei tubi.

**Emilio Ambasz Exhibition, Tokyo, Japan, 1985 / 1993 – La Jolla, USA, 1989**



Configurazione della sede per una mostra che ha viaggiato oltreoceano partendo da Tokyo. Per facilitare il montaggio a chiunque in vari luoghi, è un pannello che può essere piegato con una cerniera utilizzando un telaio in tubo di carta quadrato e uno schermo a nido d'ape. Le gambe del supporto del modello sono costituite da quattro tipi di tubi di carta con diametri diversi e vengono annidati durante il trasporto per ridurre il volume.

### Paper Log House, Turkey, 2000



Carta straccia triturata è stata inserita all'interno dei tubi lungo le pareti e fibra di vetro nel soffitto, e anche cartone e fogli di plastica sono stati utilizzati per un maggiore isolamento, a seconda delle esigenze dei residenti.

### Paper Log House, Kobe, 1995



La fondazione è costituita da casse di birra (donate) piene di sacchi di sabbia. Le pareti sono realizzate con tubi di carta di 106 mm di diametro e 4 mm di spessore, con materiale per tende per il tetto. Lo spazio di 1,8 m tra le case è stato utilizzato come area comune. Per l'isolamento, un nastro di spugna impermeabile rinforzato con adesivo è inserito tra i tubi di carta delle pareti. Il costo dei materiali per un'unità di 52 metri quadrati è inferiore a \$2000. L'unità è facile da smontare e i materiali facilmente smaltiti o riciclati.



Paper Log House, Dhaneti, Gujarat State, India, 2001



Il tetto è costituito da capriate a volta in bambù con due strati di tradizionali stuoie di vimini in rattan già pronte, che sono fissate alle capriate con un foglio di vinile inserito tra di loro. Sulla superficie del timpano del diametro semicircolare viene utilizzato il vimini in rattan e da qui avviene la ventilazione naturale.



### Paper partition system, Fukuoka, Japan, 2005 - Fujisawa, Japan, 2006



Sono stati offerti semplici fogli di cartone per l'isolamento e per creare un confine tra le famiglie. Il cartone veniva utilizzato solo per ricoprire il pavimento nei primi periodi di affollamento; dopo che la popolazione è diminuita, il cartone è stato utilizzato per creare tramezzi per la privacy notturna. Dopo il progetto a Fukuoka, le strutture murarie che erano state realizzate con pannelli a nido d'ape sono state trasformate in una struttura a travi di sostegno utilizzando tubi di carta che possono essere arredati più velocemente e comodamente in qualsiasi sito, con un panno bianco per le partizioni. I giunti sono stati realizzati in compensato e le corde sono state utilizzate per i sostegni. Per una partizione flessibile a seconda delle dimensioni della famiglia, le dimensioni delle unità modulari sono state standardizzate a 180 cm.

### Paper house for Niigata earthquake victims, Niigata, Japan, 2004



Dopo il terremoto di Niigata, molte famiglie si sono rifugiate nelle palestre, dove per la prima volta hanno dovuto condividere lo spazio con estranei. Per alleviare in parte questa mancanza di privacy, è stata assemblata una cabina interna con tubi di carta quadrati. Nonostante le sue intenzioni originali, la Paper House è stata infine utilizzata come area giochi per bambini e come clinica temporanea per anziani.

### Paper emergency shelter for UNHCR, Byumba Refugee Camp, Rwanda, 1999



Più di 2 milioni di persone sono rimaste senza casa quando è scoppiata la guerra civile in Ruanda nel 1994. L'ufficio dell'Alto Commissariato delle Nazioni Unite per i Rifugiati (UNHCR) normalmente forniva teli di plastica e pali di alluminio da allestire come rifugi temporanei. I rifugiati ruandesi vendevano i pali di alluminio e poi procedevano all'abbattimento degli alberi per utilizzare i rami come supporto strutturale. **Contribuendo alla deforestazione già critica**, era ovvio che dovevano essere trovati materiali alternativi. È stata introdotta un'alternativa a basso costo, i tubi di carta. La proposta è stata adottata ed è iniziato lo sviluppo di prototipi di rifugi.

### Rifugio di emergenza per l'assistenza alla ricostruzione dopo il terremoto di Haiti, Haiti, 2010



Shigeru Ban sta collaborando con professori e studenti dell'Universidad Iberoamericana e della Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra della Repubblica Dominicana e sta costruendo 50 rifugi fatti di tubi di carta e materiali locali per un gruppo minoritario di vittime.



**4.3 Richard Buckminster Fuller, cupola geodetica per la triennale di Milano, 1954**





Uno dei primi architetti che esplorò la resistenza del cartone fu Richard Buckminster Fuller (1895-1983).

### **Costruzioni in carta e cartone**

Negli anni Cinquanta, Fuller intuì le potenzialità della carta e del cartone come materiale da costruzione, **anticipando di 40 anni** le innovative applicazioni di Shigeru Ban. Fuller utilizzò la carta nel brevetto del sistema delle Paperboard Domes, cupole geodetiche destinate a fornire alloggio ai fanti dei Marines. La piena applicabilità dell'idea sottesa alle Paperboard Domes dovette confrontarsi con le criticità legate alla scarsa idrorepellenza dei materiali, che Shigeru Ban poté superare avvalendosi di vernici poliuretaniche (uretano liquido). Nel 1954 a Milano nel giardino Sforza, Fuller espose un'innovativa cupola in cartone colorato di arancione, dal diametro di 10 metri, per un peso di 600 kg, involucro esterno di un'abitazione unifamiliare di circa 95 m<sup>2</sup>. Montata sul posto con l'ausilio di pochi utensili, si aggiudicò il Gran Premio alla Triennale milanese.

### **Idee, studi, forme**

Dal 1927 cominciano gli anni delle sperimentazioni Dymaxion (DYnamic MAXimum tensiON): più una vera visione interpretativa del mondo che una tecnologia, questa ricerca nasce col voler portare l'edilizia allo stesso avanzamento tecnologico delle altre industrie, passando per un processo di ottimizzazione spaziale attraverso l'innovazione delle geometrie (la Dymaxion Air-Ocean World Map, un planisfero che sviluppa le terre emerse riducendo al minimo la deformazione, descrive tutto il mondo suddividendolo in triangoli) e delle tecniche costruttive. Dopo un primo esperimento di casa trasportabile con un dirigibile, la Dymaxion House (1927) apre un'era di sperimentazioni e visioni nell'abitare. La casa è un prodotto industriale, prefabbricato e trasportabile. *«Mi accorsi che un'area in cui la scienza non veniva applicata era la casa (...) L'antipriorità era la facciata. Perciò nel 1927 mi dedicai all'idea di esplorare le più avanzate tecniche di produzione per sviluppare dei prototipi di controllo dell'ambiente per gli esseri umani che pesassero meno, e ho scoperto che potevo farlo».*

Dal 1947, il tema di ricerca principale per Fuller diventa la cupola geodetica. Di nuovo, più che una tecnologia specifica, il centro dell'intera ricerca è la figura geometrica nella sua caratteristica di performance: la cupola deriva dallo studio della cartografia terrestre, della struttura tetraedrica dei metalli e della geometria della sfera come solido capace di contenere il massimo spazio nel minimo di superficie. Le cupole sono costituite da tetraedri, piramidi regolari di quattro triangoli equilateri, e garantiscono alti valori di resistenza in qualsiasi materiale esse vengano realizzate (plastica, metalli, cartone). Le prime applicazioni sperimentali seguono l'ultima evoluzione del concetto Dymaxion con la casa del 1946 a Wichita (Kansas), andando verso nuove applicazioni militari destinate a una lunga evoluzione. In seguito, il palazzo dell'Institut National des Sports a Parigi (1952), l'installazione per la Triennale di Milano che viene premiata nel 1954, e la cupola per la Ford Motor Company a Dearborn (Michigan, 1953) precedono la registrazione definitiva del brevetto nel 1954, uno dei 25 che Fuller registra lungo la sua vita.

*«Se vuoi insegnare alle persone un nuovo modo di pensare, non preoccuparti dell'insegnare. Piuttosto, dà loro uno strumento, il cui uso le conduca verso nuovi modi di pensare».*

#### 4.4 Cardboard Bombay, Nuru Karim



Locale di Mumbai con mobili e pareti fatti di cartone ondulato. In questo nuovo café di Mumbai, India, dal nome Cardboard Bombay, le sedie, i tavoli, le lampade e persino le pareti sinuose che dividono lo spazio sono fatti di cartone ondulato. Il bar ristorante è stato progettato da Nuru Karim, fondatore dello studio di architettura NUDES di Mumbai, che ha scelto questo materiale biodegradabile per le sue **caratteristiche di sostenibilità, versatilità e capacità di assorbire il suono.** Prima di iniziare il locale, il team di architetti ha testato il cartone che desiderava utilizzare, cercando di prevedere come avrebbe reagito alle tipiche sollecitazioni di un café come la resistenza all'acqua e le variazioni di temperatura. Successivamente, NUDES ha progettato le sedie curvilinee, i corpi illuminanti e le pareti divisorie per avere un aspetto simile al materiale stesso, e **ha trattato i tavoli di cartone con della cera per renderli idrorepellenti.**

## 4.5 Paper House, Australia, 2004



Stutchbury e Papre hanno lavorato in team con il Ian Buchan Fell Housing Research Unit all'Università di Sidney in modo da progettare una casa in cartone che potesse incoraggiare la gente ad abbattere i propri preconcetti sulla "tipica casa australiana".

Estremamente a basso costo e facilmente trasportabili, le Case di Cartone potrebbero essere utilizzate in una vasta gamma di applicazioni. Vi si può vivere per esempio durante la fase di costruzione della casa permanente oppure la si può utilizzare come alloggi di emergenza o alloggi a breve termine.



#### 4.6 Frank O. Gehry, sedia in cartone per il Vitra Design Museum



Persino il grande Frank O. Gehry vi si è cimentato, in tempi non sospetti, con la sedia progettata per il Vitra Design Museum nel 1972 e dopo di lui molti altri designer, architetti e aziende.

#### 4.7 Mensa della Sede Centrale Rabobank, Amsterdam



Anche la Mensa della Sede Centrale della Olandese Rabobank con sede ad Amsterdam è stata Realizzata in gran parte in cartone, anche se in questo caso non si tratta di tubi, dalla Sander Architecten.

## 4.8 Chishen Chiu, Flexible Love Chair e le Bloxes

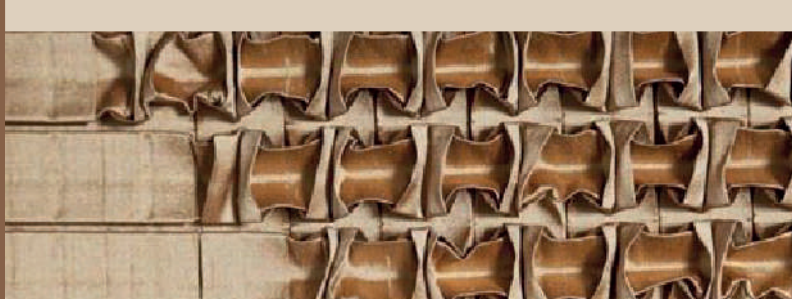


Flexible Love Chair del taiwanese Chishen Chiu ha una struttura di cartoncino a nido d'ape estremamente flessibile. Per riorganizzare gli spazi sono in commercio elementi separatori modulari che possono essere composti in altezza e larghezza. Con il cartone ondulato piegato a fisarmonica il designer taiwanese Chishen Chiu ha realizzato la seduta estensibile Flexible Love Chair, tutto questo per dimostrare le infinite possibilità di questo materiale.

5.



# COME USARE IL CARTONE NELL'EDILIZIA



## 5.1 Nuovi materiali a base di carta

### Che modifiche fare al cartone per essere usato come materiale primario di costruzione?

In realtà il cartone ha davvero altissime potenzialità, vediamo il caso del cartone bitumato in edilizia, utilizzato come impermeabile. Il cartone con le giuste accortezze può essere utilizzato in svariati modi e può durare a lungo nel tempo.

#### 5.1.1 Richlite, un materiale sostenibile ricavato dalla carta



A differenza della pietra, della plastica e di altri materiali a superficie solida, Richlite è un materiale incredibilmente durevole, sostenibile e versatile realizzato con la carta. La carta certificata FSC personalizzata di alta qualità infusa con una **resina termoidurente** viene stesa a mano e pressata in un pannello solido.

L'inconfondibile struttura della superficie di Richlite deriva dalla variazione naturale del modo in cui le fibre giacciono all'interno della carta. Ogni foglio è accuratamente impilato, alternando la direzione della carta per il massimo equilibrio e stabilità. Le pile vengono pressate sotto calore e pressione, che uniscono gli strati di carta e induriscono il prodotto. I pannelli vengono quindi raffreddati lentamente per produrre un materiale in fogli solido e stabile.

Realizzata con prodotti riciclati al 100% utilizzando la tecnologia WE, un esclusivo processo di termovalorizzazione, Richlite è una scelta veramente sostenibile.

**Molto costoso:** 610x610 mm, spessore di 25 mm costa 495\$.

### 5.1.2 Paperstone Certified

La sfida del cartone non finisce qui e da un'attenta ricerca nasce paperstone, un materiale composito costituito da **fibre ottenute al 100% da carta per ufficio standard riciclata post-consumo e resine, non derivanti dal petrolio**. Un materiale a base di acqua e oli ottenuti dai gusci degli anacardi con il quale è possibile realizzare top per cucina e bagno.

### 5.1.3 Papercrete



Sono stati sperimentati, inoltre, dei materiali che associano il cemento alla presenza della carta. È il caso del papercrete, ottenuto miscelando al conglomerato carta riciclata messa a macerare per oltre 24 ore e successivamente frullata. Si ottiene un prodotto dal peso specifico molto ridotto (circa 160 kg/m<sup>2</sup>) e dalle notevoli qualità termiche, rispetto al comune calcestruzzo. Spesso l'aggiunta di sabbia favorisce i requisiti statici, diminuendo però le prestazioni termiche. Infatti, aumentano peso e tempo di evaporazione dell'acqua, pur essendo assicurate minori fessurazioni e migliore resistenza al fuoco. La quantità di cemento varia sensibilmente tra il 10% e il 100% rispetto al peso della carta asciutta. Tale prodotto viene solitamente gettato sfuso in casseri tipicamente in legno, ma possono anche essere prodotti pannelli o blocchi prefabbricati.

Materiali		Cosa/Chi	Uso	
Cartone		Shigeru, F. Ghery, G. Pesce, Kattuni	Arredo	
Cartone	Cemento	Papercrete	C.A. alleggerito	
Cartone	Legno	Acciaio	Shigeru, Wikkelhuse, Archicart, Icaro	Emergenza, teatri, padiglioni, case, chiese, uffici, tramezzi, controsoffitti
Cartone	Legno	Plastica	Shigeru, Archicart	Emergenza, teatri, padiglioni, case

Tab. 4 – Combinazione dei materiali.










## 5.2 Quali prodotti utilizzare e per cosa

A seconda della funzionalità cui devono rispondere, è possibile scegliere tra differenti prodotti realizzati a partire dalla carta, tra cui:

- **Pannelli a nido d'ape:** composti da una leggera struttura alveolare contenuta da uno strato di finitura esterno, che può essere a sua volta realizzato in carta. Questi pannelli possono essere accoppiati e utilizzati, ad esempio, per realizzare strutture di tamponamento;
- **Pannelli in fibra di recupero:** interessanti come sostitutivi di pannelli tradizionali (FR per ritardo al fuoco, B3 al posto del MDF, Eco-soft per proprietà isolanti);
- **Re-Board:** ottimo isolante acustico e termico;
- **Pannello Xanita Board:** pannello sandwich;
- **Pannello a nido d'ape:** porte tamburate;
- **Pannello HoneyComb:** elevata resistenza al calore;
- **Carta politenata:** un ulteriore miglioramento in ambienti umidi si può ottenere con questo tipo di carta, spalmata con un particolare trattamento;
- **Cartone bitumato:** impermeabilizzazione tetti;
- **Tubi di cartone:** hanno ottime proprietà meccaniche, possono essere utilizzati come elementi strutturali e ne esistono di diversa lunghezza e diametro;
- **Fibre di cellulosa:** possono essere realizzati in diverso modo, ma generalmente partono dalla carta riciclata, precisamente da fiocchi di carta sfibrati;
- **Elementi di arredo e finiture interne:** possono essere realizzati in carta e cartone, garantendo risultati ottimali e davvero molto interessanti. Carta da parati e mobili sostenibili, caratterizzati da un'estetica originale, assemblati con le tecniche di incastro e piegatura.

## 5.3 Strutture in cartone

	(McQuaid 2003)	(Dweib et al. 2004)	(Cripps 2004)	(Pohl 2009)	(Salado 2009)	(Doremus and Moody 2011)	(Lübke et al. 2018)
<b>Product</b>	 Honeycomb grid core panels	 Paperboard	 Paperboard and honeycomb panels	 Honeycomb panels impregnated with high-strength cement	 Paper tubes	 Honeycomb panels	 Honeycomb panels
<b>Application</b>	Structural beams	Structural beams for roofs	Structural panels for Walls and roof	Structural and thermoacoustic wall panels	Structural wall panels	Structural wall panels	Structural wall panels and facade components
<b>Thickness</b>	18.3 mm	69 mm	200 mm	300 - 450 mm	100 mm	50 - 100 mm	45 mm
<b>Core</b>	Honeycomb Board	Elofam T300 Foam, e-glass fiber, flax fiber as reinforcement	4 x 4 mm paperboard and 3 x 50 mm honeycomb board	250 mm thick honeycomb panel w/ 15mm cell size.	100 mm thick paper tubes with 5 mm wall thickness	47 mm thick panel high resin content and 75 mm thick panel with low resin content	40 mm honeycomb board
<b>Facing</b>	0.8-1.4 mm Paperboard and plywood	Paperboards made of recycled paper and feathers, recycled paper with corrugated paper, and recycled paper and fiberglass	16 mm fibreboard cement panels Interior poly-coated layer protection for moisture and waterproof paper outside	10 mm Plywood, vapor barrier, timber cladding Gypsum fibreboard adds fire proofing	The surface was waterproofed with polyurethane resin	10 mm fiber reinforced magcrete board	2 mm semi-tempered-glass
<b>Adhesive</b>	N/D	Soybean oil based resins with natural fibers as reinforcement	N/D	N/D	N/D	The kraft paper was saturated or coated with formaldehyde	Sodium silicate
<b>Comments</b>	"Average tensile strength was 105 kgf/cm <sup>2</sup> " "Average compressive strength was 94.5 kgf/cm <sup>2</sup> " (pag. 81)	The authors compared the strengths and stiffness of the composite beams made from recycled paper have strengths with conventional wood components. Their results show composite beams are suitable for construction (pag. 156)	"cardboard can work as a building material and has the potential to be a component of low environmental impact construction" (pag. 217)	"In exterior sandwich walls, the honeycomb core can be used either as a structural element only or as fulfilling structural and thermal insulation functions simultaneously." (pag. 218)	The panels supported between 5000 kgf and 6000 kgf depending on the use of a coating resin or not. This results are acceptable for construction in Brazil (pag. 166). The panels also showed positive results to impact tests (pag. 171).	The researchers recommended not using these panels as structural components in high temperature and humidity environments. They recommended to replacing the magcrete boards and increase the amount of resins prior to its application.	The panels showed a high tensile strength and the authors built a pavilion using the glass-cardboard composite as a beam.

L'analisi descrive una cronologia delle applicazioni del cartone in architettura, evidenziando i punti di forza, le debolezze e le strategie di applicazione sviluppate da diversi ricercatori. La prima pubblicazione trovata, risalente al 1940, presenta i risultati di una serie di test eseguiti dall'USDA Forest Service - Forest Products Laboratory per determinare la resistenza all'umidità dei pannelli di carta alveolare trattati con resina (Boller 1940). Questo lavoro fa parte di un progetto di ricerca che esplora

le modalità di realizzazione di componenti edilizi per abitazioni sostenibili e a basso costo con prodotti in cartone (cartone nuovo o cartone post-consumo), con particolare attenzione alla sua applicazione in contesti in via di sviluppo. In questi contesti il cartone è comunemente sottoutilizzato e finisce in discarica, sprecando una risorsa preziosa.

La revisione ha identificato cinque centri accademici chiave:

- Card-board Technical Research and Developments presso TU Delft  
quasi il 23% di tutte le pubblicazioni provengono da questo centro, tuttavia non è più attivo;
- BAMP ENQUIRY: The ARCC Journal con Paper Project presso la TU Darmstadt  
il progetto è iniziato nel 2017 e ha realizzato diverse pubblicazioni, cinque delle quali fanno parte di questa rassegna;
- Radical Reuse of Waste for Architecture project presso la Penn State University  
il progetto è iniziato nel 2016 e ha pubblicato finora cinque articoli di ricerca;
- Cardboard in Architectural Technology and Structural Engineering presso l'ETH di Zurigo  
questo gruppo non è più attivo ma ha contribuito in modo sostanziale al campo;
- Delle restanti pubblicazioni, una parte sostanziale (quasi il 12% del totale) corrisponde alla Buro Happold Engineering Company (cinque articoli) e alla SBA (tre articoli).

Le pubblicazioni del periodo 1940-1976 si concentrano sulle prestazioni strutturali, la durabilità, la resistenza termica e all'umidità delle pareti composite e illustrano la prospettiva dei ricercatori riguardo al potenziale di questi "nuovi" materiali da costruzione. Il lavoro sviluppato da Boller (1940) e Seidl (1956), per esempio, faceva parte di un progetto di cinque anni che mirava a valutare la durabilità dei pannelli a nido d'ape nella costruzione di rifugi. Analogamente, Buxton (2013) ha studiato i "materiali a sandwich" per lo sviluppo di rifugi militari.

Infine, Pres-ton e Bank (2012) hanno sperimentato i limiti di piegatura dei tubi di carta per progettare una "grande scultura temporanea all'aperto" con diversi archi di tubo di carta di dimensioni diverse. Nel complesso, queste pubblicazioni aiutano a comprendere le proprietà meccaniche di alcuni elementi di cartone per la progettazione strutturale, in particolare per il loro utilizzo come pannelli compositi e strutture a guscio.

Diametro interno nucleo carta (ID) (pollici)	Grado del nucleo di carta			Prestazione minima del test per il codice del grado		
	Codice GCA	Codice CCTI	Codice armonizzato o combinato	Cotta piatta (libbre/4 pollici)	Test di carico dinamico o ciclico (kN/10 cm)	Test di rigidità alla flessione o alla resistenza alla flessione (kN - m <sup>2</sup> )
3	I	4	3-L4	600	15	6
3	M	6	3-M6	850	25	10
3	Fibra F	9	3-F9	850	25	10
3	H - Alta forza	12	3-H12	1000	35	12.5
3	X - Extra ad alta resistenza	14	3-X14	1200	42	15
3	U - Extra ad alta resistenza	16	3-U16	1400	50	17.5
6	I	4	5-L4	350	25	32
6	M	6	6-M6	400	35	35
6	Fibra F	9	6-H12	750	60	55
6	H - Alta forza	12	6-H12	750	60	55
6	X - Extra ad alta resistenza	14	6-X14	800	70	60
6	U - Extra ad alta resistenza	16	6-U16	850	80	65

Tab. 5 – Gradi dei nuclei di carta GCA e CCTI e prestazioni dei test.

6.



# ADAPTIVE PAPER PAVILION



## **Introduzione**

La presente relazione esplora l'uso innovativo del cartone tubolare in architettura, concentrandosi sulla creazione di un **padiglione modulare e flessibile**. Il progetto affronta specificamente i problemi di resistenza del cartone attraverso morfologie e soluzioni strutturali specifiche. Questo approccio permette di **adattare la costruzione al materiale**, sfruttandone appieno le caratteristiche.

Sembra quasi un'utopia, ma è questo il vero modo per poter progredire nella ricerca, non imporsi limiti e trovare soluzioni all'altezza del problema. Il perché sto proponendo un edificio in cartone è stato spiegato con la vasta ricerca condotta nei capitoli precedenti, riassumendo in pochi aggettivi: per la sua facile reperibilità, la sua estrema leggerezza, e il suo bassissimo impatto ambientale.

## **Obiettivi e Metodologia**

Gli obiettivi chiave di questa ricerca comprendono la creazione di uno spazio architettonico flessibile e indeformabile attraverso l'applicazione di morfologie specifiche. La metodologia adottata si basa su un approccio multidisciplinare che trae ispirazione da progetti architettonici di successo come il "Madrid Paper Pavillon" di Shigeru Ban e la "Mediateca di Sendai" di Toyo Ito, riprendendone forme e concept strutturali ma rivisitandoli utilizzando il cartone.

## **Considerazioni strutturali**

Il cartone è un materiale che reagisce bene a trazione e compressione, ma meno a flessione. Per i pilastri, ho scelto come forma l'iperboloide iperbolico di rotazione, una struttura molto leggera che reagisce bene ai carichi verticali, rafforzata da anelli in acciaio di irrigidimento posti in varie altezze che limiteranno gli spostamenti relativi delle aste. Ai nodi posti in sommità verrà collegata la struttura portante del solaio di copertura. Per questa ho scelto di utilizzare come struttura principale un sistema di travi reticolari rettangolari bidirezionali trattando le aste in cartone come dei pendoli incernierati a nodi in legno, trasformando quindi le maglie in triangoli le cui aste reagiranno solo a trazione e compressione, i cui diagonali sono in acciaio. La struttura portante di copertura verrà fissata ai nodi in legno che trasferiranno i carichi alle varie aste in tubolari di cartone componenti il solaio. Non è stato possibile reperire abbastanza informazioni sulle caratteristiche del materiale, necessarie al dimensionamento delle aste, ma ho comunque optato, per sfruttare al meglio i punti di forza del cartone, le forme più adeguate al mio obiettivo. Future prove meccaniche sul materiale mi permetteranno di progettare le aste (diametro e spessore dei tubi) in modo da resistere ai carichi previsti dal progetto.



## Riferimenti

### Mediateca di Sendai, Sendai, Japan, 2001 - Toyo Ito



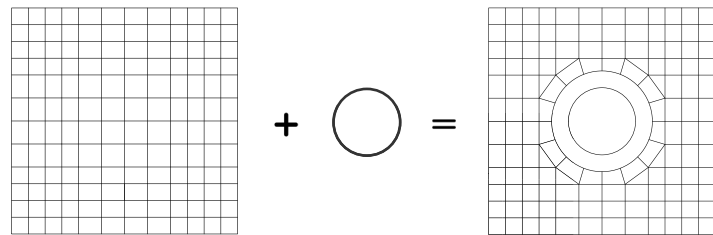
#### Ideologia

Trasparenza, fluidità dello spazio - non esistono limiti tra interni ed esterni e tra interni e muri

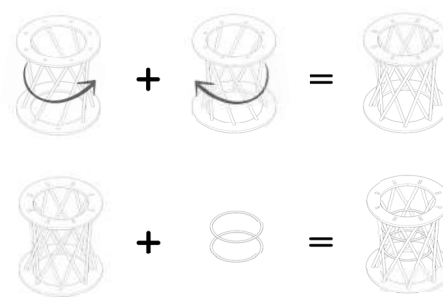
Solaio - reticolato di travi metalliche

Colonne - strutture tubolari dotate di luce

Concept solaio con foro



Concept colonne



### Madrid Paper Pavilion, Madrid, Spain, 2013 - Shigeru Ban



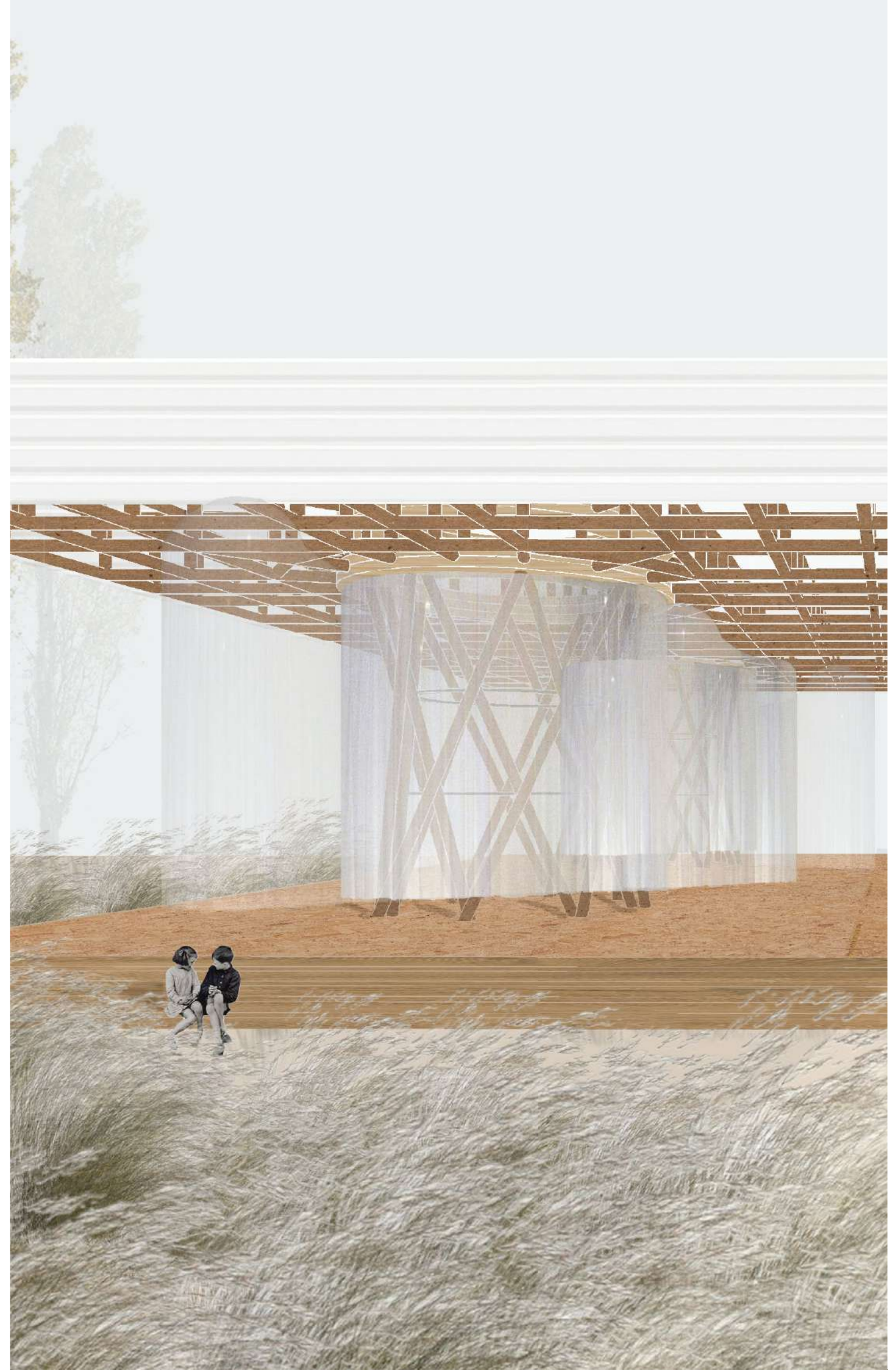
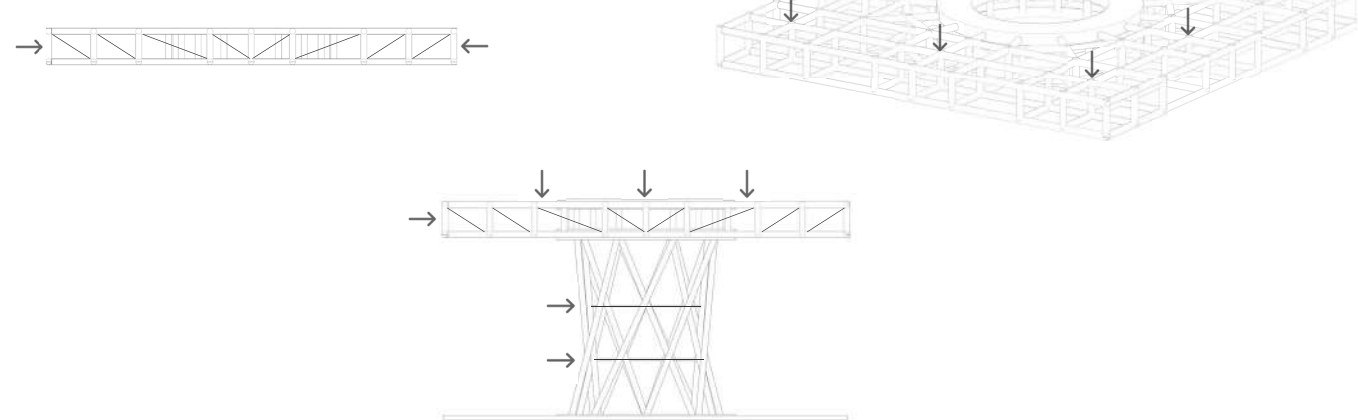
#### Fattibilità

Tetto traliccio - struttura reticolare di travi disposte in entrambe le direzioni

Nodi legno - collegamenti per i tubi di cartone

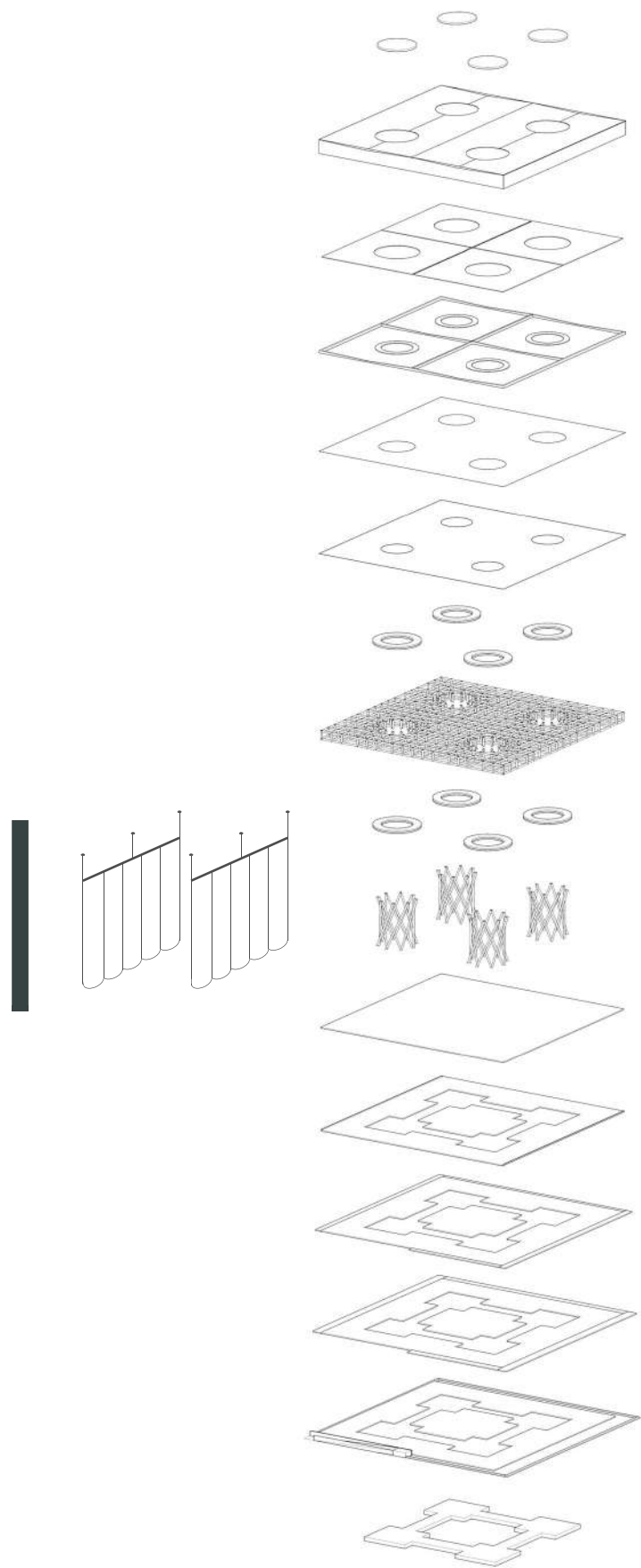
Resistenza - diagonali in acciaio

Concept resistenza struttura

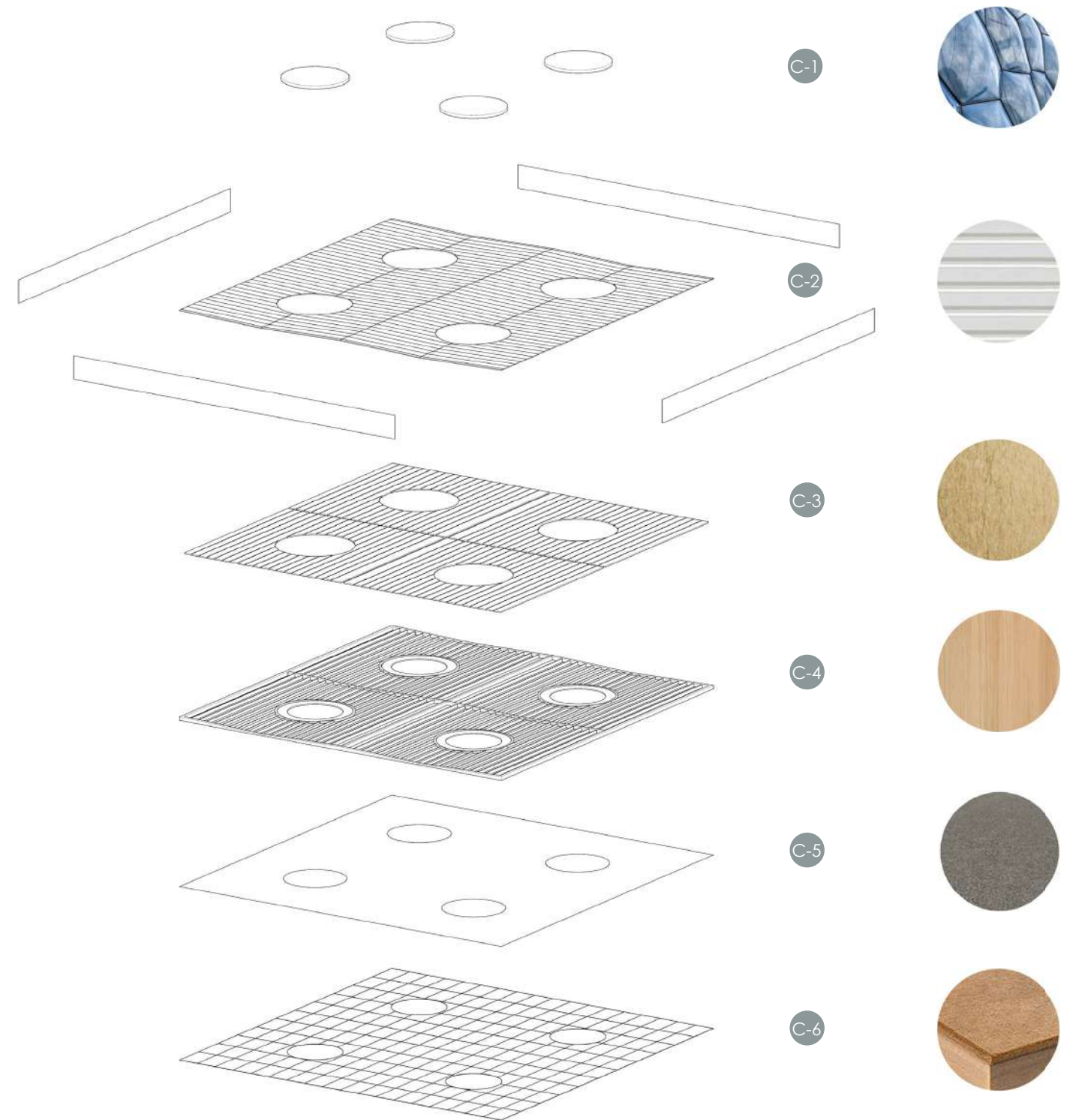




## Suddivisione delle componenti

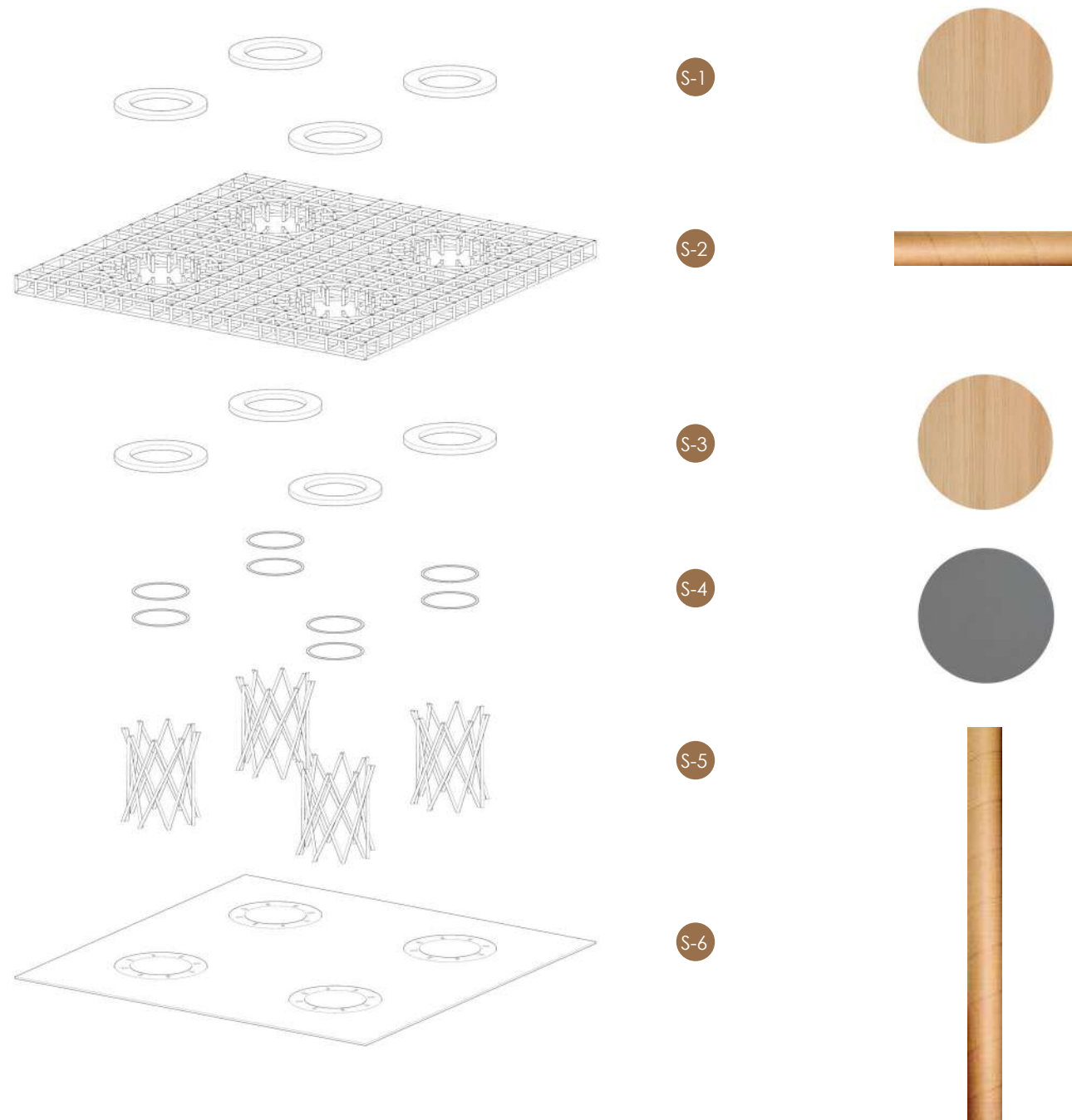


## Copertura



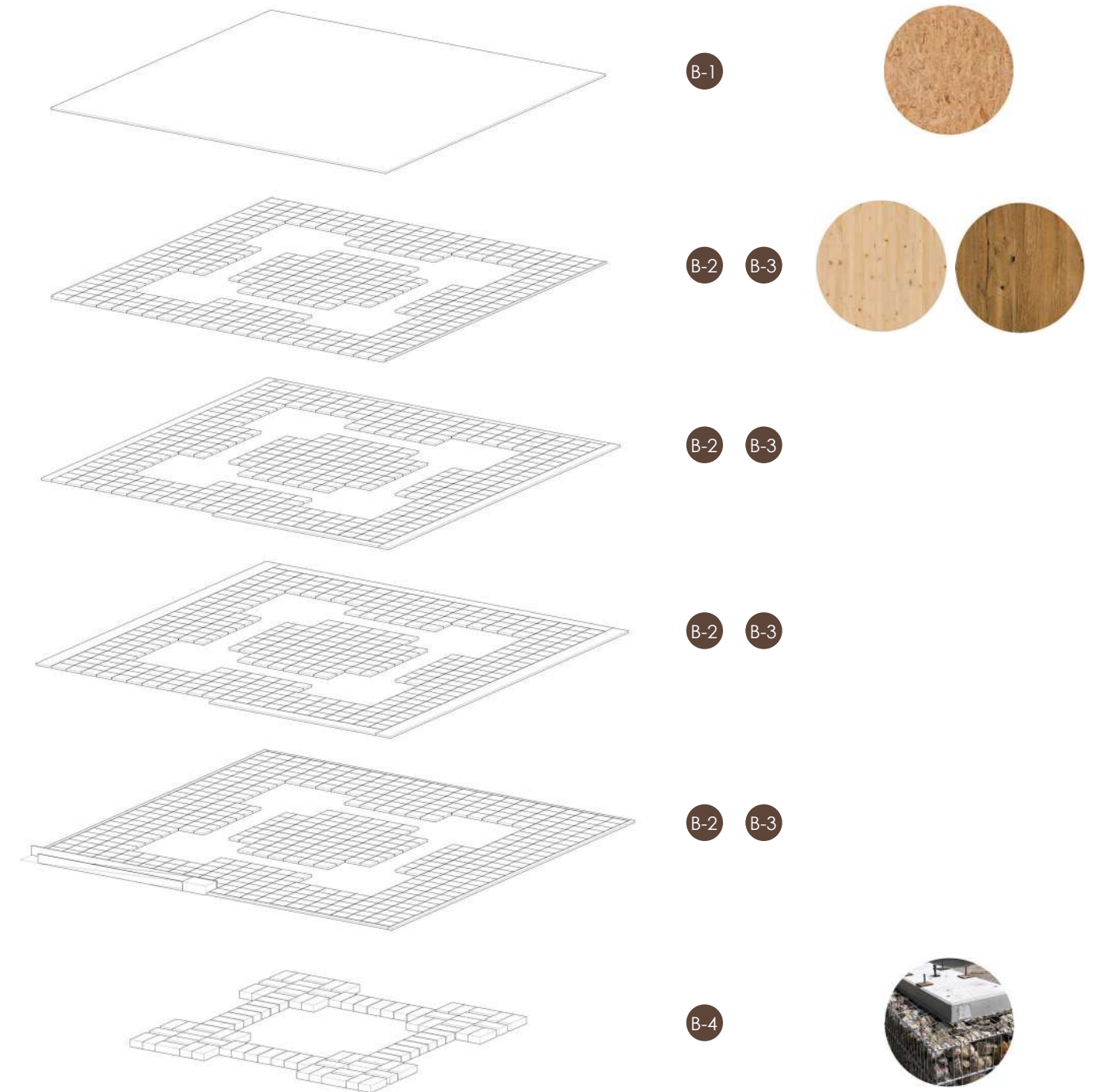
- C-1: Lucernario circolare in ETFE
- C-2: Lamiera grecata e liscia (LG 55/750), sp 1,25 mm
- C-3: Isolante termico in fibra di canapa (CANAPANNELE 35), sp 80 mm
- C-4: Listelli per tetto di EGGGER in legno
- C-5: Barriera al vapore (DERBITWIN NT), sp 4 mm
- C-6: Tavolato in Richlite, sp 24 mm

## Struttura in cartone e nodi



- S-1: Nodi superiori in legno per aggancio tubi di cartone
- S-2: Aste in tubi di cartone, Ø20 cm
- S-3: Nodi inferiori in legno per aggancio tubi di cartone
- S-4: Anelli in acciaio di rinforzo, sp 50 mm
- S-5: Colonne iperboliche in tubi di cartone, Ø20 cm
- S-6: Cerchi di legno per appoggio tubi di cartone, sp 50 mm

## Basamento



- B-1: Tavolato in pannello OSB 3 di pioppo, sp 25 mm
- B-2: Pallet di recupero (Ecopallets), h 14,4 cm
- B-3: Rivestimento scala in tavole di legno di recupero, sp 2 mm
- B-4: Fondazioni a secco in gabbioni strutturali in rete elettrosaldata





**padiglíone s. m. [lat. papilio -ōnis «farfalla», e anche «tenda militare»].**

1. a. Tenda da campo, di grandi dimensioni e riccamente addobbata, che un tempo si usava innalzare negli attendamenti militari e in quelli destinati a soste durante i viaggi, o in altre occasioni solenni, per servire di alloggio o di ritrovo a personaggi importanti: «*quivi fatti venir padiglioni e trabacche, disse a color che accompagnato l'aveano che starsi volea*» (Boccaccio).

b. Specie di baldacchino, di grosso panno o drappo, che anticamente si faceva discendere dal soffitto a circondare il letto. Anche, non com., il baldacchino ornamentale su finestre, porte, arcate, ecc.

c. In araldica, il manto proprio delle armi degli imperatori, re e principi sovrani, di velluto, generalmente color porpora, bordato e frangiato d'oro, entrato in uso verso la fine del sec. 17°. d. fig., poet. La volta celeste: «*e di chi vide Sotto l'etereo padiglion rotarsi Più mondi*» (Foscolo, con allusione a Galileo); «*Come sei bella, o mia Firenze! Azzurro Sempre ride il tuo cielo, e di zaffiro Un padiglion sovra il tuo capo stende*» (Carducci).

2. In architettura: a. Piccola costruzione, riccamente decorata, che spec. a partire dal Seicento veniva costruita isolata dagli edifici circostanti nei parchi di ville signorili e di castelli: un p. di caccia. b. Edificio isolato in uno **spazio libero e adibito a usi vari, come esposizione di merci e prodotti in mostre e fiere, sosta e ritrovo in parchi e giardini pubblici e privati**, con forme architettoniche rispondenti alle funzioni di pubblicità e di ornamento cui tali edifici sono destinati: il p. degli elettrodomestici alla fiera campionaria di Milano.

c. Corpo di fabbrica facente parte di un complesso maggiore e avente caratteristiche particolari di autonomia funzionale, che può risultare isolato o anche collegato mediante locali di uso comune agli altri elementi analoghi: il p. di montaggio in una fabbrica di automobili; il p. delle malattie infettive al Policlinico.

d. Con riferimento alla forma che aveva solitamente la copertura della tenda detta padiglione o del baldacchino: volta a p., la volta che si ottiene intersecando opportunamente due o più cilindri ad assi orizzontali; tetto a p., copertura a pianta rettangolare o poligonale costituita da tante falde quanti sono i lati di base (le falde a forma triangolare situate alle testate dei corpi di fabbrica prendono il nome di teste di padiglione).



### Copertura

Il tetto del padiglione è costituito da un primo strato di tavolati in Richlite, un materiale a base di cellulosa infusa con una resina termoindurente, resistente, impermeabile ed ignifuga. Il secondo strato è una barriera al vapore, il terzo strato è un isolante termico in fibra di canapa, il quarto strato è un'orditura di listelli in legno e l'ultimo strato è una lamiera grecata. Il tetto ha una doppia pendenza per consentire il deflusso dell'acqua piovana verso il lucernario, provvisto di una grondaia circolare e due pluviali, il quale è realizzato in tessuto ETFE (etilene tetrafluoroetilene), noto per la sua resistenza ai raggi UV, il suo grado di isolamento termico, il suo facile montaggio, la sua resistenza e la sua leggerezza.

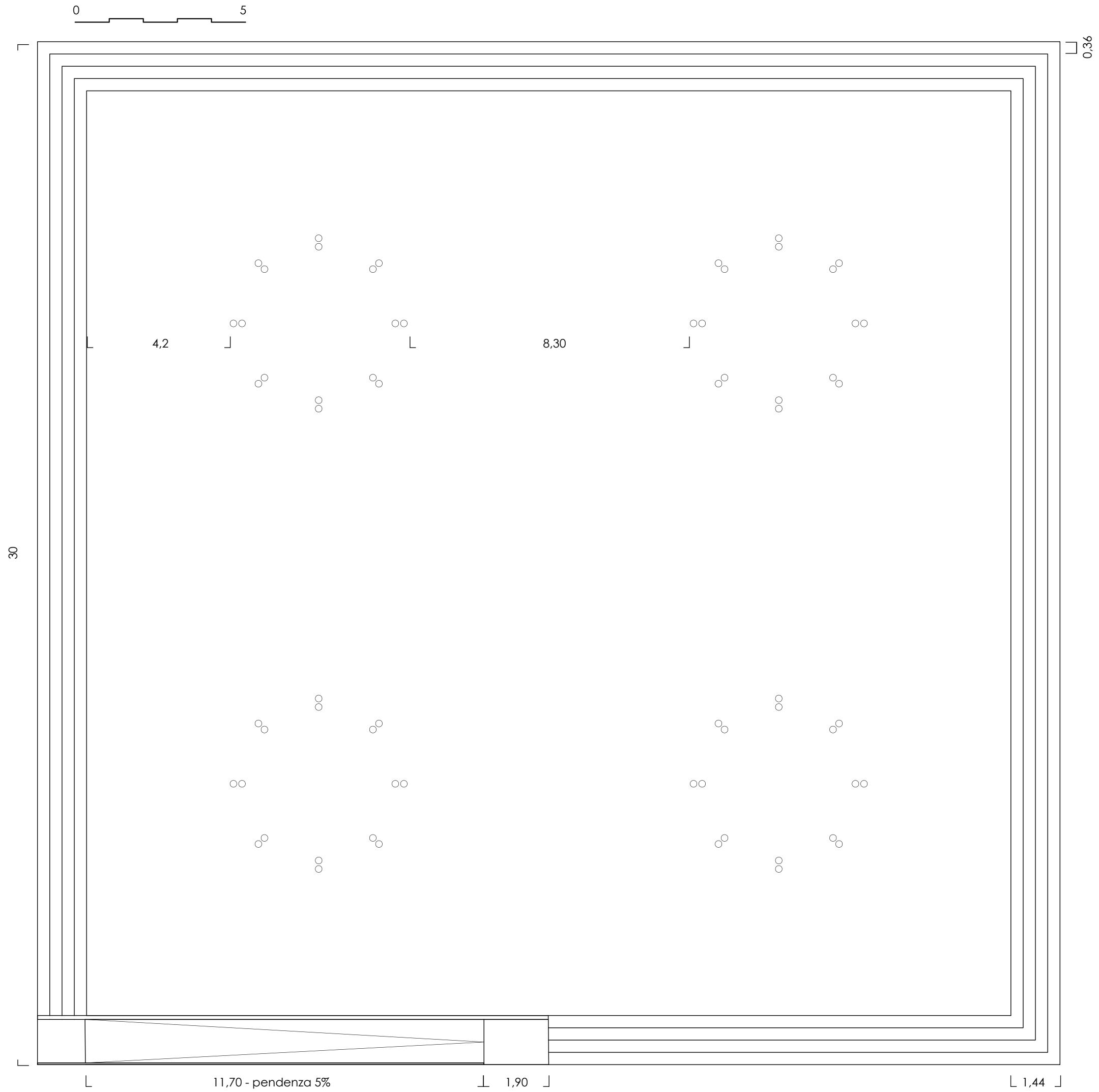
### Struttura in cartone e nodi

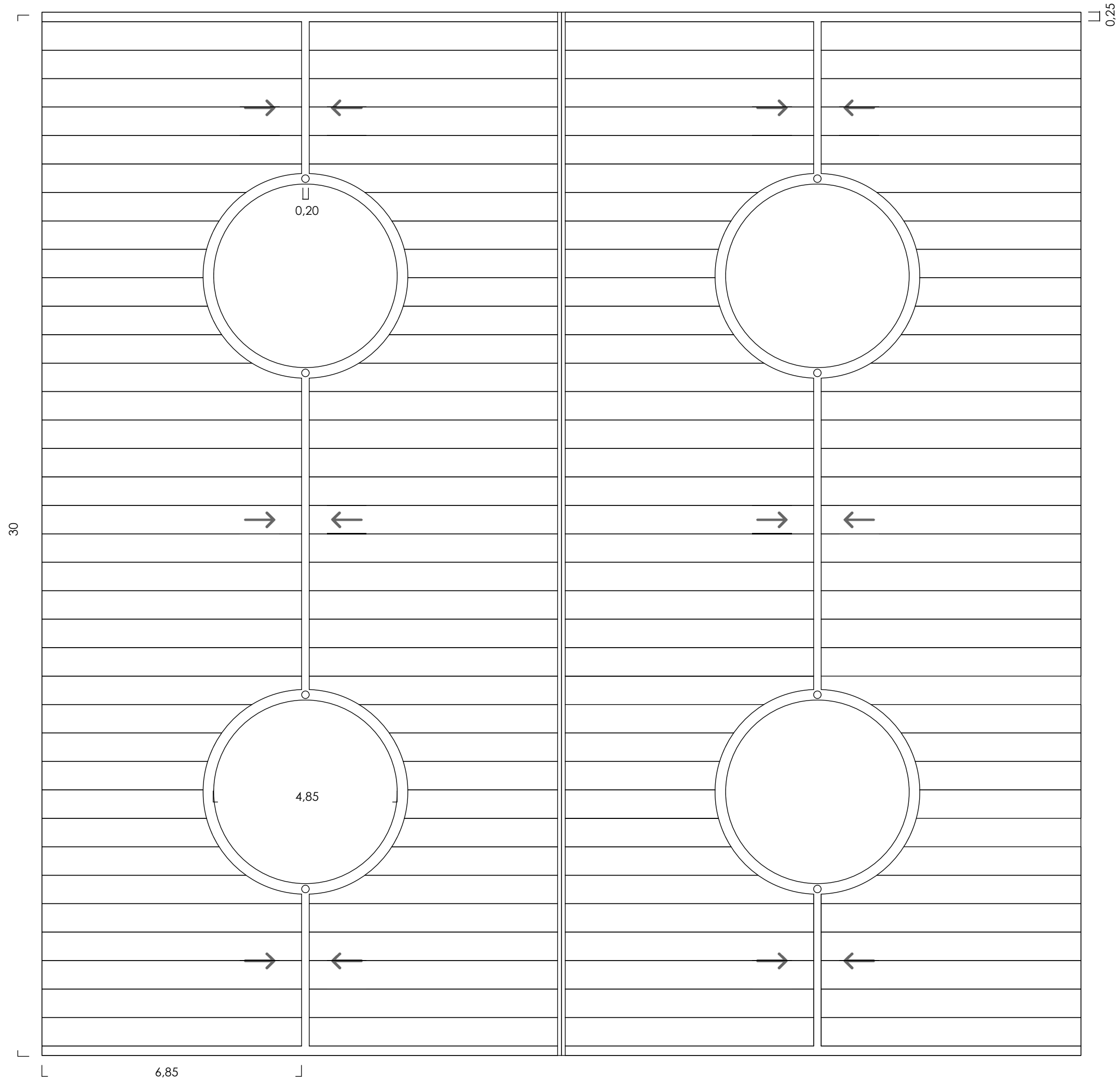
Un modulo del padiglione ha dimensioni di 15 m x 15 m. Al suo interno, in posizione centrale, è posizionata una colonna a forma di paraboloide iperbolico di rotazione, costituita da una doppio ordine di tubi di cartone (ciascuno dei quali avente un diametro di 20 cm) dal diametro esterno di 5 m e interno di 4,20 m. Questa colonna è composta da 16 tubi (8 inclinati verso destra e 8 verso sinistra), per garantire la stabilità. La struttura della colonna è collegata al resto del padiglione attraverso un nodo circolare in legno avente un diametro di 5 m. Il solaio reticolare è costituito da travi reticolari con montanti e traversi in tubi di cartone e diagonali in acciaio per garantire l'indeformabilità.

### Basamento

Il basamento del padiglione è costituito da 4 strati di pallet di recupero, che creano 4 gradini, al fine di raggiungere l'altezza di 65 cm sopra il terreno. Questo dislivello è necessario a causa delle fondazioni a secco, che non prevedono l'interramento dei gabbioni. Le fondazioni del padiglione sono costituite da gabbioni in rete elettrosaldata riempiti di pietrame e sormontati da una lastra di cemento di 5 cm. Questi gabbioni sono collegati tramite tirafondi alla parte inferiore della gabbia. Alla lastra di cemento sono solidarizzate delle barre filettate (saldata a una piastra in acciaio quadrata) alle quali si collegheranno dei giunti di legno cilindrico alti 15 cm, ai quali sono agganciati i tubi di cartone attraverso il sistema maschio-femmina.





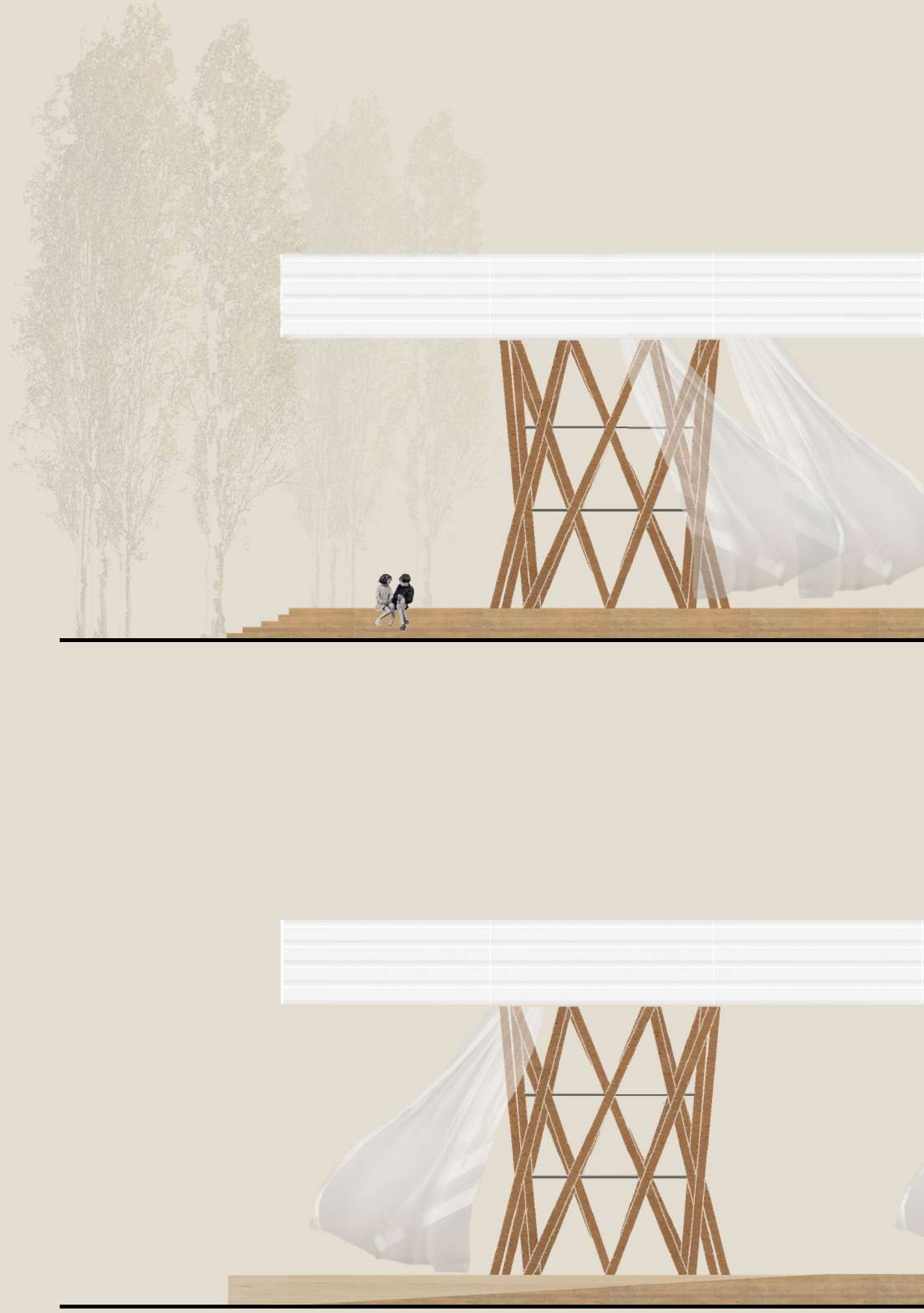






Prospetto Nord, scala 1:100

Prospetto Sud, scala 1:100

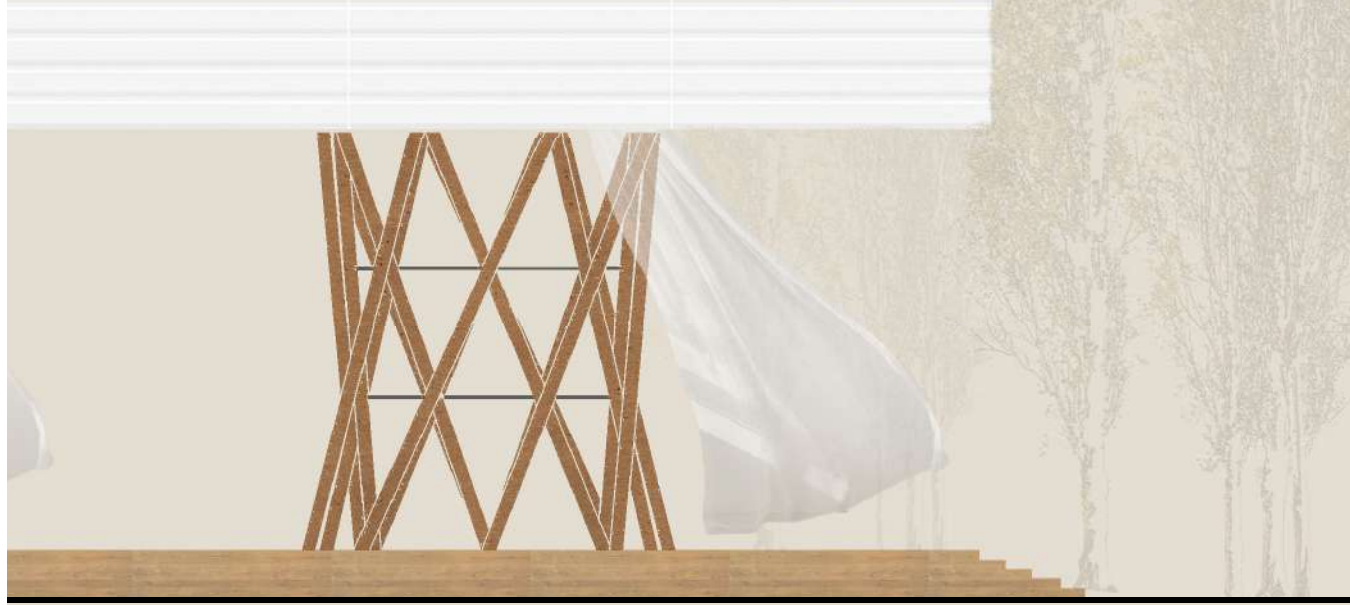




L 0,65

J

5,85

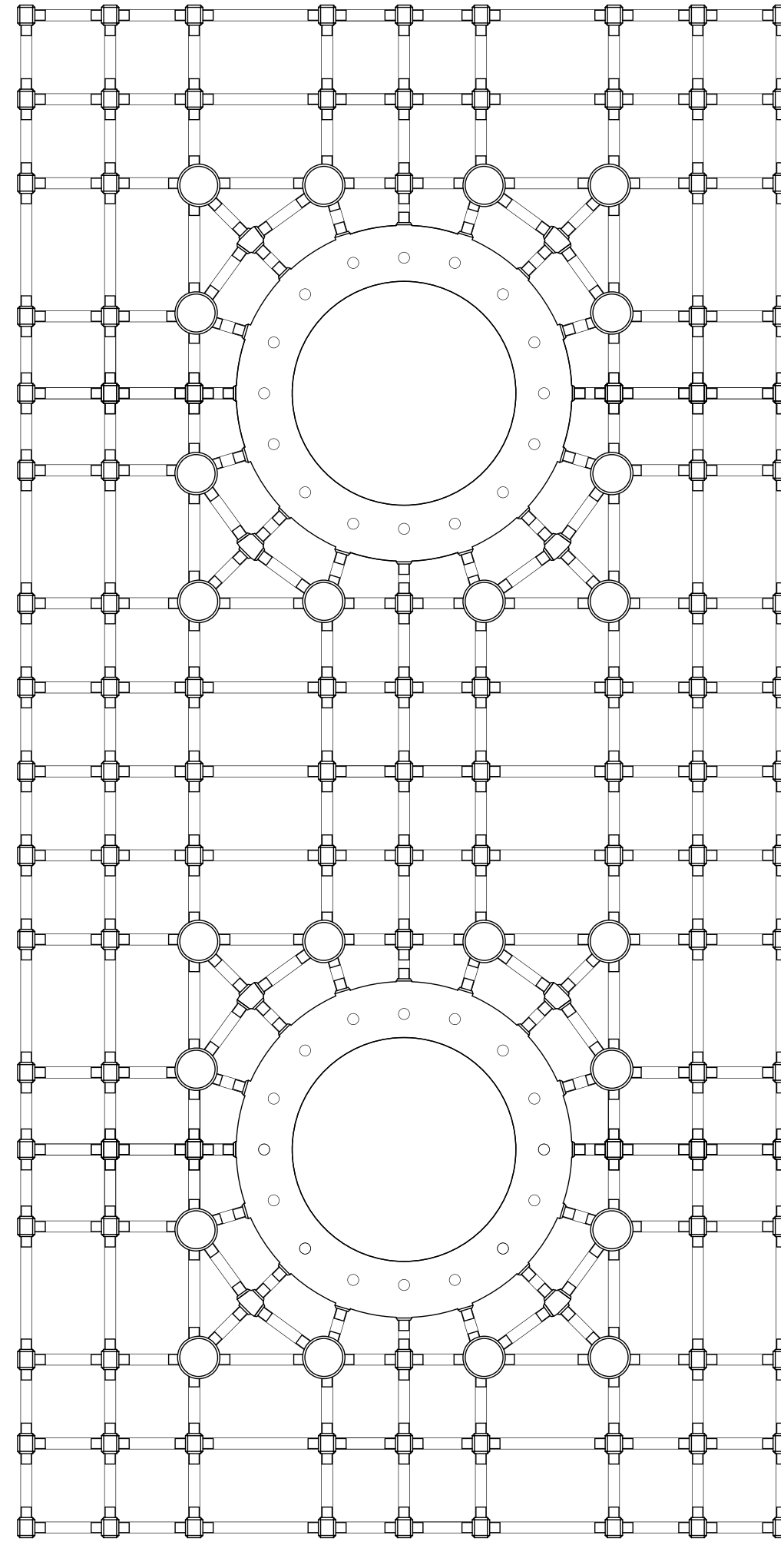


L

J

8,20

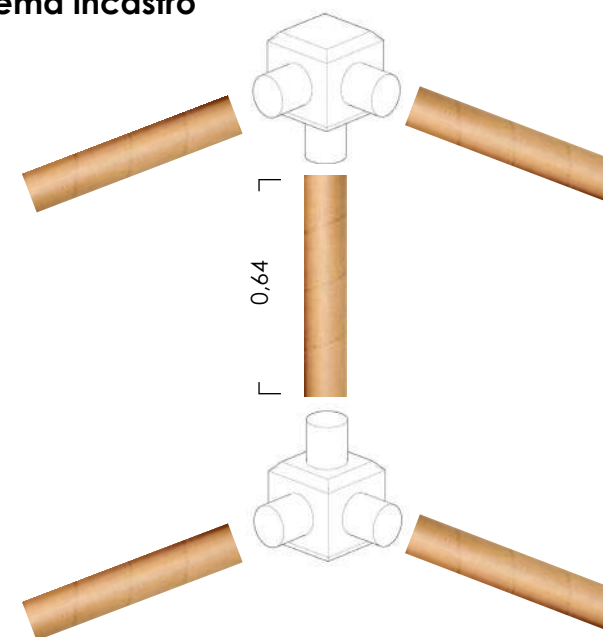
Pianta struttura solaio reticolare, scala 1:100





# Incastro e differenziazione nodi

## Schema incastro

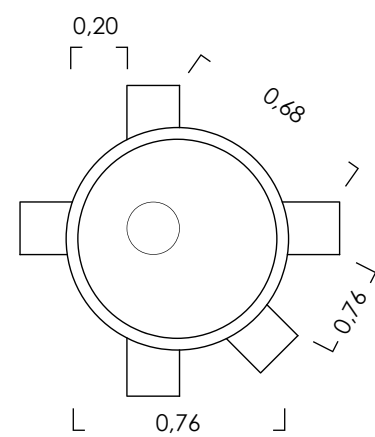
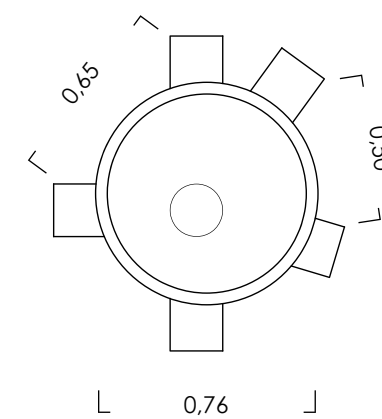
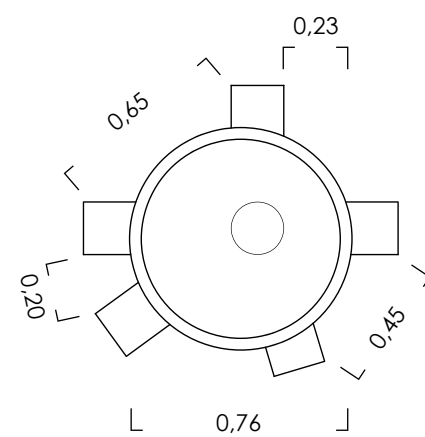
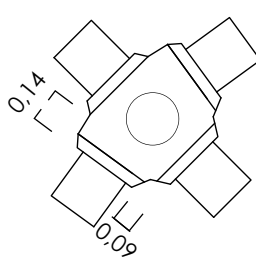
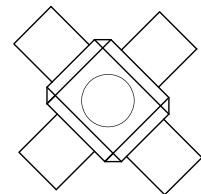
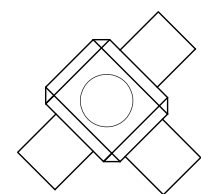
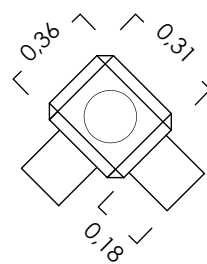
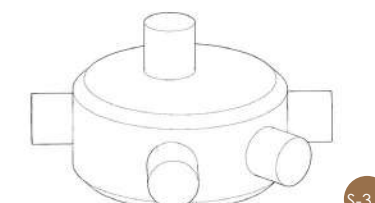
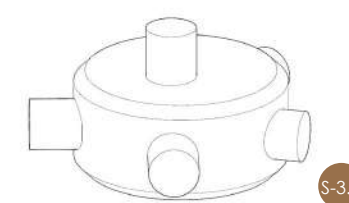
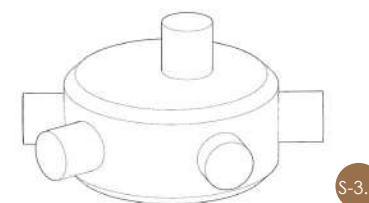
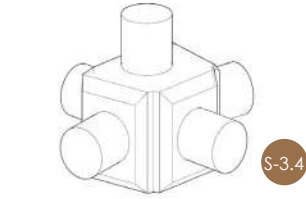
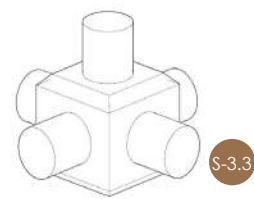
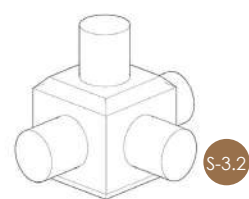
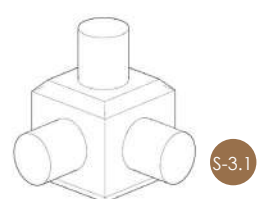
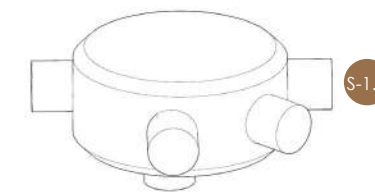
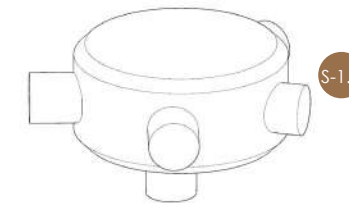
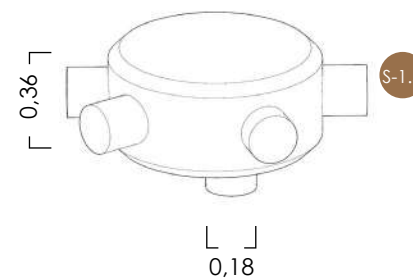
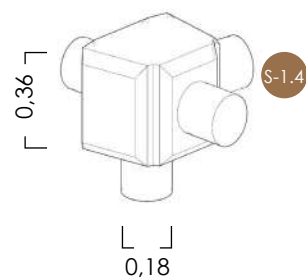
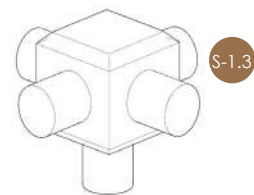
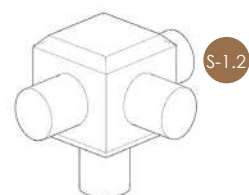
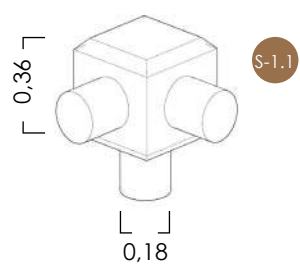


S-1 Nodi superiori in legno per aggancio tubi di cartone

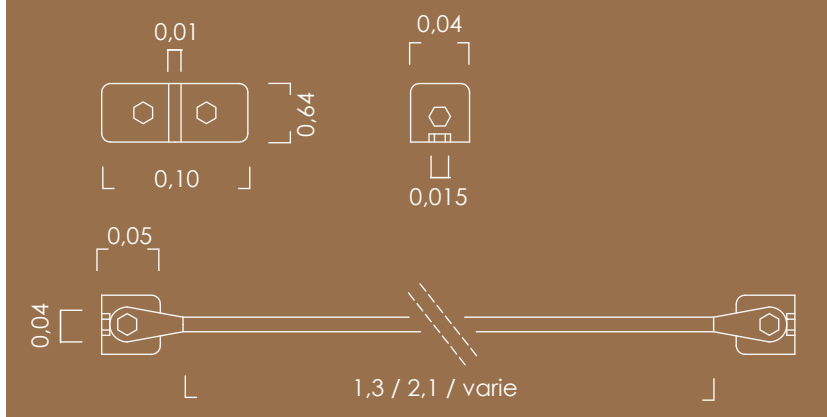
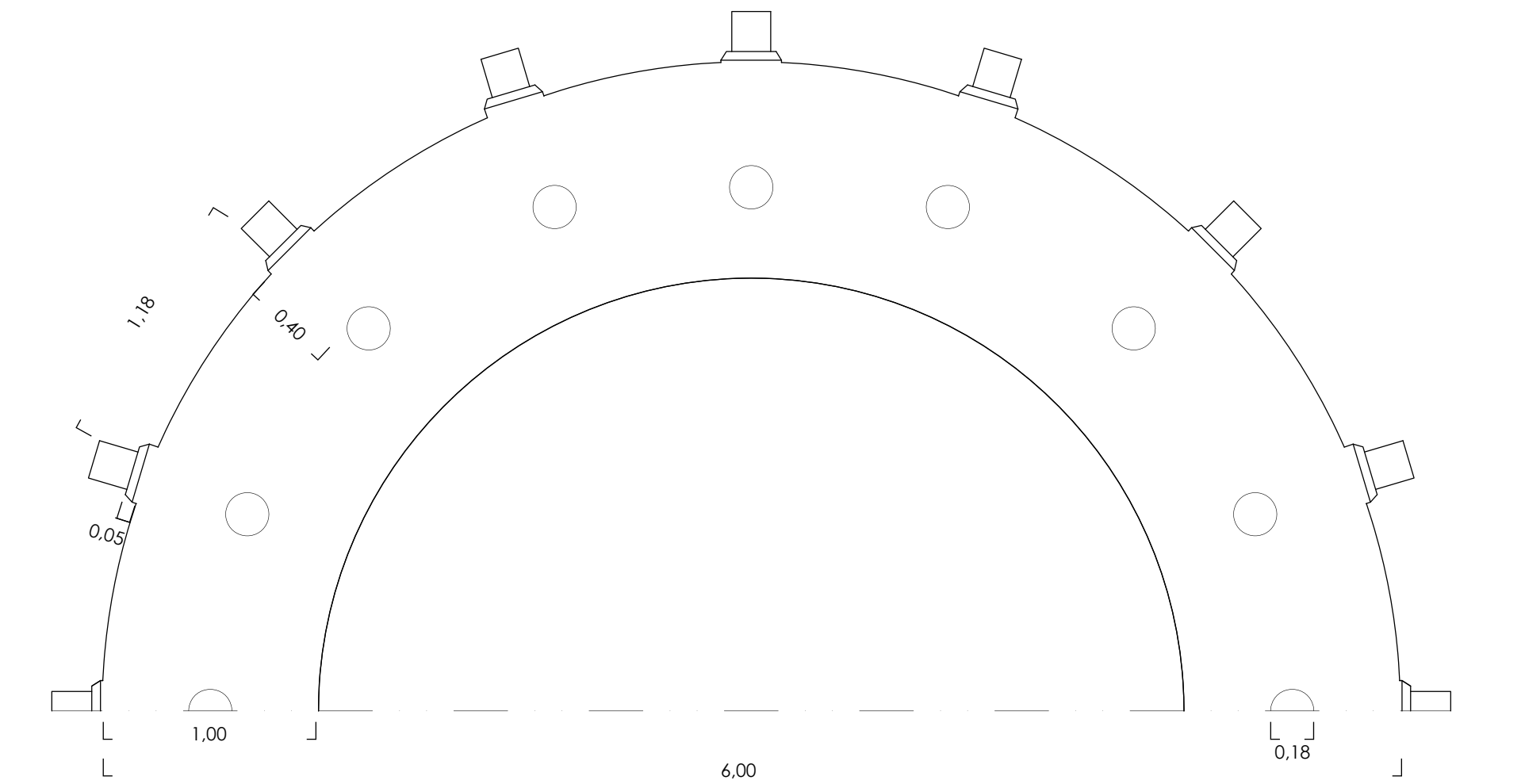
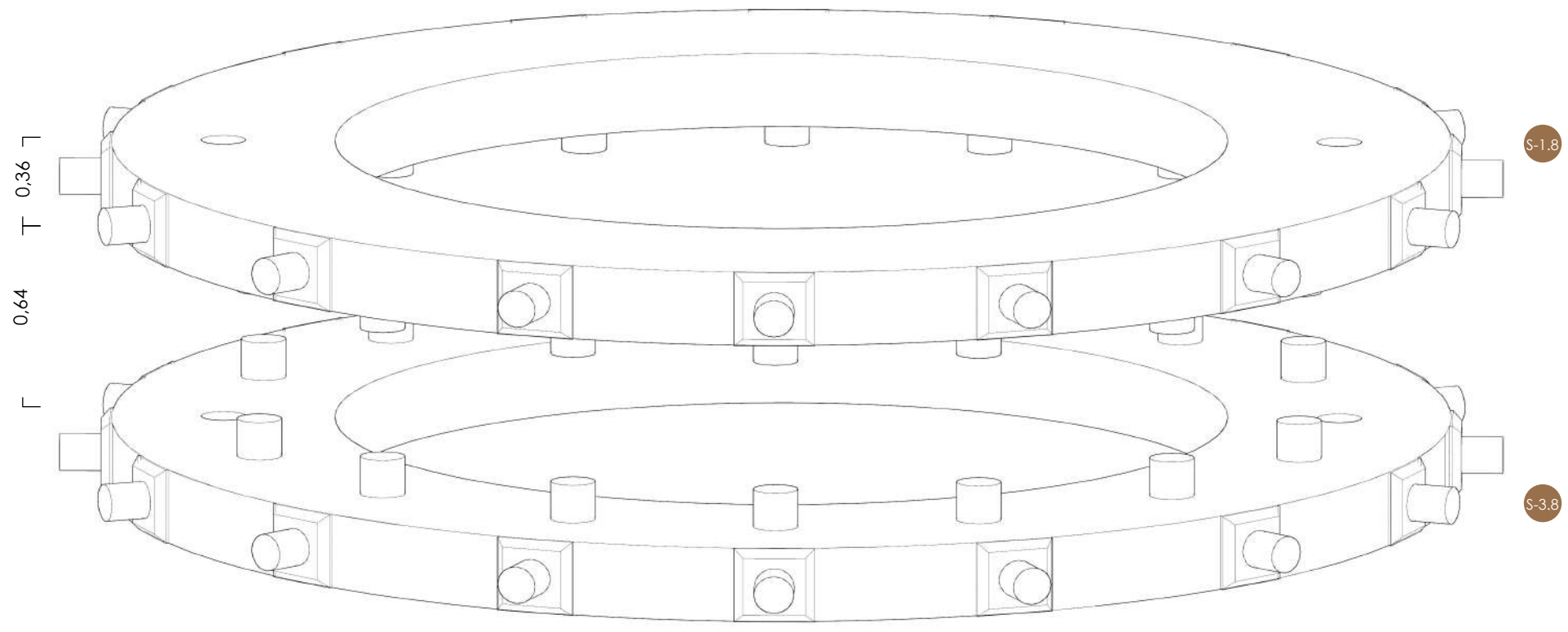
S-2 Aste in tubi di cartone, Ø20 cm, h 64 cm, sp 10 mm

S-3 Nodi inferiori in legno per aggancio tubi di cartone

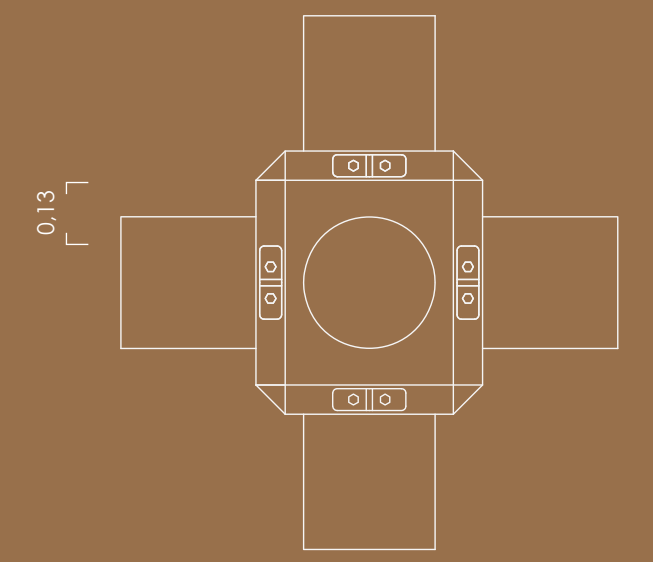
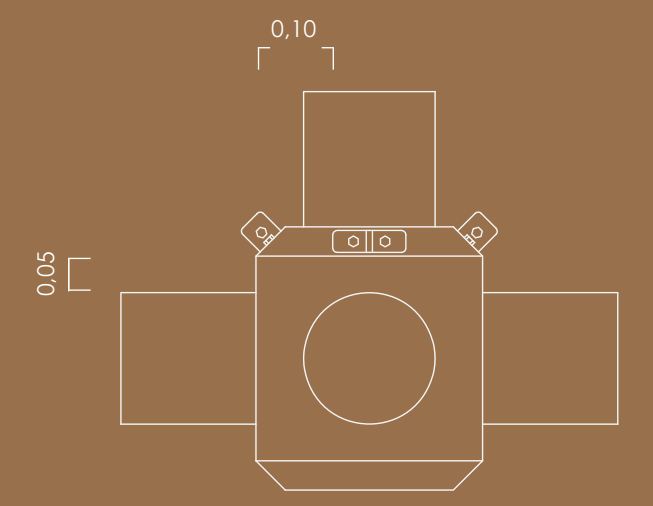
## Tipologie nodi, scala 1:25



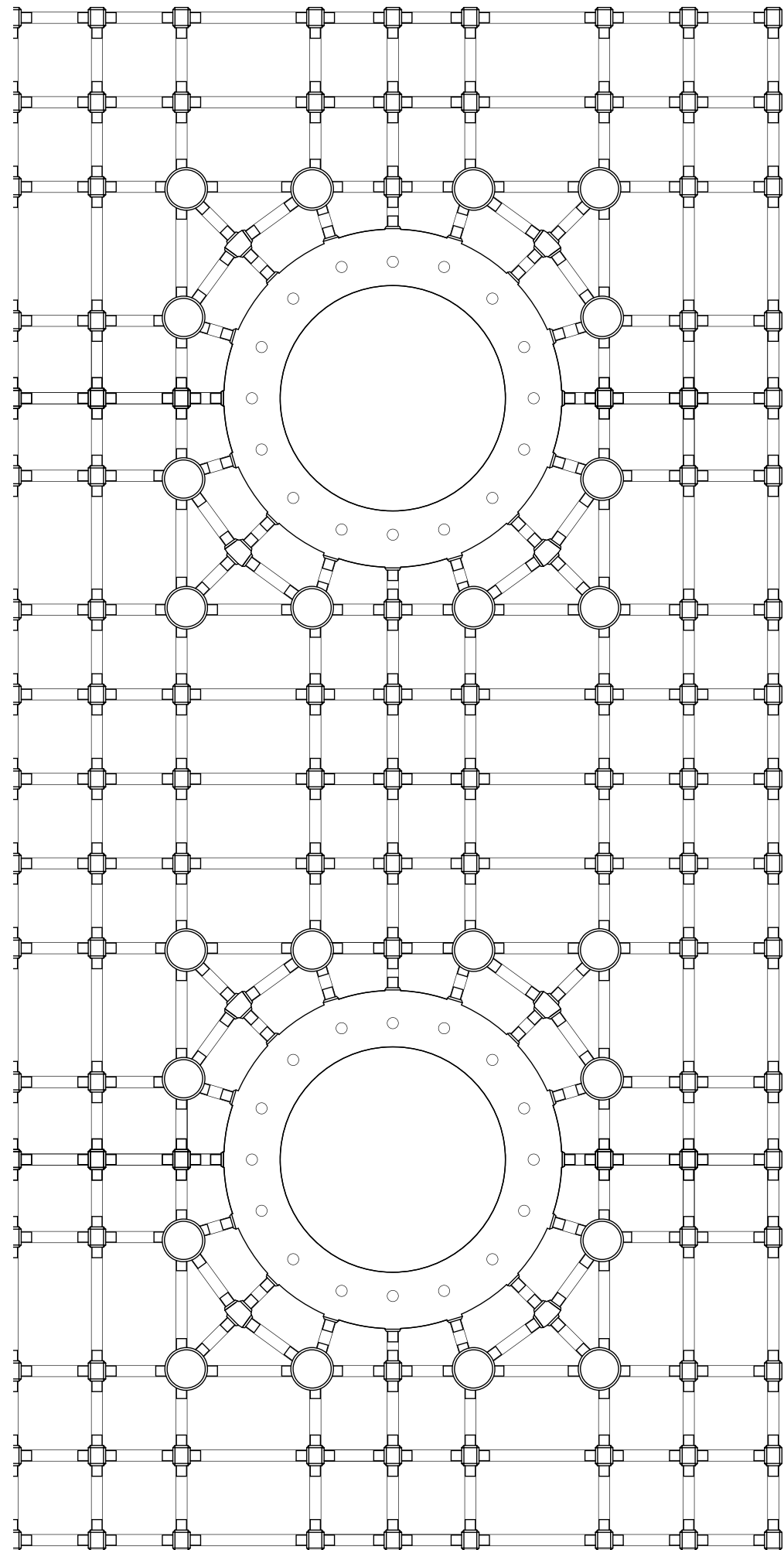




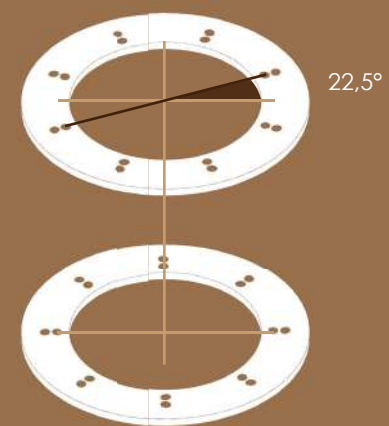
**Dettaglio diagonali e piastre,  
scala 1:5**



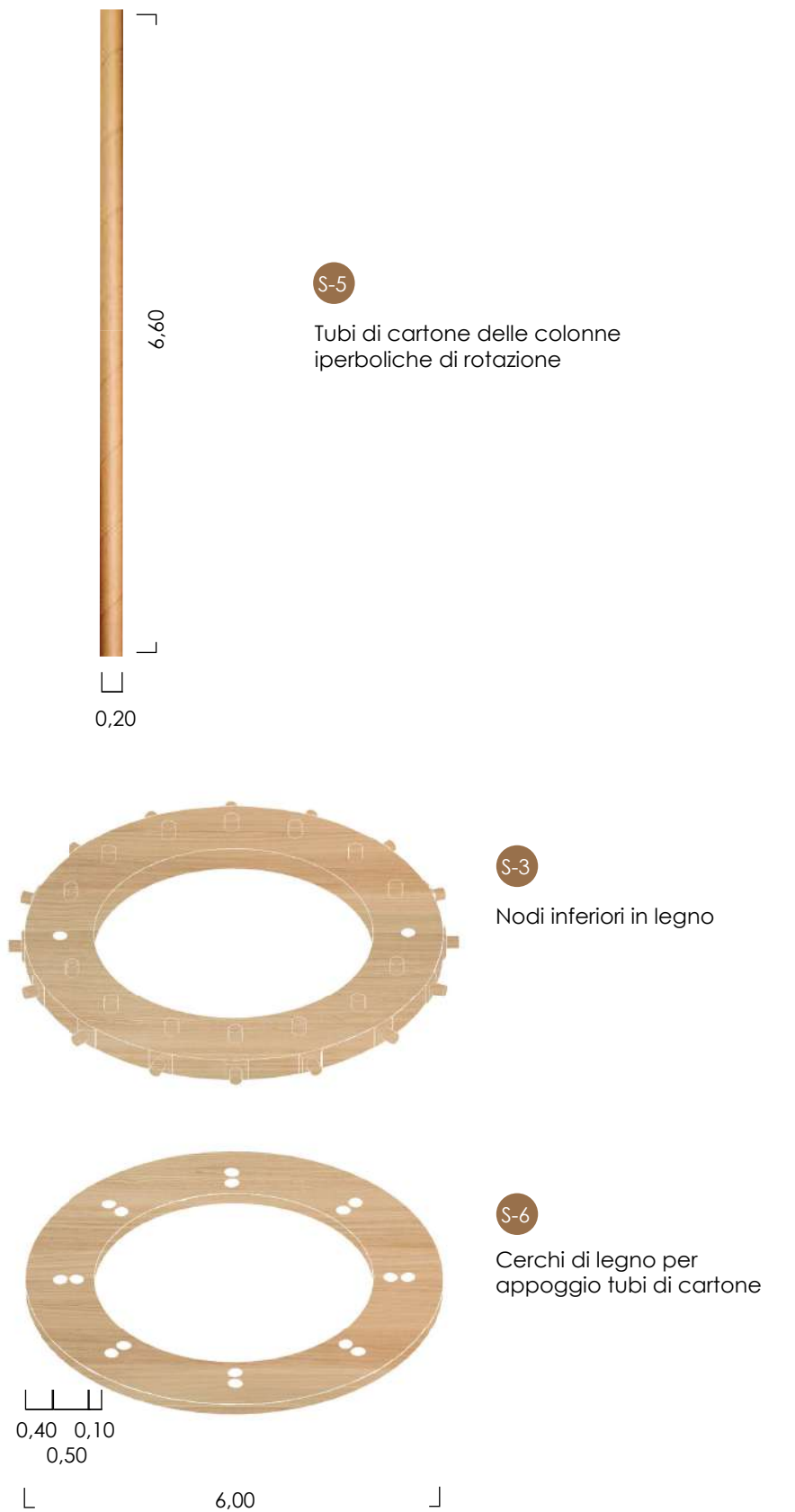
**Dettaglio posizionamento piastre,  
scala 1:10**

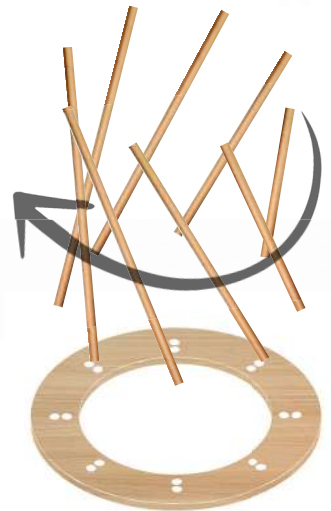


Il nodo inferiore rispetto al cerchio di appoggio è ruotato di  $22,5^\circ$ , per creare la forma di iperboloidi di rotazione, quindi a loro volta i tubi saranno inclinati rispetto l'asse orizzontale di  $65^\circ$ .

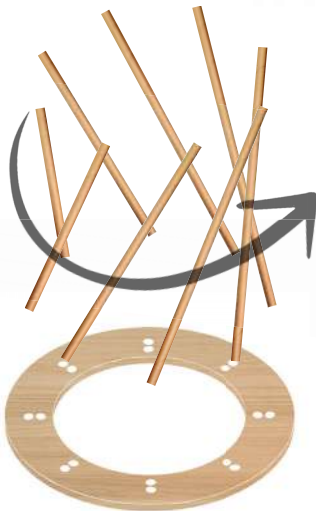


## Particolare montaggio della colonna iperbolica





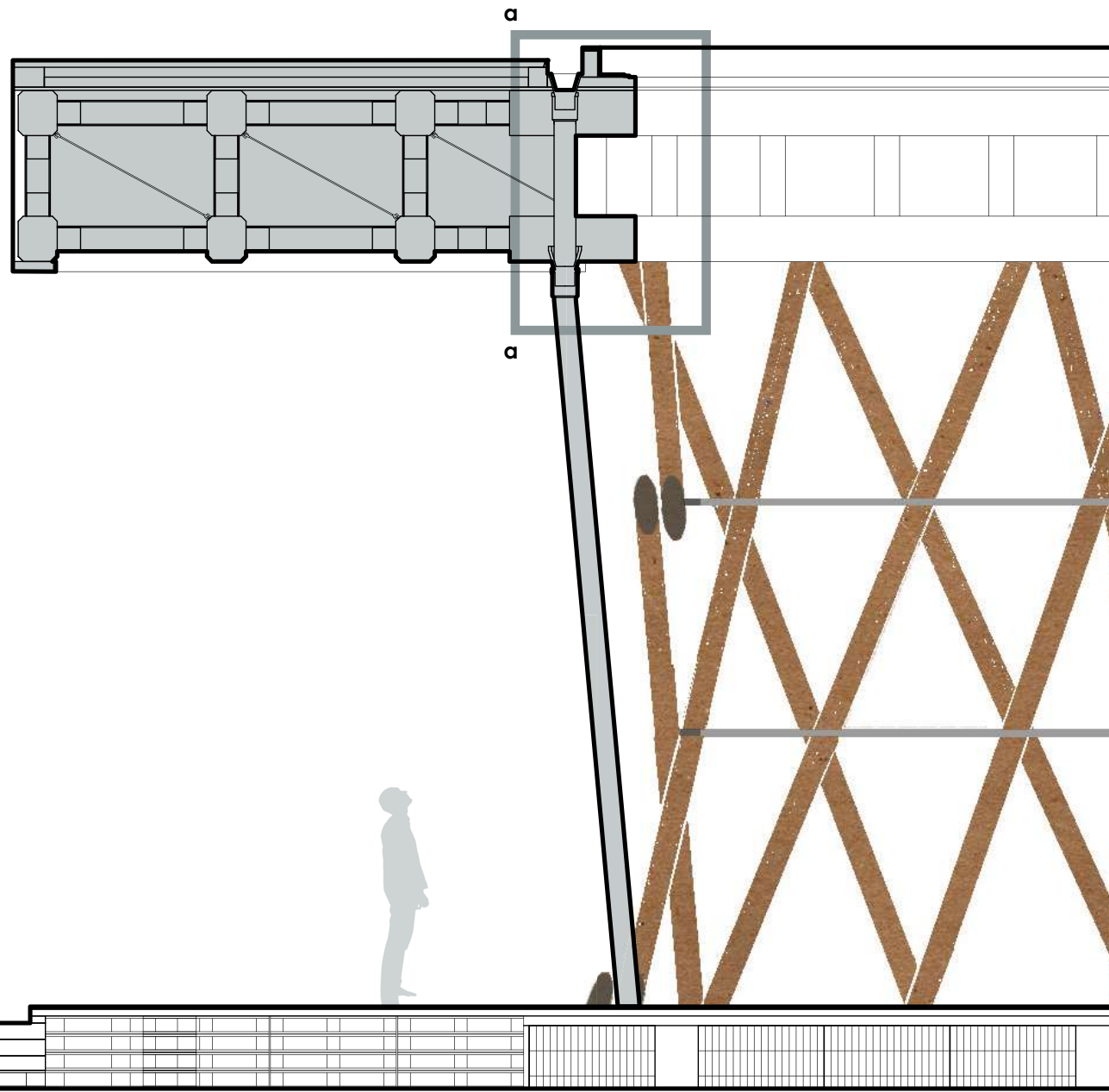
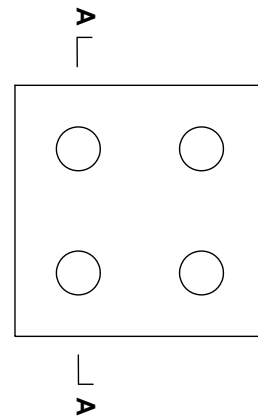
1° Schema rotazione verso sinistra



2° Schema rotazione verso destra

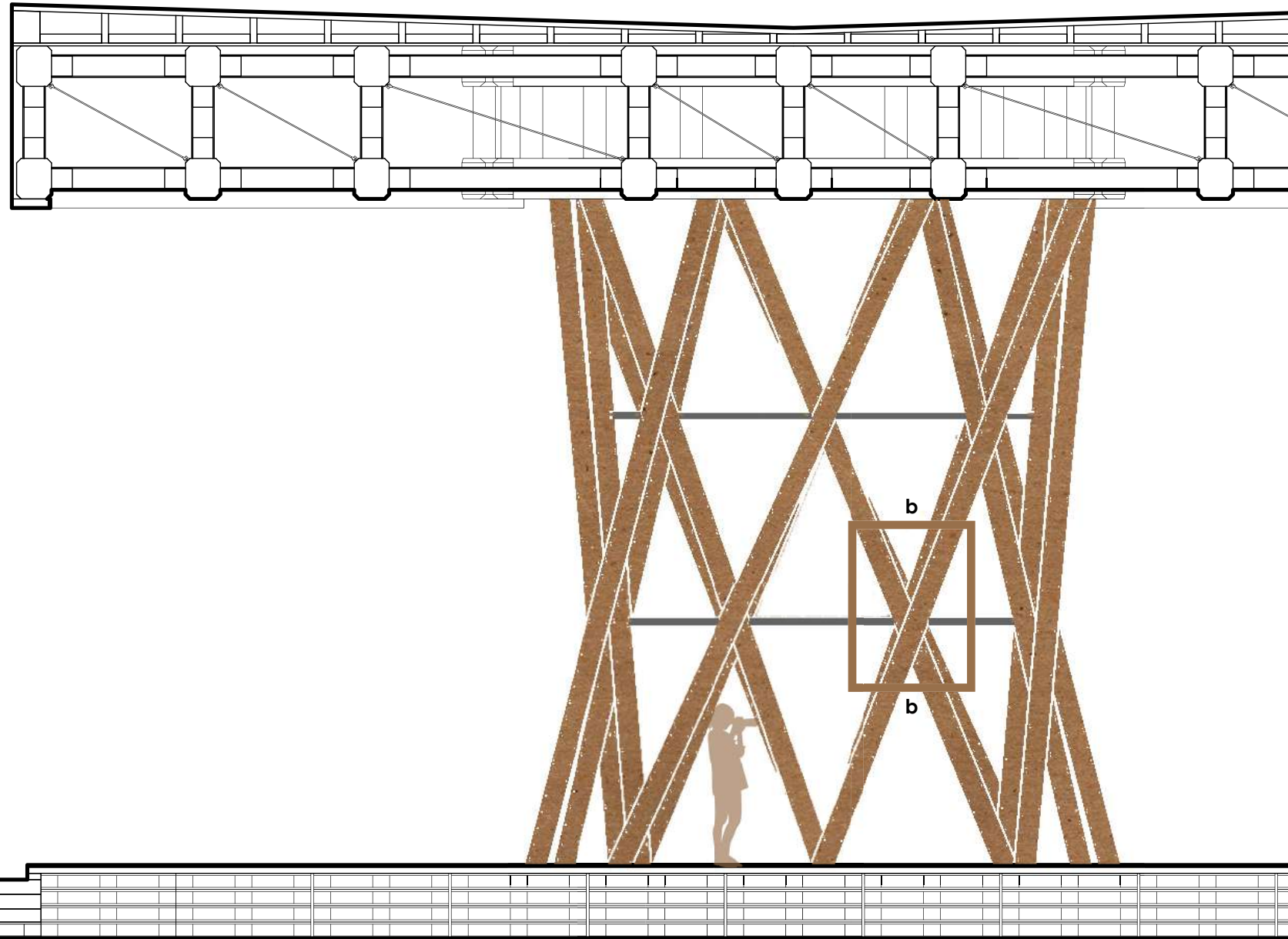
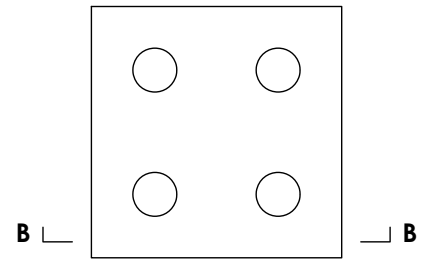


Schema completo

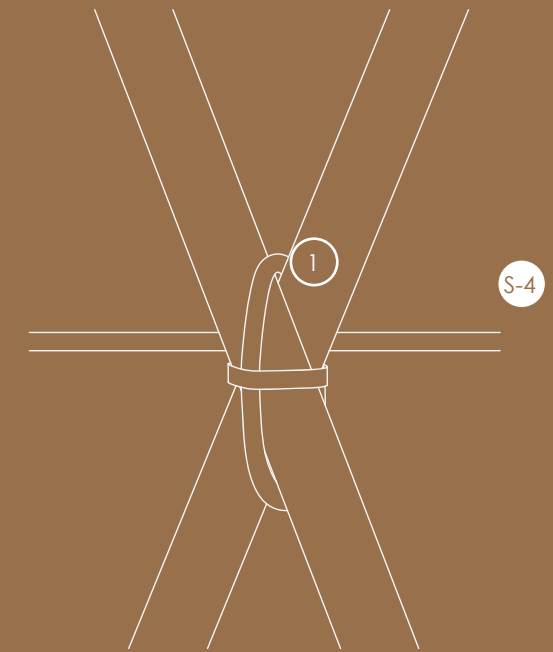


Sezione A-A,  
scala 1:200

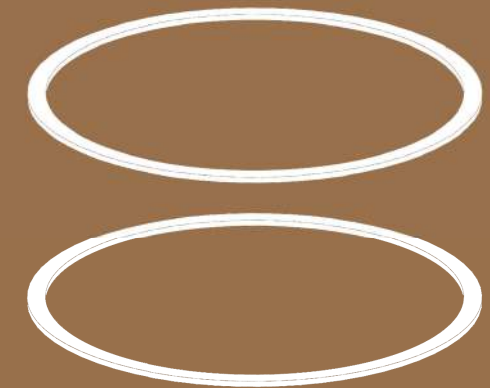




**Sezione B-B,  
scala 1:200**



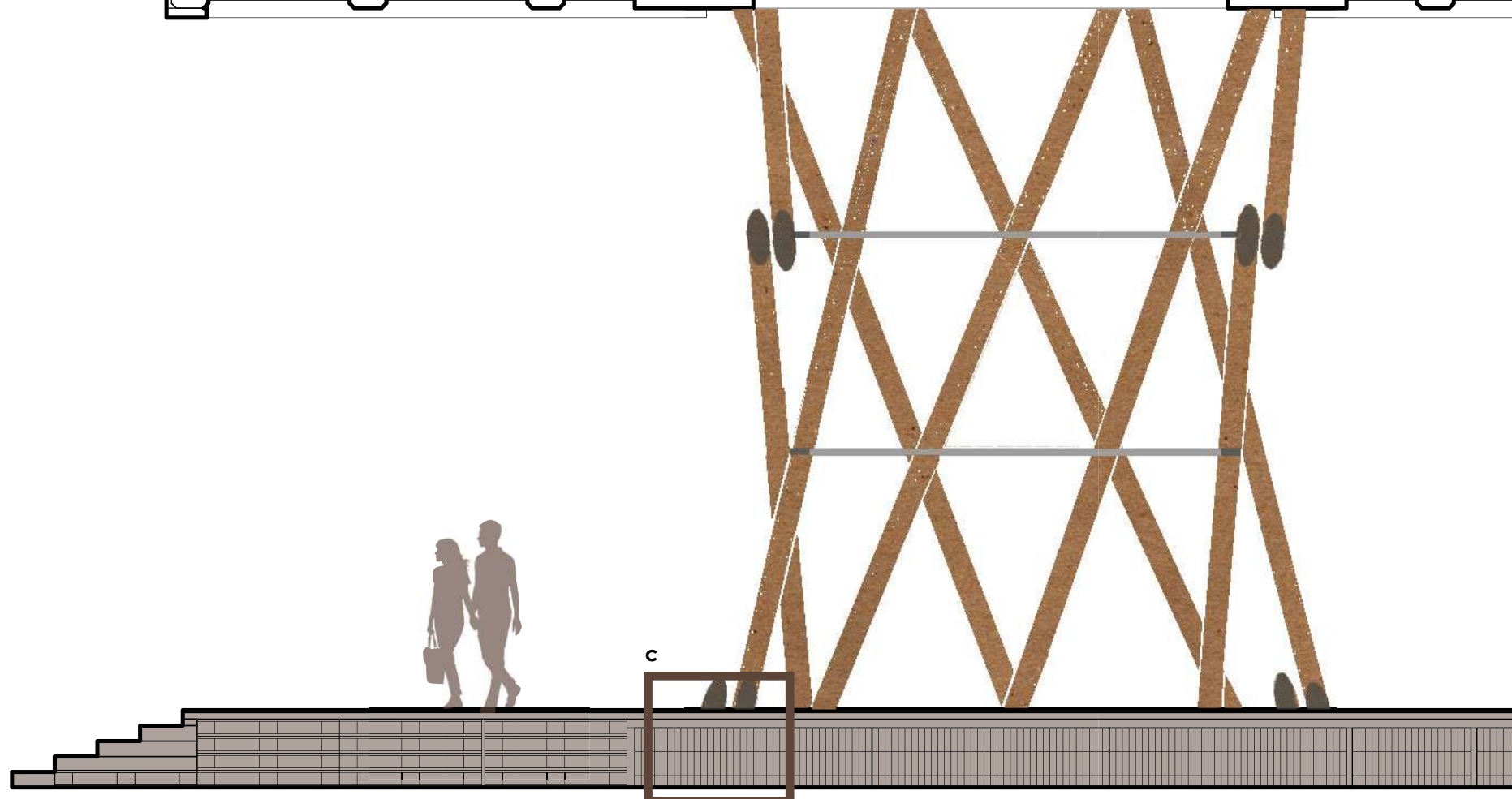
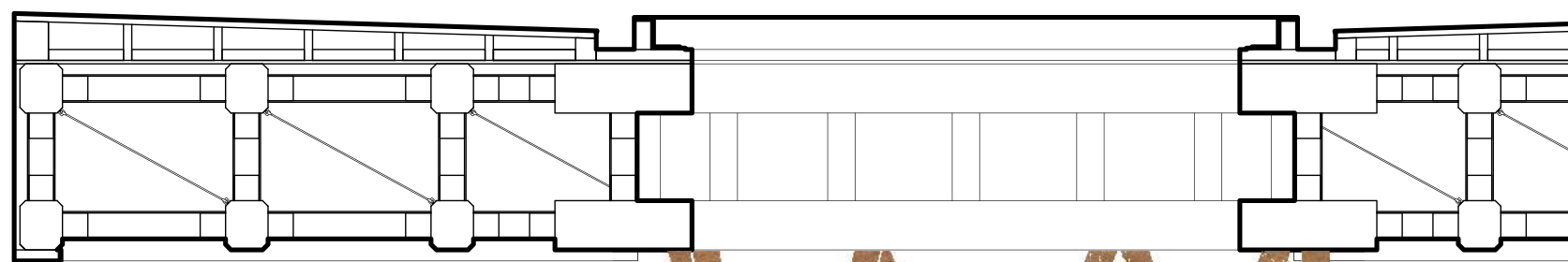
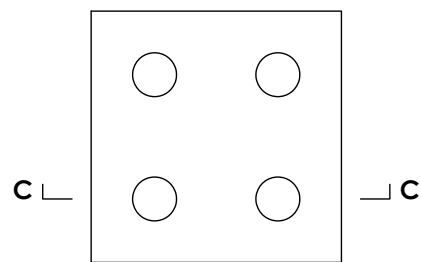
**Dettaglio b-b - Incastro tubi cartone,  
scala 1:20**



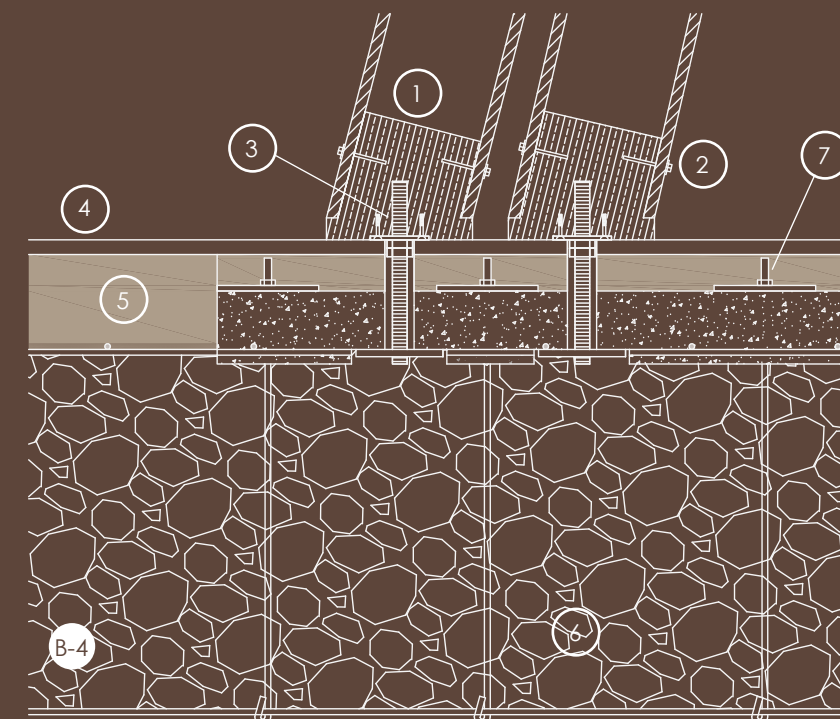
**S-4 Anelli in acciaio di rinforzo**

S-4: Anelli in acciaio di rinforzo,  
Ø3,70 m, larghi 150 mm, sp 50 mm

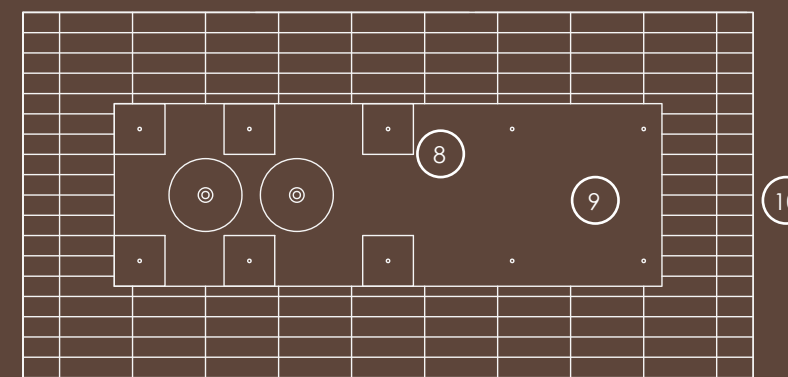
1: Cinghia a cricchetto per incastro tubo-tubo,  
lunghezza 2 m, larghezza 50 mm



**Sezione C-C,  
scala 1:200**



**Dettaglio c-c - Incastro tubi di cartone con  
fondazioni,  
scala 1:10**



**B-4 Fondazioni a secco in gabbioni  
strutturali in rete elettrosaldata,  
scala 1:20**

B-4: Fondazioni a secco in gabbioni strutturali in rete elettrosaldata, lunghezza 2 m, larghezza 1 m, spessore 50 cm.

- |                                |                              |
|--------------------------------|------------------------------|
| 1: Giunto cilindrico in legno; | 6: Pietrame;                 |
| 2: Bulloni;                    | 7: Tirafondi;                |
| 3: Barra filettata;            | 8: Piastre;                  |
| 4: Tavolato in pannello OSB 3; | 9: Lastra cemento, sp 50 mm; |
| 5: Listelli in legno;          | 10: Rete elettrosaldata.     |

## Versatilità: moduli e tende

**La versatilità architettonica rende il padiglione adattabile a una vasta gamma di contesti e scopi.**

### Moduli

Composizione, aggregazione, **flusso di persone**. Essi consentono diverse configurazioni in base al flusso di persone previsto e alla destinazione d'uso, sia in formato singolo, doppio o quadruplo. Questa capacità di combinazione dei moduli dà vita a diversi schemi spaziali, tra cui "villaggio," "percorso" o "isole," a seconda della distribuzione spaziale dei moduli. Queste composizioni architettoniche rendono il padiglione adattabile a una vasta gamma di contesti e scopi.

### Tendaggi

Flessibilità, destinazione d'uso, **flusso di spazio**. La flessibilità degli spazi interni all'interno di ciascun modulo è ulteriormente amplificata attraverso l'uso di tende mobili. Queste tende sono appese a binari agganciati al soffitto tramite ganci in alluminio. La scelta di tessuti differenti consente di regolare la quantità di luce e la privacy, creando spazi che possono essere adattati alle esigenze specifiche delle diverse destinazioni d'uso. Le ipotesi d'uso del padiglione includono una vastità di applicazioni, tra cui: teatro, aree ludiche, spazi co-working, aree sociali, spazi espositivi, stand fieristici, aree relax e ristoro. Le tende consentono di suddividere gli spazi interni in base alle esigenze del momento, fornendo un ambiente dinamico e flessibile che si adatta alle diverse attività.

I motivi per cui nel progetto ho voluto inserire le tende sono vari, ma uno di quelli è proprio l'ideologia che c'è dietro, come le tende dei nomadi che sono mezzi con i quali loro vivono, le loro case. Hanno molteplici funzioni e non intaccano il panorama delle generazioni future, in quanto effimere. Quindi ho voluto inserire un breve capitolo tratto dal libro "Tende: Architettura dei Nomadi" per descrivere meglio il significato della tenda in questo progetto:

*«Le tende costituiscono la vera «architettura»: la parola architetto deriva dal greco ἀρχιτέκτων che riunisce due radici (αρχι e τέκτων) il cui significato è rispettivamente « comandare, dirigere » e « intrecciare, fabbricare ». Si sta riscoprendo per quel che sono, abitazioni pratiche, poco costose e semplici da costruire.*

*Nello studio delle tende è necessario fare attenzione al valore proprio delle abitazioni non-permanenti. La maggior parte delle tende nomadi resta in piedi quanto il nucleo familiare che vi abita, ma quando la famiglia della tenda si estingue, muore anche la sua abitazione. Il contrario avviene per le nostre case. Tradizionalmente destinate a durare per generazioni, spesso sono distrutte prima di essere rovinate o vengono lasciate deperire per trascuratezza. Forse dovremmo costruire abitazioni meno durature. Frei Otto ha indicato come un vantaggio la natura temporanea delle sue strutture perché - egli ha detto - « non ingombreranno il panorama alle future generazioni ».*

*La tenda è importante come riparo ma non allo stesso modo in cui lo sono per noi le nostre case o i nostri luoghi di lavoro. La tenda non costituisce un netto limite tra l'esterno e l'interno, come noi siamo abituati a considerare le nostre case.*

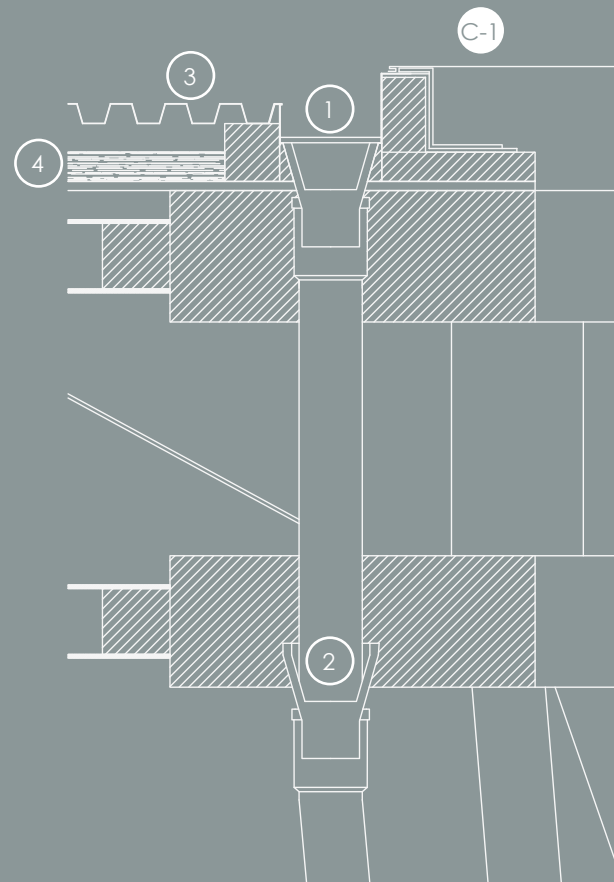
*Quando il tempo è brutto il vento soffia attraverso le aperture della tela, la pioggia cola attraverso il tetto, o la neve cade attraverso l'apertura per il fumo. Ma il nomade, che preferisce questo contatto con l'esterno, si sente a casa in queste condizioni.*

*Lo spazio all'interno delle comuni tende nomadi non è molto e deve così essere organizzato con cura.*

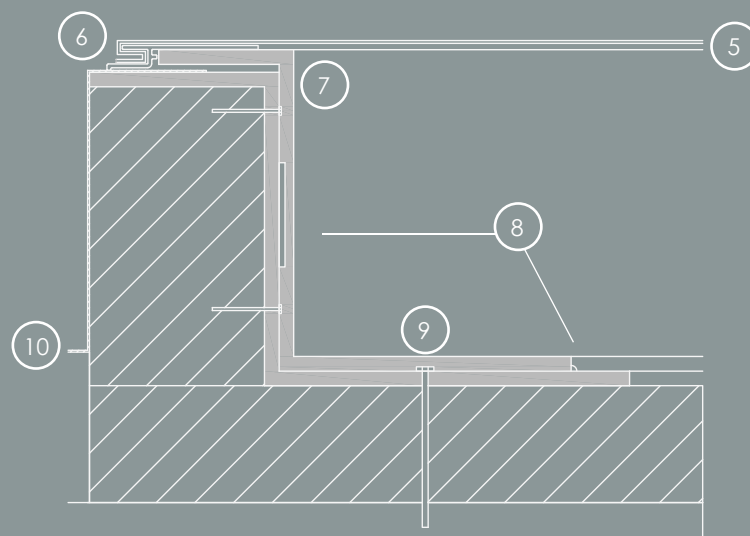
*I beni posseduti dai nomadi sono necessariamente poco numerosi, poiché tutto deve essere spesso spostato. Poiché la quantità di cose che il nomade può possedere deve essere limitata, ogni oggetto deve soddisfare **quante più funzioni è possibile**. Questo principio si applica specialmente alla tenda».*

### Versatilità Architettonica

La combinazione di tende e moduli costituisce la spina dorsale della versatilità del padiglione. Questa versatilità è un elemento chiave nel garantire che il padiglione possa essere utilizzato per una varietà di scopi e adattato alle mutevoli esigenze degli utenti. La capacità di ridefinire gli spazi interni attraverso l'uso di tende consente di ottimizzare l'utilizzo del padiglione in modo creativo ed efficiente.



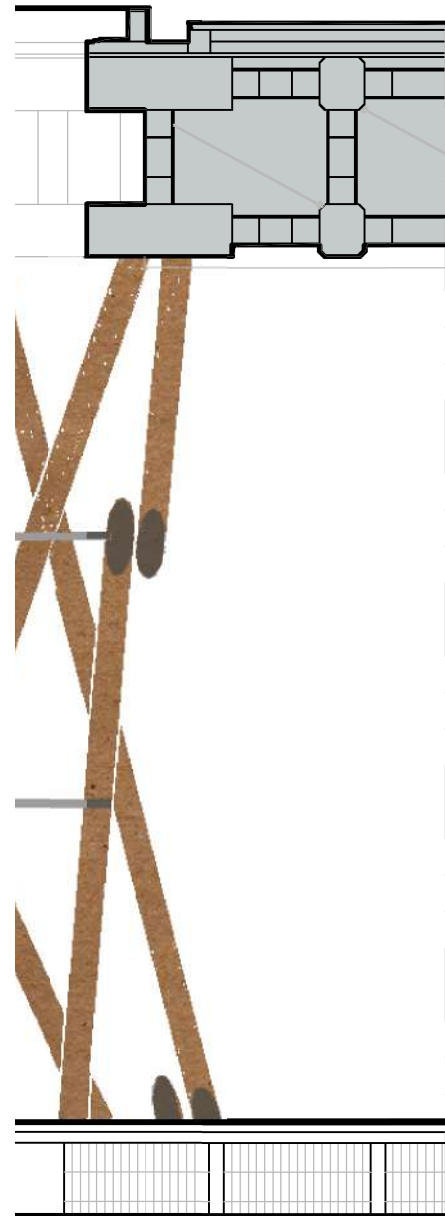
Dettaglio a-a - Smaltimento delle acque reflue, scala 1:20



C-1 Lucernario circolare in ETFE, scala 1:10

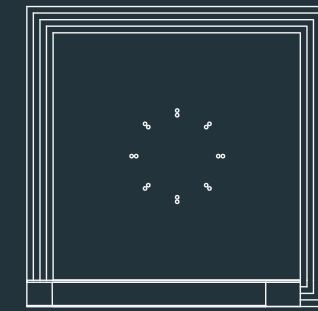
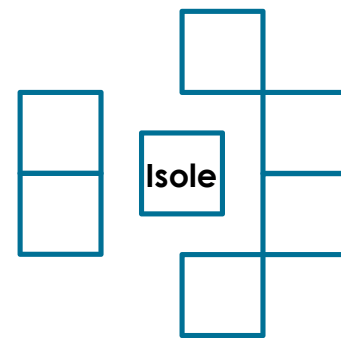
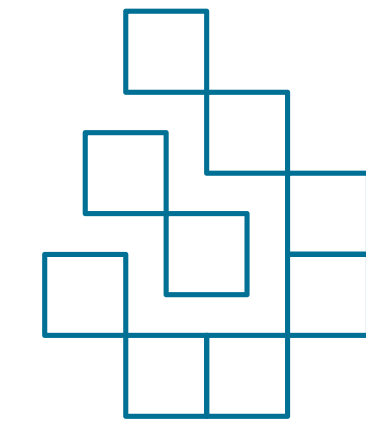
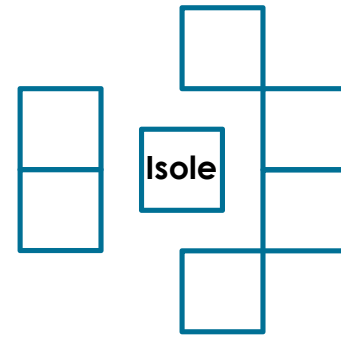
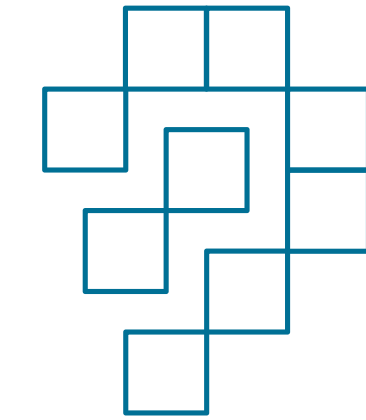
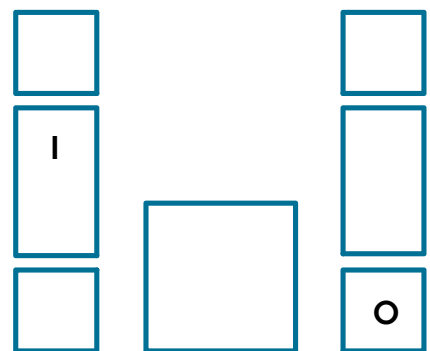
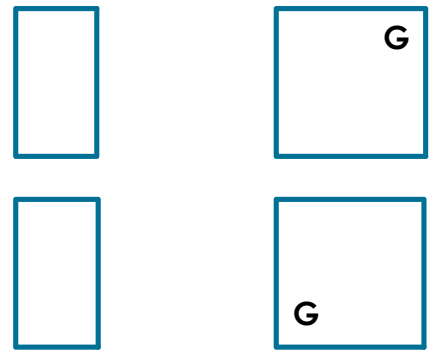
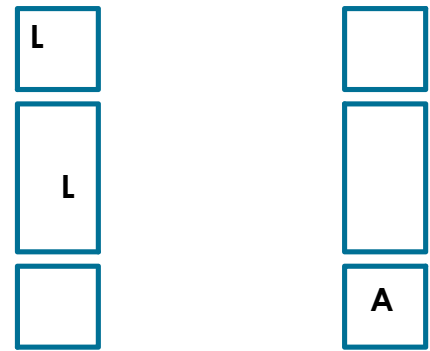
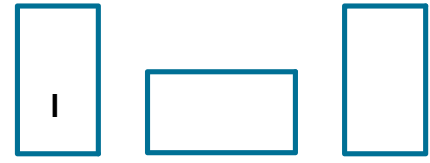
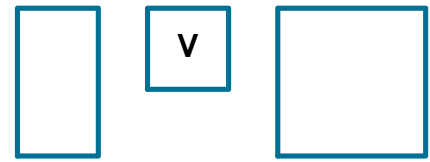
C-1: Lucernario circolare in ETFE, Ø 4,80 m, sp 2,00 mm.

- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| 1: Pluviale in alluminio, Ø20 cm;       | 6: Gancio per ETFE;                |
| 2: Raccondo pluviale;                   | 7: Profili L in acciaio, sp 10 mm; |
| 3: Lamiera grecata, sp 1,25 mm;         | 8: Saldature;                      |
| 4: Isolante termico in fibra di canapa; | 9: Viti autopercoranti;            |
| 5: Tessuto ETFE, sp 1,25 mm;            | 10: Grondaia, sp 1,25 mm.          |

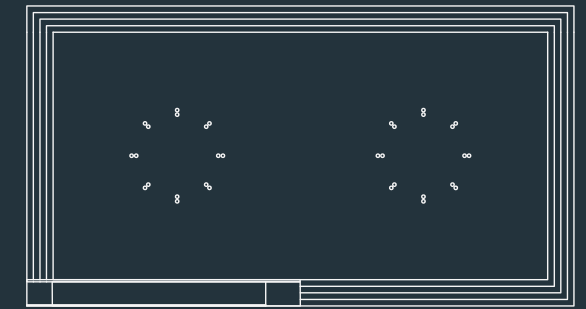




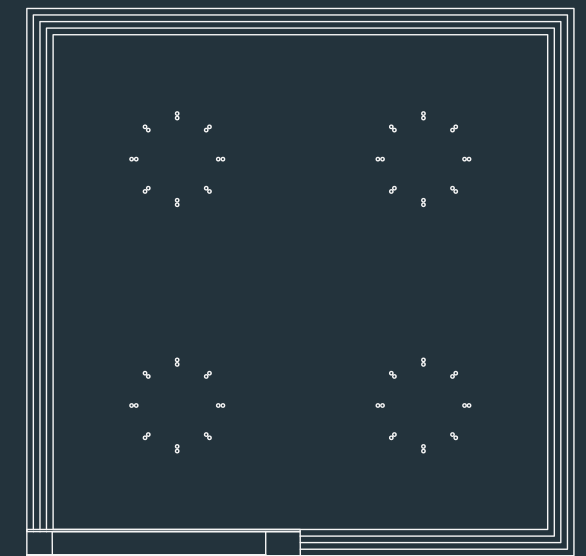
# Configurazioni Multi-Modulo



Modulo base



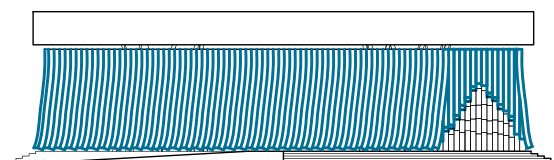
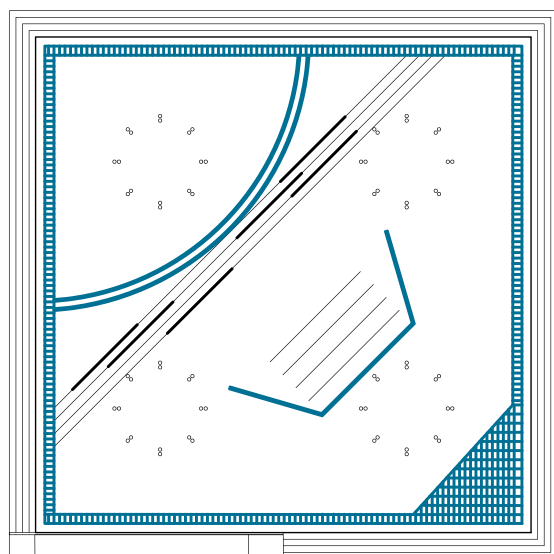
Modulo di 2



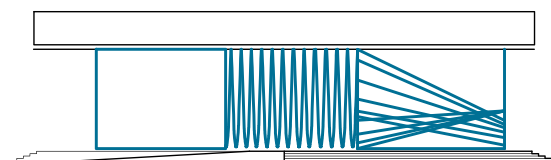
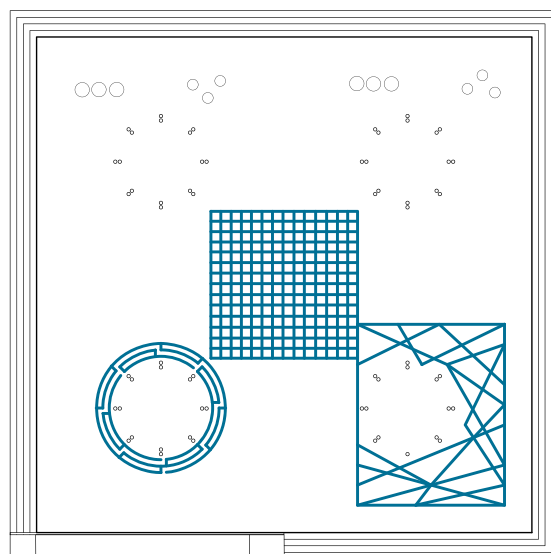
Modulo di 4

# ipotesi d'uso

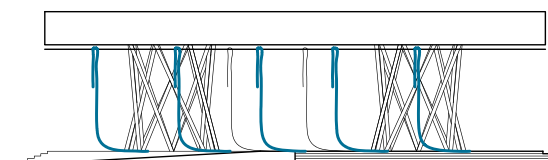
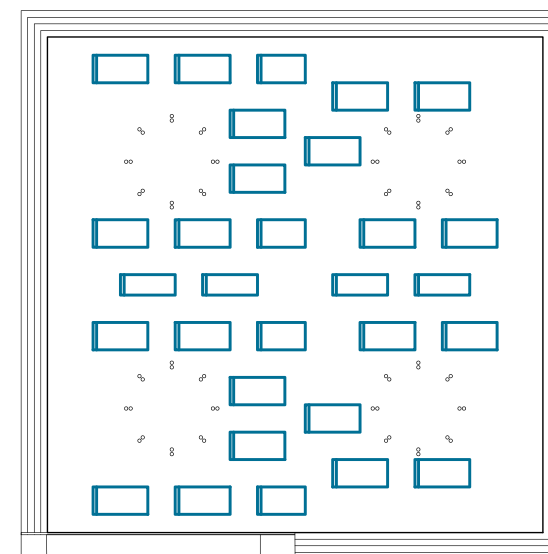
## Teatro



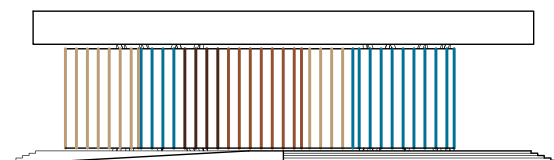
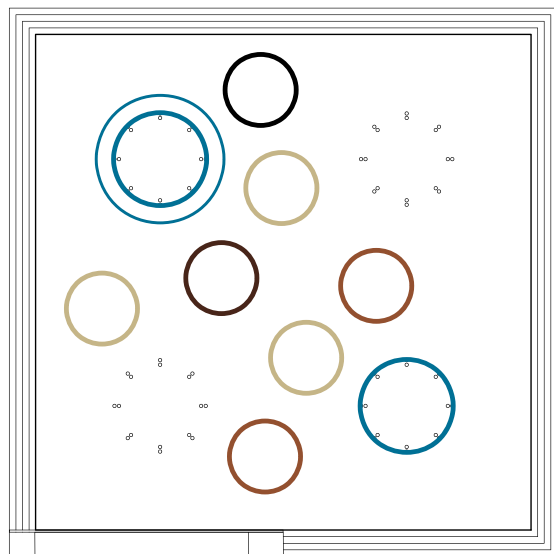
## Area Ludica



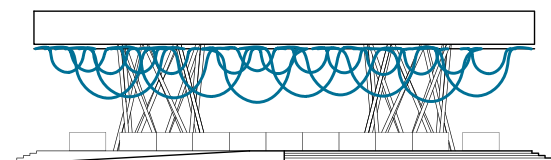
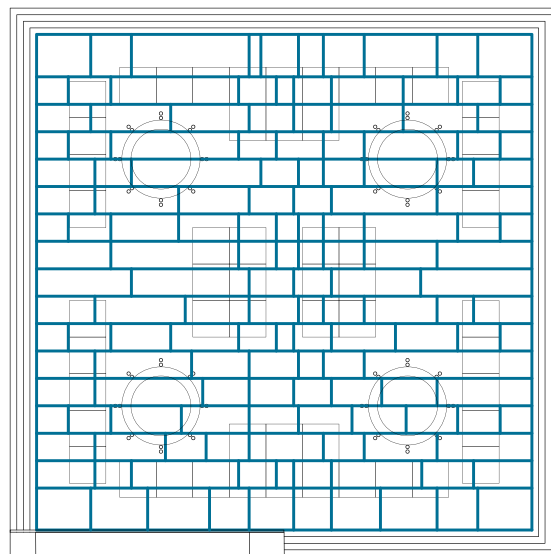
## Mostre



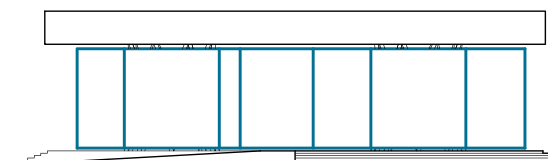
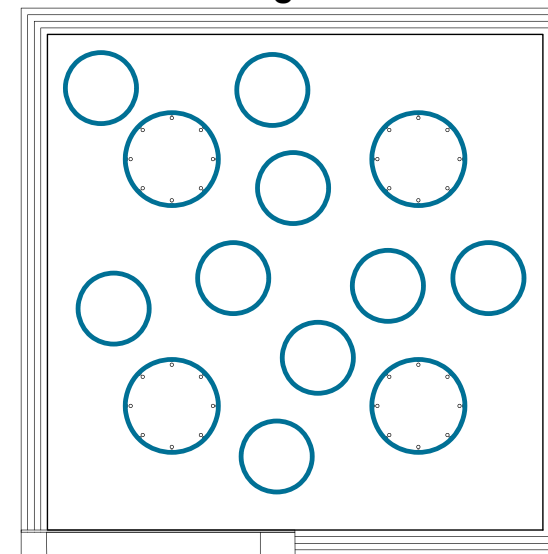
## Aree Sociali



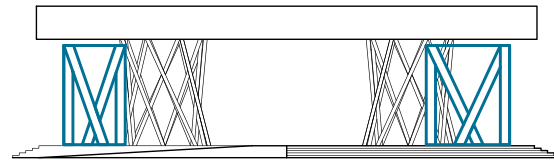
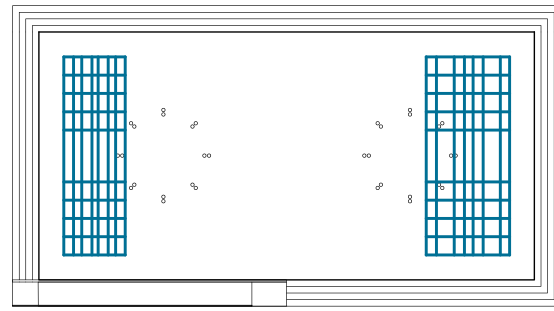
## Stand Fieristici



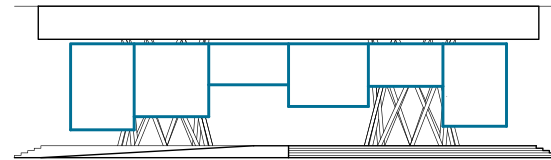
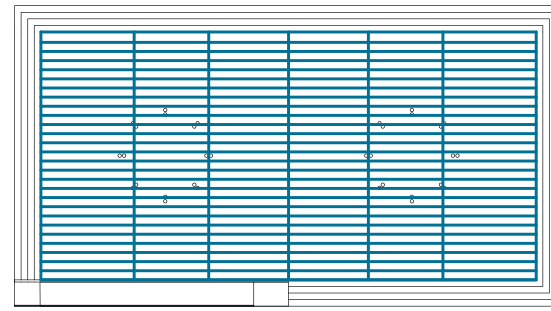
## Area Co-working



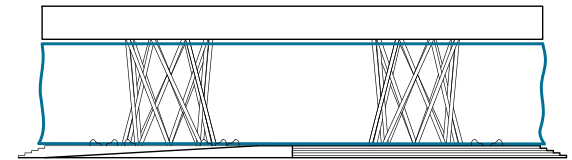
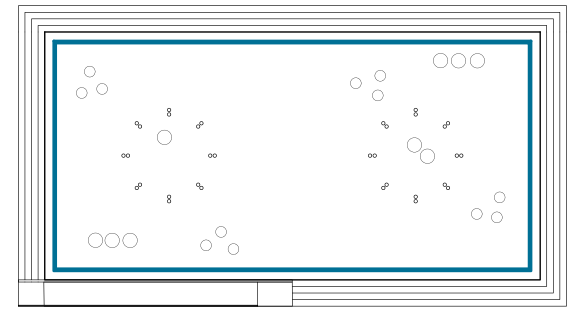
**Area Espositiva**



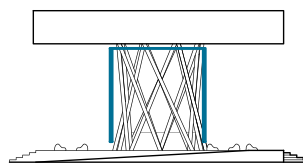
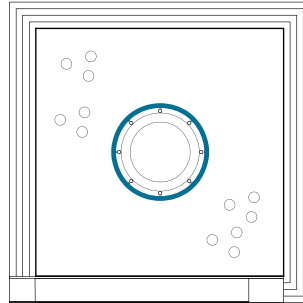
**Meeting**



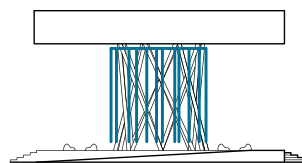
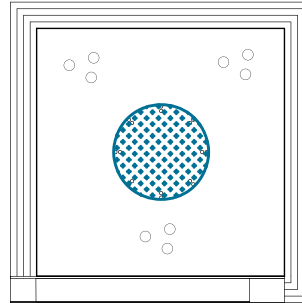
**Area Zen**



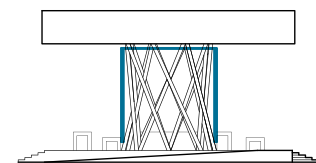
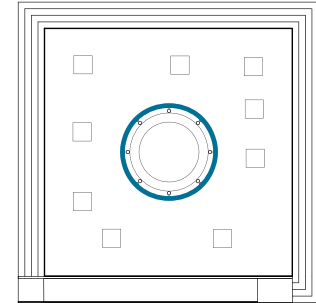
**Info-Point**



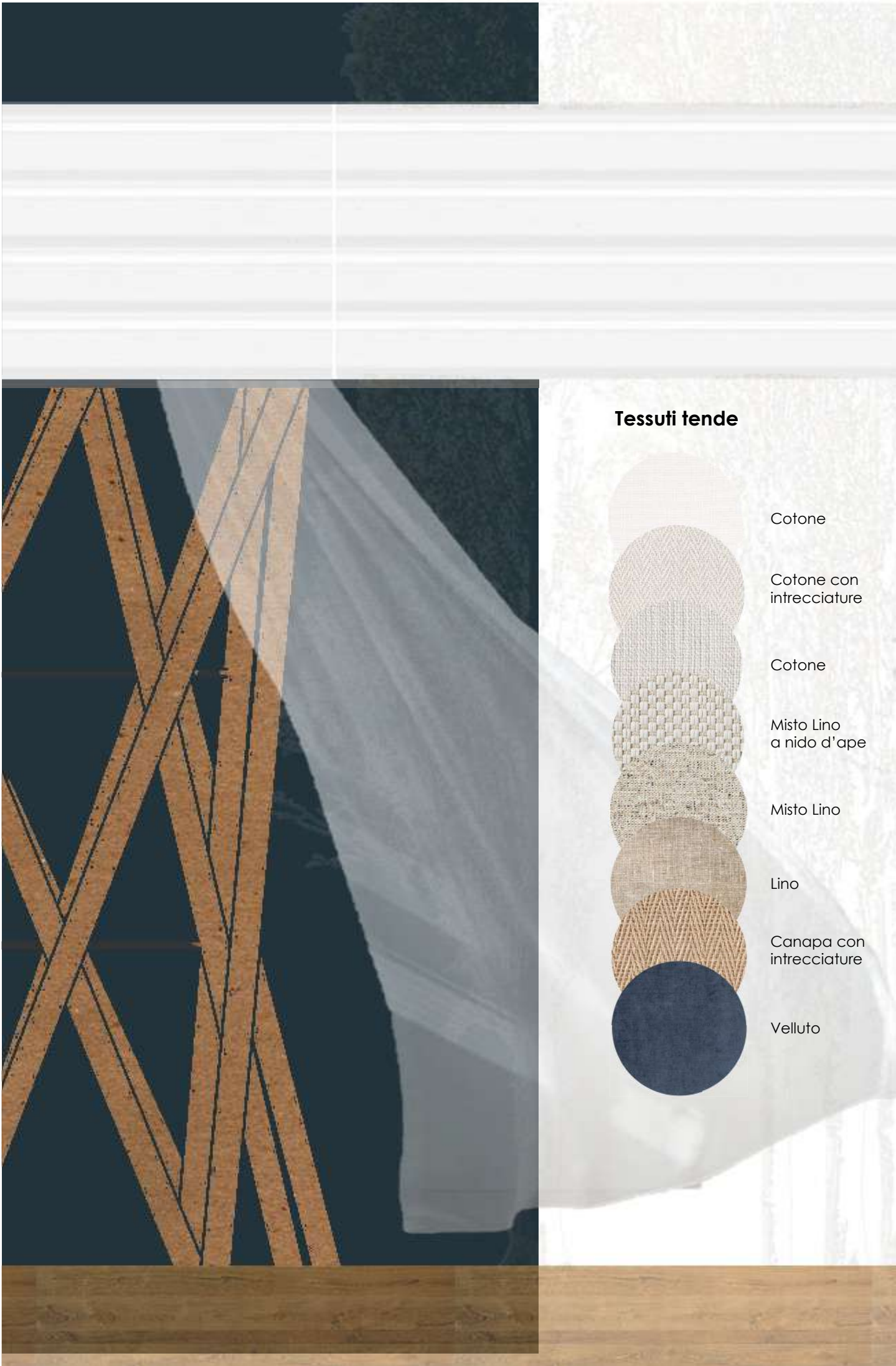
**Area Ricreativa**



**Chiosco**







**Tessuti tende**



Cotone

Cotone con intrecciature

Cotone

Misto Lino a nido d'ape

Misto Lino

Lino

Canapa con intrecciature

Velluto



### **Approccio sostenibile**

Un obiettivo chiave del progetto è l'impiego di materiali provenienti da riciclo e riuso, interamente riciclabili, biodegradabili o riutilizzabili a fine vita. Questo approccio promuove la sostenibilità e la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> nel settore delle costruzioni.

Questo progetto rappresenta un esempio concreto di come l'architettura possa abbracciare l'innovazione dei materiali e delle soluzioni strutturali per affrontare le sfide attuali legate alla sostenibilità. L'uso innovativo del cartone tubolare come materiale principale e l'adozione di soluzioni strutturali creative contribuiscono a creare uno spazio architettonico indeformabile, flessibile e sostenibile.

### **Risultati**

Questo progetto ha dimostrato con successo che il cartone tubolare può essere utilizzato in modo innovativo in architettura, superando le sfide di resistenza attraverso morfologie specifiche e soluzioni strutturali. L'Adaptive Paper Pavilion rappresenta un passo significativo verso l'obiettivo di rendere il settore delle costruzioni più sostenibile, senza compromettere la solidità della struttura.





# CONCLUSIONI

## La permanenza è importante?

La mancata realizzazione della promessa dell'utopia moderna, in cui i presupposti o la condizione di default erano la prevedibilità e il controllo, ci costringe ora a esplorare immaginari urbani alternativi che rispondano alla realtà del terreno e a questa condizione di flusso. Questa sorta di interrogazione della permanenza e della concettualizzazione dell'effimero aprirebbe potenzialmente nuovi modi di cercare soluzioni, anche se transitorie. Infatti, **la permanenza non è più l'unica condizione di default** quando si immagina una città.

La cultura del design e della pianificazione, a nostro avviso, dovrà riformulare i protocolli di governance e di immaginazione delle infrastrutture in termini di agilità, elasticità, adattabilità e reversibilità. Questi discorsi potrebbero trarre beneficio dallo studio e dalla riflessione sistematica su un paesaggio sfumato di occupazioni temporanee dello spazio che forniscono risposte non convenzionali alle sfide che si presentano, come lo **stato di imprevedibilità** che i sistemi urbani globali stanno affrontando oggi.

Questo senso di incertezza è reso più urgente dall'imprevedibilità posta dal cambiamento climatico, dal flusso umano e dall'accesso diseguale alle risorse.

Pensiamo quindi una concettualizzazione alternativa di una condizione elastica all'interno dell'urbano (una città surrogata) che si sovrappone **all'immaginario obsoleto della "città statica"**.

Le risposte all'attuale realtà di transizione, a nostro avviso, richiedono un'attenzione urgente.

Questa condizione di flusso sta infatti costringendo le città ad abbracciare la temporalità e a spostare l'immaginazione progettuale per creare strategie più morbide, più elastiche, reversibili e sufficientemente leggere da abbracciare un ampio spettro di condizioni imprevedibili. La reversibilità è quindi un concetto chiave da esplorare, in quanto si riferisce all'adattabilità dell'ambiente fisico e materiale costruito (e spesso autocostruito) in risposta alle diverse forme di flusso nello spazio urbano.

Gli insediamenti umani hanno sempre incluso **insediamenti temporanei**, come l'accampamento di un esercito, che appare e scompare in pochi giorni, o le tende mobili e i beni domestici dei cacciatori-raccoglitori agli albori della vita sociale umana.

L'assunto comune sulla civiltà è che col tempo la pietra dovrebbe sostituire il tessuto, che gli insediamenti umani dovrebbero diventare sempre più solidi nei materiali e nella struttura, quanto più a lungo durano.

Queste considerazioni sono state fatte in quanto anche l'Adaptive Paper Pavilion è un'architettura effimera, riprende i punti chiave delle costruzioni temporanee come l'economicità, l'ecologicità, la flessibilità, la leggerezza, la dinamicità, la versatilità e la reversibilità che la rendono **adattabile** ad ogni circostanza.

Attraverso la mia ricerca volevo dare spazio a questo materiale poco conosciuto ma con molte caratteristiche interessanti per svariati utilizzi che ormai dovrebbe essere **studiato e impiegato** maggiormente nel mondo delle costruzioni.

Il cartone non è un materiale da costruzione tradizionale, tuttavia, la sua introduzione fra i materiali costruttivi ha fornito l'opportunità di poter considerare ora anche questo materiale riciclabile in modo creativo. Tutto il materiale utilizzato nel padiglione è riciclato e riciclabile, il che lo rende un'ottima opzione ambientalmente sostenibile per l'edilizia.



## BIBLIOGRAFIA / SITOGRAFIA

1. Corrado, M. (2020). "Architetture del Dopo, Costruire con le Piante: Salice, Canna, Bambù, Paglia, Terra". DeriveApprodi.
2. Rogora, A., & Lo Bartolo, D. (2013). "Costruire Alternativo: Materiali e Tecniche Alternative per un'Architettura Sostenibile". Wolters Kluwer Italia.
3. Mehrotra, R., & Vera, F. (2023). "Ephemeral urbanism: does permanence matter?". Listlab.
4. Faegre, T. (1981). "Tende: Architettura dei Nomadi". Dedalo Libri.
5. Archicart - Archicart-2106 EASY COVER-C (PDF)  
[https://www.archicart.com/wp-content/uploads/2021/10/Archicart-2106\\_EASY-COVER-C.pdf](https://www.archicart.com/wp-content/uploads/2021/10/Archicart-2106_EASY-COVER-C.pdf)
6. Archicart - Archicart-2107 EASY COVER-P (PDF)  
[https://www.archicart.com/wp-content/uploads/2021/10/Archicart-2107\\_EASY-COVER-P.pdf](https://www.archicart.com/wp-content/uploads/2021/10/Archicart-2107_EASY-COVER-P.pdf)
7. Archicart - Archicart-EASY-COVER-W Scheda tecnica (PDF)  
[https://www.archicart.com/wp-content/uploads/2022/02/AC\\_EASY-COVER-W\\_Scheda-tecnica.pdf](https://www.archicart.com/wp-content/uploads/2022/02/AC_EASY-COVER-W_Scheda-tecnica.pdf)
8. Archicart - Archicart-MO-WALL-T (PDF)  
<https://www.archicart.com/wp-content/uploads/Archicart-MO-WALL-T.pdf>
9. Archicart - Archicart-2103 MO-WALL-Z (PDF)  
[https://www.archicart.com/wp-content/uploads/2021/10/Archicart-2103\\_MO-WALL-Z.pdf](https://www.archicart.com/wp-content/uploads/2021/10/Archicart-2103_MO-WALL-Z.pdf)
10. Archicart - Archicart-2102 REMO WALL-Q (PDF)  
[https://www.archicart.com/wp-content/uploads/2021/10/Archicart-2102\\_REMO-WALL-Q.pdf](https://www.archicart.com/wp-content/uploads/2021/10/Archicart-2102_REMO-WALL-Q.pdf)
11. Archicart - Archicart-2101 REMO WALL-U (PDF)  
[https://www.archicart.com/wp-content/uploads/2021/10/Archicart-2101\\_REMO-WALL-U.pdf](https://www.archicart.com/wp-content/uploads/2021/10/Archicart-2101_REMO-WALL-U.pdf)
12. Archicart - Archicart-2108 STRE-WALL (PDF)  
[https://www.archicart.com/wp-content/uploads/2021/10/Archicart-2108\\_STRE-WALL.pdf](https://www.archicart.com/wp-content/uploads/2021/10/Archicart-2108_STRE-WALL.pdf)
13. Archicart - Tecnologia Pacotec  
<https://www.archicart.com/tecnologia-pacotec/>
14. Archivia (UNICT) - Tesi sul cartone ondulato  
<http://archivia.unict.it/handle/10761/4195>
15. Assembla - Misure anti-sismiche in cartone ondulato  
<https://www.assembla.com/r/Bravateca/git/sisma.pdf>
16. Cartiere - Sito ufficiale  
<https://www.cartiere.it>
17. Centro Accessori - Sito ufficiale  
<https://centroaccessori.eu>



18. CNA - Case in legno e cartone, la nuova edilizia economica e sostenibile  
<https://www.cna.it/file/9716/case-legno-cartone.pdf>
19. Digital LS Service - Sito ufficiale  
<https://www.digitallservice.com>
20. Draft - Sito ufficiale  
<https://www.draft.it>
21. Fasda - Quale plastica è riciclabile?  
<https://www.fasda.it/quale-plastica-e-riciclabile/>
22. Focus - Anche la plastica genera CO<sub>2</sub>: quanto pesa la sua impronta di carbonio  
<https://www.focus.it/ambiente/ecologia/anche-plastica-genera-co2-quanto-pesa-sua-impronta-di-carbonio>
23. Focus - La CO<sub>2</sub> del cemento, terzo maggiore produttore  
<https://www.focus.it/ambiente/ecologia/co2-cemento-terzo-maggiore-produttore>
24. Foodandtec - I packaging in carta e cartone sono riciclabili più di 25 volte  
<https://www.foodandtec.com/it-it/i-packaging-in-carta-e-cartone-sono-riciclabili-piu-di-25-volte>
25. FSC Italia - Certificazioni  
<https://it.fsc.org/it-it/certificazioni>
26. Grafiche Celori - Sito ufficiale  
<https://www.grafichecelori.com>
27. Il Giornale - Quante volte si possono riciclare carta e cartone  
<https://www.ilgiornale.it/news/transizione-energetica/ecco-quante-volte-si-possano-riciclare-carta-e-cartone-2004147.html>
28. Il Post - Come funziona il riciclo delle bottiglie di plastica  
<https://www.ilpost.it/2020/09/19/plastica-riciclaggio/>
29. In a Bottle - Differenze tra plastica riciclabile e non riciclabile  
<https://www.inabottle.it/it/ambiente/differenze-tra-plastica-riciclabile-e-non-riciclabile>
30. ISPRA - Carta e Ambiente (PDF)  
[https://www.isprambiente.gov.it/public\\_files/cicli\\_produttivi/Cartario/CartaeAmbiente.pdf](https://www.isprambiente.gov.it/public_files/cicli_produttivi/Cartario/CartaeAmbiente.pdf)
31. Label Print 24 - Sito ufficiale  
<https://www.labelprint24.com>
32. Legambiente - La decarbonizzazione delle costruzioni (PDF)  
[https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2022/11/La-decarbonizzazione-delle-costruzioni\\_report-2022.pdf](https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2022/11/La-decarbonizzazione-delle-costruzioni_report-2022.pdf)
33. Packaging Warehouse - Gli imballaggi di cartone e la loro impronta di CO<sub>2</sub>  
<https://www.packaging-warehouse.com/it/magazine/gli-imbollaggi-di-cartone-e-la-loro-impronta-di-co2-77.php>
34. Parlamento Europeo - Emissioni di gas serra per paese e settore  
<https://www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/society/20180301STO98928/emissioni-di-gas-serra-per-paese-e-settore-infografica>

35. Photoel Curing - Tecnologie UV-LED  
<https://www.photoelcuring.com/it/tecnologie/uv-led/>
  
36. Progettare Bioedile - Costruzioni in cartone: la nuova era dell'edilizia  
<https://progettarebioedile.it/costruzioni-in-cartonela-nuova-era-delledilizia/>
  
37. Ratioform - T-Box: La casa sostenibile del futuro  
<https://blog.ratioform.it/dal-cartone-ondulato-nasce-t-box-la-casa-sostenibile-del-futuro/>
  
38. Shigeru Ban Architects – Portfolio  
<https://shigerubanarchitects.com/works/>
  
39. Sundeala - Sito principale  
<https://sundeala-co-uk>
  
40. Two Sides - Carta produce un'elevata impronta di carbonio  
<https://it.twosides.info/La-carta-produce-unelevata-impronta-di-carbonio>
  
41. Wikipedia - Carta  
<https://it.wikipedia.org/wiki/Carta>
  
42. Wikipedia - Cartone ondulato  
[https://it.wikipedia.org/wiki/Cartone\\_ondulato](https://it.wikipedia.org/wiki/Cartone_ondulato)
  
43. Xanita Board (Mohawk Connects) - Sito ufficiale  
<https://www.mohawkconnects.com/Xanita-Board>



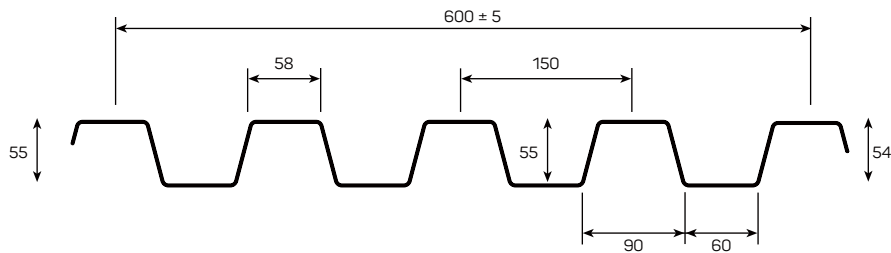


# ALLEGATI SCHEDE TECNICHE - COPERTURA

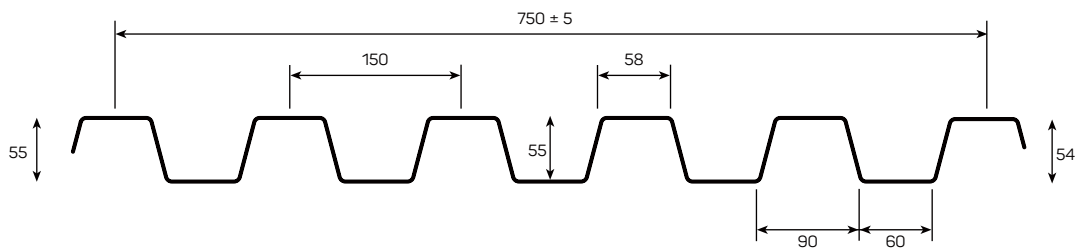
## C-2: Lamiera grecata ISOPAN

LG 55/600 - 750

### LG 55/600



### LG 55/750



#### CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE

		SPESSORE mm				
		0,6	0,7	0,8	1,0	1,25
Peso	(kg/m <sup>2</sup> )	7,8	9,1	10,5	13,1	16,3
J	(cm <sup>4</sup> /m)	38,8	47,2	55,8	73,7	96,3
W	(cm <sup>3</sup> /m)	11,3	13,9	16,8	23	31,3

#### TOLLERANZE DIMENSIONALI

Lunghezza	+10 mm fino a 3000 mm +20 mm oltre 3000 mm -5 mm per tutte le lunghezze
Larghezza utile	± 5 mm
Fuori squadra	S ≤ 0,5% della larghezza utile

#### CARICO MASSIMO UNIFORMEMENTE DISTRIBUITO IN kg/m<sup>2</sup>

CARICO MASSIMO UNIFORMEMENTE DISTRIBUITO IN kg/m <sup>2</sup> LG 55/600-750																		
SPESSORE mm	INTERASSE m																	
	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	
0,6	1433	914	633	463	352	266	192	183	108	83	65	51	41	33	26	21	17	
						277	223	142	152	128	110	94	82	72	63	56	50	
0,7	1776	1133	784	573	436	324	233	173	131	101	79	62	49	40	32	25	20	
						343	276	226	188	159	136	117	102	89	78	69	61	
0,8	2142	1367	946	693	528	385	278	206	157	121	95	75	60	49	39	32	26	
						415	334	275	229	194	166	143	124	109	96	85	76	
1,0	2929	1871	1295	948	730	509	368	273	208	161	126	101	81	65	53	43	36	
						723	569	459	377	315	266	228	197	172	151	133	116	106
1,25	3990	2548	1765	1293	955	666	482	358	272	211	166	132	106	86	70	57	47	
						986	776	626	515	430	364	312	270	235	207	183	163	145
0,6	1794	1145	793	580	442	348	280	230	185	144	114	91	73	60	49	41	34	
									192	163	139	120	105	92	81	72	64	
0,7	2224	1420	984	721	550	433	349	287	227	177	140	112	91	75	62	51	43	
									240	203	174	151	132	116	102	91	81	
0,8	2680	1711	1185	868	662	521	420	346	268	208	165	132	107	88	72	60	50	
									351	289	245	210	181	158	139	123	109	98
1,0	3685	2341	1622	1189	907	714	576	464	354	276	219	176	143	117	97	80	67	
									474	397	336	288	249	218	192	170	151	135
1,25	4991	3189	2210	1620	1237	974	786	607	464	362	287	230	187	153	127	106	88	
									647	541	459	394	341	298	262	232	207	185

I valori in rosso non prevedono limitazioni di freccia.

# Isopan per la Certificazione LEED®

## I PANNELLI ISOLANTI ISOPAN CONTRIBUISCONO AI PREREQUISITI E AI CREDITI LEED

Efficienza e risparmio energetico orientano la gestione produttiva di Isopan e il nostro impegno in ricerca e sviluppo di soluzioni innovative. I nostri pannelli isolanti per coperture e pareti contribuiscono ai prerequisiti e ai crediti per la certificazione LEED BD+C (Building Design and Construction) V4 nelle aree:

 <b>IP</b> INTEGRATIVE PROCESS Processo Integrato	 <b>SS</b> SUSTAINABLE SITES Siti Sostenibili	 <b>EA</b> ENERGY AND ATMOSPHERE Energia e Atmosfera	 <b>MR</b> MATERIALS AND RESOURCES Materiali e Risorse	 <b>EQ</b> INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY Qualità dell'ambiente interno
--	--	---	---	--

AREA IP			
Prerequisito	IPP	Integrative process planning and design - Healthcare	Team Isopan
Credito	IPC	Integrative Process	Team Isopan
AREA SS			
Credito	SSC 4	Rainwater management	Gamma PVSteel Flat Roof
Credito	SSC 5	Heat island reduction	Gamma PVSteel Flat Roof
AREA EA			
Prerequisito	EAP 1	Foundational commissioning and verification	Tutte le gamme
Credito	EAC 1	Enhanced commissioning and verification	Tutte le gamme
Prerequisito	EAP 2	Minimum energy performance	Tutte le gamme *
Credito	EAC 2	optimize energy performance	Tutte le gamme *
AREA MR			
Prerequisito	MRP 2	Construction and demolition waste management planning	Tutte le gamme
Credito	MRC 5	Construction and demolition waste management	Tutte le gamme
Credito	MRC 1	Building life cycle impact reduction - Opt. 4 LCA edifici	LCA data ref. EPD
Credito	MRC 2	Building product disclosure and optimization Environmental Product Declarations - Opt. 1: EPD	EPD Isocop, Isoebox, Isofire **
Credito	MRC 3	Building product disclosure and optimization Sourcing of raw materials - Opt. 2: contenuto di riciclato	Secondo specifica di gamma
Credito	MRC 4	Building product disclosure and optimization Material ingredients - Opt. 2: Reach optimization	Secondo specifica di gamma
AREA EQ			
Credito	EQC 3	Construction Indoor air quality management plan	Tutte le gamme
Credito	EQC 5	Thermal comfort	Tutte le gamme *
Credito	EQC 9	Acoustic performance	Isofire Roof Fono, Isofire Wall Fono

\* Escluso lamiera grecate

\*\* EPDs: Industry Wide - with Third parte certification - Explicitly recognized as participant

EPD - EPQ - 20130169 Double skin steel facades sandwich panels with core made of mineral wool

EPD - EPQ - 20130170 Double skin steel facades sandwich panels with core made of polyurethane

Ref. Isocop, isobox, Isofire Roof, Isofire Wall



## I PRODOTTI ISOPAN MAPPATI

### Coperture

Isocop  
Isosmart  
Isodomus  
Isotap  
Isodeck PVSteel  
Isodeck  
Isofire Roof Fono  
Isofire Roof

### Pareti

Pareti a fissaggio a vista  
Pareti a fissaggio nascosto  
Isofrigo  
Isofire Wall  
isofire Wall Fono  
Isofire Wall Plissé

### Lamiera Grecate

Tipo LG40

### Sistemi

Ark Wall  
Isocappotto

# Isopan per la Certificazione BREEAM®

## I PANNELLI ISOLANTI ISOPAN CONTRIBUISCONO AI PREREQUISITI E AI CREDITI BREEAM

Efficienza e risparmio energetico orientano la gestione produttiva di Isopan e il nostro impegno in ricerca e sviluppo di soluzioni innovative. I nostri pannelli isolanti per coperture e pareti contribuiscono ai prerequisiti e ai crediti per la certificazione BREEAM International New Construction 2016 nelle aree:



MANAGEMENT	
Man 01	PROJECT BREF AND DESIGN
Man 04	COMMISSIONING AND HANDOVER
HEALTH AND WELL BEING	
Hea04	THERMAL COMFORT
ENERGY	
Ene 01	REDUCTION OF ENERGY USE AND CARBON EMISSION
Ene 04	LOW CARBON DESIGN
MATERIALS	
Mat 01	LIFE CYCLE IMPACTS - ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION (EPD)
Mat 04	INSULATION - INCORPORATED WITHIN MAT 01 AND MAT03
Mat 05	DESIGN FOR DURABILITY AND RESILIENCE 2 PROTECTING EXPOSED PARTS OF THE BUILDING FROM MATERIAL DEGRADATION
Mat 06	MATERIAL EFFICIENCY
WASTE	
Wst 01	CONSTRUCTION WASTE MANAGEMENT
LAND USE & ECOLOGY	
Le 04	ENHANCING SITE ECOLOGY
INNOVATION	
Inn 01	INNOVATION HALOGEN FREE



## LE 10 REGOLE DA RISPETTARE

- Individuare il prodotto in funzione dell'impiego a tamponamento di parete o copertura.
- Individuare le necessità estetiche ed architettoniche relativamente all'intervento da realizzare scegliendo il prodotto idoneo nella gamma Isopan.
- Individuare i requisiti strutturali in funzione dell'installazione scegliendo il prodotto idoneo ed i relativi sistemi di fissaggio dopo aver condotto un'analisi attenta sulla resistenza ai carichi agenti.
- Individuare le prerogative di comportamento al fuoco degli elementi costruttivi affinché siano rispettati i requisiti delle costruzioni per la sicurezza in caso di incendio.
- Individuare l'isolamento termico e/o acustico necessario del tamponamento in termini di efficienza e risparmio energetico.
- Individuare il supporto idoneo in funzione della resistenza alla degradazione delle facce esposte all'ambiente di installazione affinché sia rispettata la durabilità dell'opera.
- Verificare che le condizioni di fornitura e gli standard qualitativi del pannello siano compatibili con le esigenze del progetto e di cantiere.
- Affidare le operazioni di montaggio a personale esperto e qualificato affinché esse siano eseguite a regola d'arte e secondo le istruzioni di corretta posa.
- Assicurarsi che siano osservate le norme sulla movimentazione, manipolazione e stoccaggio dei pannelli indicate da Isopan.
- Individuare un corretto ed idoneo piano di manutenzione ed ispezione per la corretta durabilità dell'opera secondo le indicazioni fornite da Isopan.

## LEGENDA

Di seguito sono elencati i simboli iconografici che identificano le caratteristiche tecniche dei pannelli coibentati e la loro tipologia di utilizzo: la legenda renderà quindi possibile interpretare per ogni singolo pannello la simbologia riportata.

### TIPOLOGIA D'INTERVENTO



Intervento Architettonico



Intervento Industriale



Intervento Agro-zootecnico



Intervento su Ambienti a Bassa Temperatura



Intervento su Box Prefabbricati

### CARATTERISTICHE TECNICHE CHE IDENTIFICANO IL PANNELLO



Pannello da Parete



Pannello a Copertura / Solaio



Incombustibilità



Isolamento acustico



Isolamento Termico



Fissaggio Nascosto



Fissaggio a Vista



Poliuretano Espanso



Lana di Roccia

## ATTENZIONE

I valori indicati nelle tabelle di carico fanno riferimento alle sole caratteristiche del pannello e non tengono in considerazione i carichi termici. Essi non possono sostituirsi ai calcoli di progetto redatti da un tecnico qualificato, che dovrà validare tali indicazioni secondo le leggi in vigore nel luogo di installazione dei pannelli.

Tutte le indicazioni relative alle caratteristiche dei prodotti Isopan, in tema di idoneità, contenute nel presente catalogo, nel sito internet e nel materiale informativo devono essere verificate dal compratore/acquirente in rispetto alla normativa vigente nel paese di impiego.

## SCHEDA TECNICA CANAPANNE 35

# PANNELLI ISOLANTI IN FIBRA DI CANAPA



Pannello in fibra di canapa per l'isolamento acustico e termico in tutte le tipologie edilizie



**DICHIARAZIONE DEL PRODUTTORE: N° 5 /2023**

### DESCRIZIONE

Il CANAPANNE 35 è un pannello in fibra in canapa compressa, densità 35 Kg/m<sup>3</sup> altamente traspirante ad elevato isolamento termico. Ha tutte le qualità richieste ad un materiale da costruzione in linea con uno sviluppo sostenibile.

### CAMPI DI APPLICAZIONE

- isolamento tetto;
- isolante intercapedine;

### DETTAGLI CONFEZIONE

**CONFEZIONI:** su pedana in imbustati  
pedana 110x120 cm

**DIMENSIONI:** 60x110 cm spessori da 4 a 20 cm

**ASPETTO:** colore nocciola chiaro

**STOCCAGGIO:** Prima dell'uso, conservare in luogo asciutto e riparato dalla pioggia (non posizionare direttamente a contatto con il pavimento)

### APPLICAZIONE

Isolamento del tetto o del solaio,  
Isolamento planare di elementi in legno massiccio;  
Isolamento tra le travi, copertura con intercapedine;  
Isolamento interno del solaio (intradosso) o del tetto;  
Isolamento sul lato esterno di pareti in muratura e ad intelaiatura di legno in combinazione con facciate ventilate;  
Isolamento di strutture con telai, tavole di legno o telai metallici;  
Isolamento termico di pareti divisorie interne, tramezzi.

### CONSIGLI UTILI E PRESCRIZIONI PER LA POSA

Il CANAPANNE 35 è utilizzabile per l'isolamento termico in tutte le tipologie edilizie. E' adatto sia per nuove costruzioni che per ristrutturazioni o correzioni termiche di ambienti esistenti. Trattandosi di un pannello flessibile, deve essere sempre abbinato a materiali rigidi.

## SCHEDA TECNICA CANAPANNEL 35

### AVVERTENZE

Durante la posa, proteggere il pannello da infiltrazioni d'acqua dovute a piogge accidentali.

Smaltire l'imballo dei materiali secondo le vigenti normative locali/nazionali. Per lo smaltimento di sfridi di materiale in cantiere, se non riutilizzabili, attenersi alle procedure standard previste.

### ATTREZZI



Taglierina / sega / lame per taglio pannelli in fibra.

### VOCE DI CAPITOLATO

CANAPANNEL 35 - Pannello termoisolante in fibra di canapa compressa (85% del suo peso deriva da fonte rinnovabile) miscelata con fibre leganti di PES per pareti, densità 35 Kg/m<sup>3</sup>, dimensione 1100x600 mm. Il pannello ha una conducibilità termica  $\lambda=0,039$  W/mK (EN ISO 10456), permeabilità al vapore ( $\mu$ )  $\leq 2$  (EN ISO 12086), delle dimensioni di 1100x600 mm, reazione al fuoco Euroclasse E., dimensione pannello 1100x600 mm. A fine ciclo vita può essere riutilizzato per tutte le applicazioni indicate nella presente scheda tecnica.

### CARATTERISTICHE

- Isola dal freddo
- riduce muffe e condense grazie all'elevata traspirabilità
- Capacità di accumulare calore e umidità ridistribuendola in maniera omogenea.
- ideale anche per il restauro di edifici storici

### NOTE

Prodotto ad uso professionale. I dati e le prestazioni riportate nella presente scheda, basati sulle migliori esperienze pratiche e di laboratorio, sono da ritenersi indicative. La Edilcanapa non si assume alcuna responsabilità circa i risultati ottenuti attraverso l'impiego del proprio prodotto in quanto le modalità di applicazione sono al di fuori del suo controllo e/o verifica, così come declina ogni responsabilità per eventuali anomalie o danni causati dall'uso improprio e/o non corretto del prodotto. Pertanto, si consiglia di verificare l'idoneità di ogni singolo prodotto al caso specifico. La Edilcanapa si riserva di apportare modifiche tecniche senza alcun preavviso.



# SCHEDA TECNICA CANAPANNEL 35

## DATI TECNICI

	Valore/descrizione	Unità di misura
<b>Aspetto</b>	Fibra colore nocciola	-
<b>Dimensioni</b>	1100x600	mm
<b>Geometria</b>	Larghezza ± 1,5% Lunghezza ± 2,0% Spessore T3 (Classe di tolleranza)	
<b>Spessore di uno strato</b>	40/50/60/80/100/120/140/160/180/200	mm
<b>Fibra legante</b>	Pes BICO (15%)	
<b>Resistenza diffusione vapore acqueo (μ)</b>	≤ 2 (EN ISO 12086)	
<b>Conducibilità termica</b>	0,039 (EN ISO 10456)	W/mK
<b>Densità</b>	35 30-35 (EN1602)	Kg/m <sup>3</sup>
<b>Reazione al fuoco</b>	E	
<b>Assorbimento acustico</b>	EAD 040005-00-1201 Allegato A EN ISO 354; EN ISO 11654	α <sub>w</sub> =0,70 CLASSE C



## ESEMPIO DI APPLICAZIONE

## SCHEDA TECNICA CANAPANNEL 35

**FOTO A:**  
CANAPANNEL 35 – pannello in fibra di canapa



**RENDER**



**FOTO B:**  
Applicazione isolamento tetto



EDILCANAPA<sup>®</sup>

### GARANZIA

Oltre alle garanzie di legge, il prodotto è coperto da polizza RC Prodotti rilasciata da primaria compagnia assicurativa italiana

**EDILCANAPA di Metalinea S.r.l.**

**Sede legale** I-64100 Teramo, Viale della Resistenza n. 7

**Sede operativa** I-64023, Mosciano Sant'Angelo (TE), Via Francia n. 4/6

**Tel +39 085 84 21 847 - [www.edilcanapasrl.it](http://www.edilcanapasrl.it) – [info@edilcanapasrl.it](mailto:info@edilcanapasrl.it)**

## C-5: Barriera al vapore

La membrana plastomerica con doppia tecnologia



# DERBITWIN® NT

- DERBITWIN NT è una membrana impermeabile con mescola di bitume a doppia tecnologia multifunzione DMT, di poliolefine atattiche termoplastiche nobili (TPO) dotata di un'armatura composita di poliestere/vetro.
- DERBITWIN NT è disponibile in finitura grigio chiaro o grigio scuro ed unisce all'estetica un'ottima resistenza ai raggi UV.
- Le due facce sono composte da bitume modificato da poliolefine atattiche termoplastiche, con caratteristiche diverse e complementari.
- La faccia inferiore è costituita da una speciale mescola ad elevata aderenza e posa rapida.
- Lo specifico compound del DERBITWIN NT, dalle caratteristiche ecologiche, gli conferisce notevoli performance in termini di durabilità.
- Contiene DERBITUMEN: materia prima derivante dal riciclo di sfridi di produzione, sfridi di lavorazione e dalla selezione di vecchie membrane bituminose.
- La membrana DERBITWIN NT è versatile. Può essere utilizzata in monostrato o doppio strato.
- La membrana DERBITWIN NT si posa a caldo in totale aderenza.
- L'intera superficie della copertura può essere impermeabilizzata con un'unica membrana, compresi i dettagli e i risvolti.
- Le sue caratteristiche di durabilità e sostenibilità la rendono conforme alle prescrizioni dei Criteri Ambientali Minimi (CAM) indicati al punto 2.4.1.2 dell'allegato al piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della Pubblica amministrazione.



## Caratteristiche tecniche

Stabilità di forma a caldo	EN 1110	MLV	≥ 150	°C
Flessibilità a freddo	EN 1109	MDV (±3)	-20	°C
Resistenza alla trazione L/T	EN 12311-1	MDV (±20%)	700 x 650	N/50mm
Allungamento alla rottura L/T	EN 12311-1	MDV (±15)	45 x 45	%
Ritiro sui sormonti	Test BDA*-022	MLV	0	mm
Stabilità dimensionale	EN 1107-1	MLV	≤ 0,20	%
Resistenza alla lacerazione L/T	EN 12310-1	MLV	≥ 150	N/50mm
Resistenza al punzonamento statico	EN 12730(A)	MLV	≥ 20	kg
Resistenza all'urto	EN 12691(B)	MLV	≥ 1250	mm
Reazione al fuoco	EN 13501-1		Classe E	-

MLV: Manufacturer Limited Value (Valore minimo alla produzione)

MDV: Manufacturer Determined Value (Valore medio alla produzione)



**DERBIGUM®**  
QUALITY ROOFING SYSTEMS

### DERBIGUM ITALIA

Via dell'Agricoltura, 3 – Loc. Poggio Piccolo  
40023 Castel Guelfo di Bologna (BO)  
Tel. +39 0542 48 86 13 – Fax +39 0542 48 82 01  
E-mail: infoit@derbigum.com



## Caratteristiche ecologiche

Eco-progettata:

- 20% di bitume riciclato
- Prodotto con 100% di energia da fonti rinnovabili
- 100% riciclabile > **DERBITUMEN** all'interno

## Presentazione

Spessore	EN 1849-1	MDV ( $\pm 0,2$ )	3 / 4 / 4 / 5	mm
Lunghezza	EN 1848-1	MLV	12,73 / 7,27 / 10 / 5,46	m
Larghezza	EN 1848-1	MLV	1,10 / 1,10 / 1,10 / 1,10	m
Superficie		MLV	148 / 11 / 6	m <sup>2</sup>
Peso del rotolo		MDV ( $\pm 2,0$ )	47 / 36 / 47/33	kg
Numero di rotoli per pallet			20 / 25 / 20 / 25	
Armatura composita velo di vetro/poliestere		MDV ( $\pm 15\%$ )	180	g/m <sup>2</sup>

## Stoccaggio

I rotoli devono essere stoccati all'asciutto e in posizione verticale. Il suolo non deve presentare irregolarità. Rimuovere eventuali oggetti taglienti



Questo documento annulla e sostituisce qualsiasi altro documento pubblicato in precedenza. Al fine di migliorare i propri prodotti, il produttore si riserva il diritto di modificarli senza alcun preavviso. - 27/05/2022



**DERBIGUM**<sup>®</sup>  
QUALITY ROOFING SYSTEMS

### DERBIGUM ITALIA

Via dell'Agricoltura, 3 – Loc. Poggio Piccolo  
40023 Castel Guelfo di Bologna (BO)  
Tel. +39 0542 48 86 13 – Fax +39 0542 48 82 01  
E-mail: infoit@derbigum.com

## C-6: Tavolato in Richlite



**richlite**

### Punto Brown

\$ 45,00

Misurare

Formato A4 (210 x 297 mm) ▾

Quantità

1

Aggiungi al carrello

**Colore:** punto marrone

**Collezione:** Nordovest

**Contenuto carta:** 100% riciclata (post-consumo) Certificazione: FSC®, HPD®, EPD®, GREENGUARD®, Declare

**APPLICAZIONE:** Interni, Commerciali, Residenziali, Controsoffitti, Mobili, Mobili, Pannellature murali, Tastiere per chitarra, materiale di produzione OEM, materiale del produttore.

**SPESORE DISPONIBILE:** da 0,25" (6 mm) a 3" (75 mm)

**DIMENSIONI DISPONIBILI DEL PANNELLO:** da 48" x 96" (2440 mm x 1220 mm) a 60" x 144" (3660 mm x 1525 mm)

**INFORMAZIONI SUL CAMPIONE:** Sia il campione da 2,75 x 2,75 pollici che il campione A4 hanno uno spessore di 1/2 pollice e hanno applicata la finitura in pelle.

**FINITURA SUPERFICIALE :** Tutti i pannelli vengono venduti e spediti con la nostra finitura di fabbrica. Per ulteriori informazioni su come specificare la finitura superficiale appropriata, vedere di seguito.

**IL NOME DEL BROWNS POINT :** Browns Point, meglio conosciuto per lo storico faro che guida le navi attraverso Commencement Bay, fu illuminato per la prima volta nel 1887 (due anni prima che Washington diventasse uno stato). Originariamente si chiamava "Point Brown" e il primo custode residente fu, per pura coincidenza, Oscar Brown.

COLORE +

FINITURA SUPERFICIALE +

CARATTERISTICHE E BENEFICI —

- Durevole, stabile ed esteticamente gradevole
- Resistente all'abrasione e alla corrosione
- Eccellenti capacità di sbalzo e campata
- Può supportare qualsiasi dettaglio del bordo, compresi i design con bordo personalizzato
- Materiale denso e lavorabile e ottimo sostituto del legno duro o dell'acciaio denso
- Naturalmente antimicrobico (JIS 2801) e facile da pulire
- Resistente al calore fino a 350°F (176°C) con una classe di reazione al fuoco A

## B-1: Tavolato in pannelli OSB 3

### Egger Building Products Delivery programme

- EGGER OSB 3

	Length x width in mm	Pieces per package Board thickness in mm							
		8	10	11	12	15	18	22	25
Straight edging unsanded	2.500 x 1.250	124	100		84	68	56	44	40
	2.440 x 1.220			78		58			
	2.650 x 1.250				80 <sup>+</sup>	64 <sup>+</sup>			
	2.800 x 1.250				76	60	52 <sup>+</sup>		
	3.000 x 1.250				70 <sup>+</sup>	56 <sup>+</sup>	48 <sup>+</sup>		
5.000 x 2.500				31 <sup>+</sup>	25 <sup>+</sup>	21 <sup>+</sup>			
4-sided tongue and groove profile unsanded	2.500 x 675				84	68	56	44	40



\*Stock Plus Programme: Minimum Order Quantity one full truck load

## EGGER DHF

	Length x width in mm	Pieces per package Board thickness 15 mm
4-sided tongue and groove profile	2.500 x 675	63
2-sided tongue and groove profile	2.800 x 1.250	60





## CE DICHIARAZIONE DI PRESTAZIONE

ai sensi del Regolamento (UE) n° 305 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011

N° DoP	DOP-734-03
1 Codice univoco di identificazione del prodotto:	734 (Numero preparato) 6 - 40 mm (Spessore des pannello)
2 Destinazione prevista	Pannelli portanti per l'impiego in ambienti asciutti e umidi.
3 Nome e nome produttore, commerciale registrato o marchio registrato e indirizzo del produttore:	<b>EGGER OSB 3 E0</b> <b>EGGER Ergo Board</b>  EGGER Holzwerkstoffe Wismar GmbH & Co KG Am Haffeld 1 D-23970 Wismar web: <a href="http://www.egger.com">www.egger.com</a>  SC EGGER România SRL Str. Austriei 2 RO-725400 Rădăuți, jud. Suceava web: <a href="http://www.egger.com">www.egger.com</a>
4 Non pertinente	
5 Sistema di valutazione e verifica della costanza della prestazione del prodotto da costruzione:	Sistema 2+
6 Norma armonizzata:	EN 13986:2004+A1:2015
L'organismo notificato:	N° 0766  eph – Entwicklungs- und Prüflabor Holztechnologie GmbH Zellerscher Weg 24 D-01217 Dresden web: <a href="http://www.eph-dresden.com">www.eph-dresden.com</a>

# Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen

Zentrum für Wald und Holzwirtschaft



## ISPM 15 – CERTIFICATE

# 2023

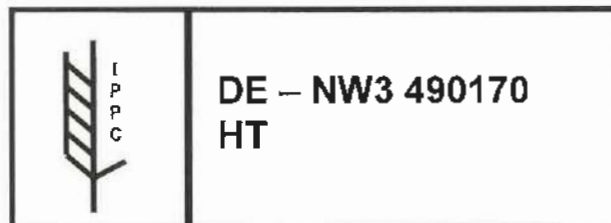
International Standard for Phytosanitary Measures no. 15

**Egger Sägewerk Brilon GmbH**  
**Im Kissen 19**  
**59929 Brilon**

is registered at **Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen**  
Zentrum für Wald und Holzwirtschaft (FB V)  
Team Wald- und Klimaschutz, Pflanzenschutzdienst für Wald und Holz  
Steinmüllerallee 13, 51643 Gummersbach

as wood heat treatment company, as wood trading company and as manufacturer of wood packing material according to IPPC standard ISPM Nr. 15.

The audit of 13<sup>th</sup> September 2022 has proved that the requirements according to ISPM 15, are fulfilled. Therefore the company is permitted to use the following registration number.



The next audit will have to be carried out during 2023.

**IPPC- Contact person**  
**of company**  
Mr. Koch

**Inspector of**  
**Wald und Holz NRW**  
Mr. Hoffmann

Gummersbach, 19<sup>th</sup> September 2022

in order Dr. Mathias Niesar



## B-2: Pallet di recupero

### **Pallet NUOVO EPAL FICHE-UIC435-2-0**

TT HT Normativa FAO ISPM - 15



**Misura:**  
800x1200x144

 Kg. 21

 Portata > 1.200 Kg.

**COD. 010010**


### **Pallet USATO-SEMINUOVO**

TT HT Normativa FAO ISPM - 15



**Misura:**  
800x1200x144

 Kg. 21

 Portata > 1.200 Kg.

**COD. 020001**

### **● Pallet EUR USATO Revisionato** Impilati



**Misura:**  
800x1200x144

 Kg. 21

 Portata > 1.200 Kg.


**COD. 020002**



## Pallet fuori misura 60X80



**Misura**  
600x800

 Kg. 8

 Portata > 300 Kg.

**COD. 040002**

## ● Pallet pesante

Senza perimetro



**Misura**  
1000x1200x144

 Kg. 25


 Portata > 1700 Kg.

**COD. 050001**

## Pallet pesante perimetrale



**Misura**  
1000x1200x144

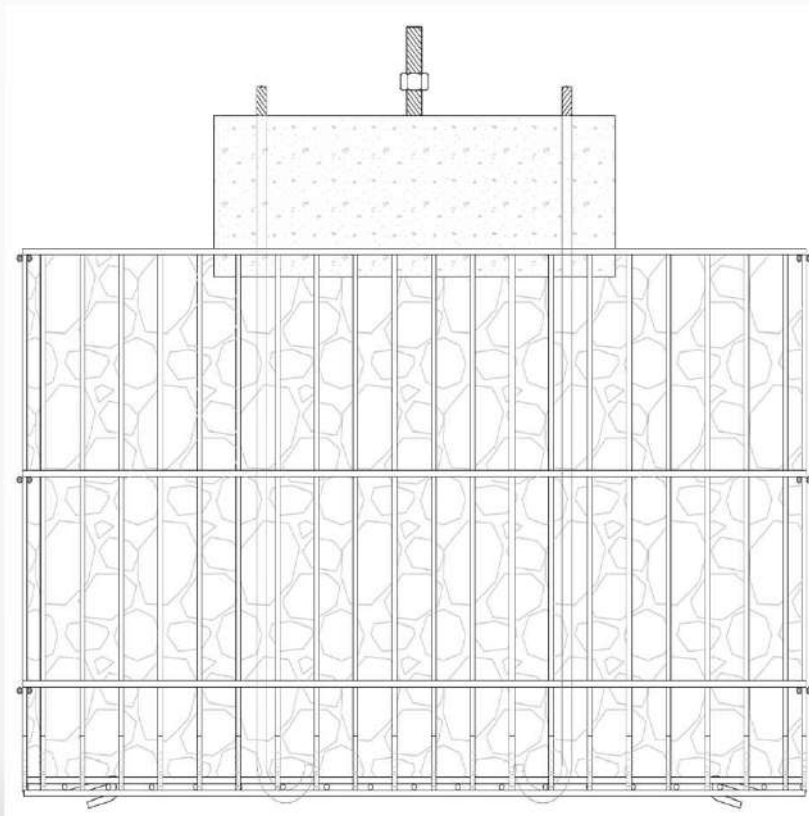
 Kg. 25

 Portata > 1700 Kg.

**COD. 050002**

## B-4: Fondazioni a secco in gabbioni strutturali in rete elettrosaldata

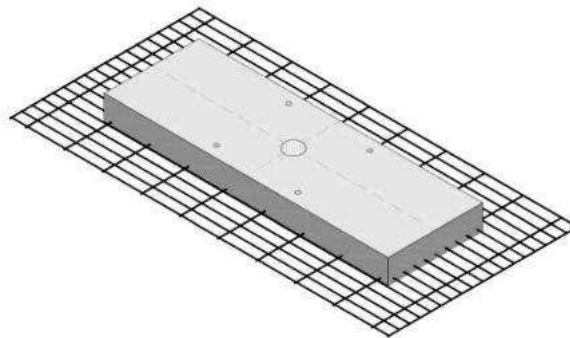
Fasi di montaggio:



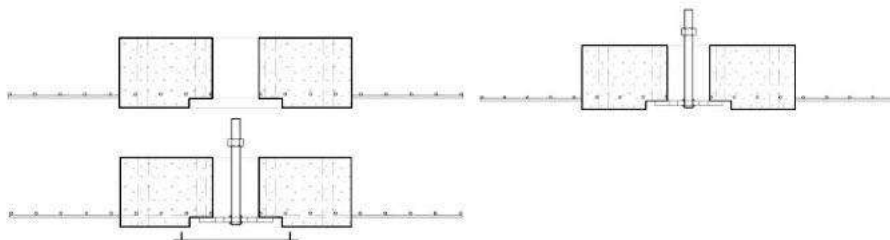


*Figura 2.10 – Pannello di copertura annegato nella trave in cemento armato*

**La trave ha un foro centrale** (Figg. 2.11, 2.12, 2.13 e 2.14), cilindrico per un'altezza di 13 cm e quadrato per i restanti 2 cm, all'interno del quale va inserita una "cerniera" composta da una barra filettata saldata a una piastra in acciaio quadrata, il tutto opportunamente zincato, ed infine va installata una piastra di chiusura sul lato inferiore del foro.



*Figura 2.11 – Pannello di copertura annegato nella trave in calcestruzzo armato con "cerniera"*



*Figura 2.12 – Fasi di installazione "cerniera"*





Figura 2.13 e 2.14 – Prototipo trave con foro cilindrico e quadrato con “cerniera” installata

Dopo aver assemblato i pannelli del gabbione elettrosaldato ed averli collegati fra loro con i tiranti interni (Fig. 2.5), per facilitare l’installazione del pannello di copertura, vanno installati quattro **tirafondi in acciaio zincato**, fissati al fondo del gabbione (Fig. 2.15). Questi ferri verticali, dopo aver riempito il gabbione con materiale lapideo, vanno infilati nei quattro fori presenti ai lati della trave in calcestruzzo armato (Figg. 2.11 e 2.17).



Figure 2.15 e 2.16 – Installazione tirafondi e riempimento gabbione

Il **materiale di riempimento** è stato caratterizzato secondo le norme **UNI EN 13242:2008** ed **UNI EN 13383-1:2002/AC:2004**. Il gabbione così riempito va costipato su tavola vibrante per ridurre i vuoti fra grano e grano. Installato il pannello di copertura (Fig. 2.17) e fissato con piastre e bulloni ai tirafondi e con anelli strutturali in alluminio ai pannelli verticali, il prodotto è pronto per l’utilizzo e può essere movimentato con gli appositi accessori di sollevamento (Fig. 2.18).



Figure 2.17 e 2.18 – Installazione pannello di copertura e movimentazione gabbione

### Posa in opera e vincoli del sistema fondazione a secco

Come già visto per le Stavkirke, il sistema di fondazione a secco deve essere disposto in continuità sotto alle strutture portanti (Fig. 2.19) e va posato al di sopra di un getto di magrone opportunamente impermeabilizzato.

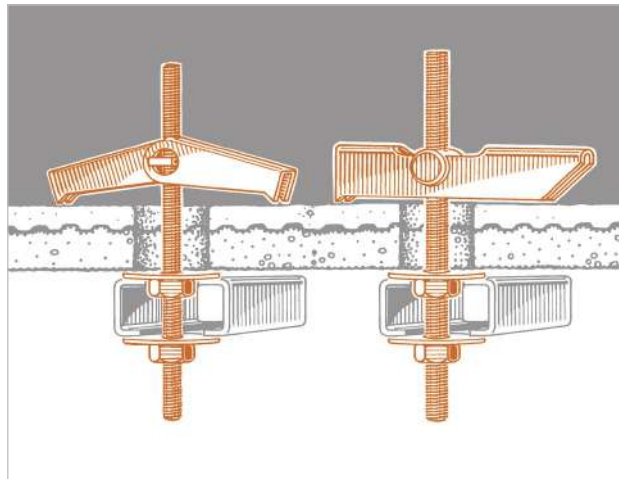
## ANCORINE per fissaggio a soffitto

### APPLICAZIONE

Fissaggio di elementi a soffitto o su pareti vuote.

### CARATTERISTICHE E VANTAGGI

- > Con molla o bilanciere, permette un **fissaggio rapido e sicuro**.
- > Possono essere utilizzate su pareti di spessore diverso con estrema flessibilità.



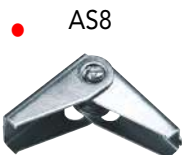
OC6



DD6



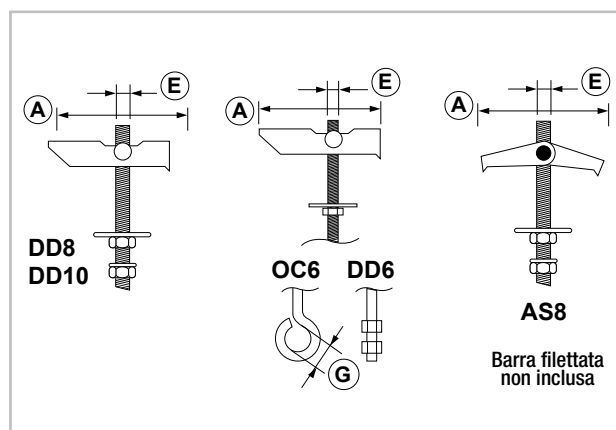
DD8



AS8



DD10



COD	TIPO	Foro Ø mm	Prof. min. foratura (mm)	Spessore max. fissabile (mm)	A	E	G
131210	OC 6	16	65	30	60	-	14
131230	DD 6	16	65	30	60	M6	-
131235	AS 8	20	65	35	60	M8	-
131240	DD 8	20	75	35	70	M8	-
131250	DD 10	22	90	35	85	M10	-

# ANCORANTI E SIGILLANTI

## ANCORANTI IN METALLO

### DATI TECNICI MATERIALI

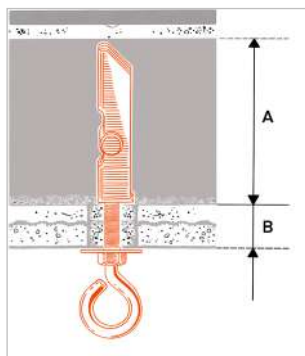
#### ANCORANTE

Acciaio 4.8 EN ISO 898-1 zincatura elettrolitica 7-8  $\mu\text{m}$

### MATERIALE BASE

Muratura forata

### CARICHI AMMISSIBILI



TIPO	Spessore Max A	Spessore Min B	Trazione (daN)
<b>OC 6</b>	60	30	300
<b>DD 6</b>	60	30	300
<b>AS 8</b>	-	35	300
<b>DD 8</b>	65	35	600
<b>DD 10</b>	80	35	800

Per carico ammissibile si intende la resistenza ultima media a cui è stato applicato un coefficiente di sicurezza. Dati in daN. 1daN=1kg.

N.B.: La tipologia del supporto influisce sulla resistenza dell'ancoraggio. I valori riportati in tabella si riferiscono alla resistenza massima del prodotto, si consiglia pertanto di adottare un opportuno coefficiente di sicurezza in funzione del materiale base del supporto.

### ATTREZZATURA E RACCOMANDAZIONI PER LA POSA

Perforatura con punta appropriata.

### CONFEZIONE

In scatola di cartone

### DATA 04-2023 REV. 03

La presente scheda tecnica sostituisce ed annulla le precedenti. Le informazioni corrispondono alle nostre attuali conoscenze. Da esse non possono derivare nostre responsabilità e nessuna rivalsa.

Gia S.p.A. si riserva il diritto di modificare caratteristiche tecniche e modelli senza obbligo di preavviso.

Gia S.p.A. – Via Sac. A. Cremona, 12 – 28069 Trecate (NO) – [www.gia.it](http://www.gia.it)