

A Enrico

c ' e r a

u n a

v o l t a

*Processo innovativo per la progettazione parametrica
di strutture temporanee modulari in materiale
riciclabile bio-based*

*Laurea Magistrale in Advanced Design | A.A. 2018-2019 | Dipartimento di Architettura
Alma Mater Studiorum Università di Bologna | Relatore Cecilia Mazzoli
Correlatori Davide Prati - Paola Fabbri | Candidato Marta Bonci | 0000836703*

Indice

Abstract	<i>p. 9</i>
Keywords	<i>p. 13</i>
Introduzione	<i>p. 15</i>
I. Planet or Plastic?	<i>p. 16</i>
a. Mostra fotografica in Santa Maria della Vita a Bologna	<i>p. 16</i>
b. La plastica negli oceani	<i>p. 18</i>
c. Economia circolare	<i>p. 21</i>
d. Il design come esperienza	<i>p. 23</i>
II. Campo di indagine	<i>p. 25</i>
a. Casi studio: design del prodotto, architettura tecnica e chimica dei materiali	<i>p. 25</i>
III. Obiettivi di ricerca	<i>p. 30</i>
a. Archhive Books' Contest: Portable Reading Rooms	<i>p. 30</i>
b. Ecosostenibilità: bio-based o riciclo?	<i>p. 31</i>
III. Risultati attesi	<i>p. 34</i>
Analisi dello stato dell'arte	<i>p. 37</i>
1.1 Polimeri bio-based: stato dell'arte	<i>p. 39</i>
1.2 Sistemi costruttivi prefabbricati a secco, per gravità: stato dell'arte	<i>p. 44</i>
1.3 L'assemblaggio a secco e le architetture temporanee: stato dell'arte	<i>p. 48</i>
1.4 Riferimenti progettuali	<i>p. 54</i>
1.5 Analisi del quadro esigenziale e dei requisiti per la realizzazione del progetto	<i>p. 61</i>
Progetto	<i>p. 63</i>
1. Concorso Archhive Books' Portable Reading Rooms	<i>p. 64</i>
1.1 Concept	<i>p. 64</i>
1.2 Strategie	<i>p. 104</i>
2. Studio approfondito del sistema costruttivo proposto	<i>p. 108</i>
2.1 Concept	<i>p. 108</i>
2.2 Strategie	<i>p. 112</i>
Prototipazione	<i>p. 119</i>
1. Realizzazione del prototipo in scala 1:2	<i>p. 120</i>
2. Realizzazione del prototipo in scala 1:5	<i>p. 121</i>
3. Realizzazione del plastico in scala 1:20	<i>p. 122</i>
4. Verifica di fattibilità e messa in opera	<i>p. 123</i>
Conclusioni	<i>p. 129</i>
Sitografia e bibliografia	<i>p. 131</i>
Indice delle figure	<i>p. 134</i>

Abstract

C,

era una volta..una volta. Questo è l'incipit di una favola, dove la volta è la protagonista della storia. Qui, anziani, adulti e bambini possono ritrovare il piacere della lettura o semplicemente godersi le pagine del loro libro preferito in compagnia.

I tre moduli che lo compongono, caratterizzati da volte a tutto sesto, sono pensati come piccoli ripari per potersi rilassare leggendo, senza essere distratti da ciò che sta intorno. Poiché lo smaltimento dei rifiuti plastici e l'inquinamento ambientale rappresentano un problema difficile da gestire, il progetto propone una valida alternativa ecologica ai tradizionali processi costruttivi architettonici. Il bio-based HDPE (High-Density Polyethylene) è derivato dalla lavorazione della canna da zucchero e non dal petrolio, quindi è ecosostenibile e riciclabile. Le parole chiave di questo concept sono ecosostenibilità e reversibilità. C'era una volta è una struttura che si adatta bene ai temi riguardanti l'interazione sociale. La realizzazione di mattoni progettati parametricamente consente di ottenere soluzioni efficaci per qualsiasi tipo di esposizione, fiera o evento, potendo decidere gli ingombri da occupare e di conseguenza adattare il sistema costruttivo studiato per quel determinato spazio. In questo modo, si possono ottenere coperture piane, a volta, pareti verticali o curve. Nel caso di una mostra fotografica, ad esempio, le pareti verticali possono essere pensate come pannelli espositivi, oppure possono essere rese curve per creare un luogo di aggregazione culturale. L'innovazione risiede nella facilità di assemblaggio dei mattoni e disassemblaggio nel momento in cui non se ne ha più bisogno. La velocità e la versatilità del processo rappresentano un grande vantaggio nel montaggio di componenti fieristici in grande scala. I mattoni impiegati in pareti e coperture consentono di ottimizzare i tempi di assemblaggio grazie al sistema di incastri dati dalla particolare geometria autobloccante e ai fissaggi meccanici a secco.

Picture this. A quiet park full of children and adults sitting amongst each other reading their favourite novels. Children discussing the mystical lands children's they read about, while adults recommend the next gripping murder mystery to their friends. It is hard to believe that this would be a reality in the 21st Century but with *C'era una volta* I believe we can revive this reality. The project is centred around sustainability and modularity. Each architectural element is composed of interlocking bricks made of bio-material, derived from sugar cane. Helping the construction to be simple and transportation of the elements be easy. The disposal of plastic waste and the environmental pollution are evident problems and difficult to manage. That is why this project is an eco-friendly and innovative solution to traditional architectural structures. Each brick is composed of bio-based HDPE, which is 100% recyclable and made through an injection moulding process with assistance of nitrogen. This procedure generates a lightweight, malleable, waterproof and full-green brick. Two tie-rods made of natural rubber are located in the extremities of the architectural element and they help the structure to stay still and anchored to the wooden basement. Each architectural element is designed individually and utilises maximum space. The bricks help to create shelves, seats and bike racks. All are incorporated and adjusted to the architectural element in order to optimize the small space. Each element has a roof to prevent the entry of rainwater, while only the Reading Room and Bike Rack have ventilation created by specific bricks. The Reading Room is a 4 square meter space that can host two people, including a wheelchair. The roof prevents the entry of rainwater and has natural ventilation through gaps created by the succession of bricks. The space is illuminated by a skylight and by the entrance. The Books' Box is a 3 square meter space that includes the 1 cubic meter box. Inside the architectural element the interlocking bricks provide 4 shelves which support the books and structural integrity of the structure while also providing a skylight. The Bike Rack is a 6 square meter space where 4 bikes can be placed between the bricks which protrude into the interior of the architectural element. The bikes rack is an open space allowing for access to the other two architectural elements.

Keywords

bio-based

leggerezza

modularità

riciclabilità

innovazione

reversibilità

ecosostenibilità

autobloccaggio

prefabbricazione



L'immagine emblematica di un cavalluccio marino avvinghiato a un cotton fioc.
www.ilrestodelcarlino.it

Introduzione

I. Planet or Plastic?

a. Mostra fotografica in Santa Maria della Vita a Bologna

“I grandi protagonisti del mare e della terra, che siamo abituati ad ammirare col sorriso sulle labbra per la loro bellezza, sfilano sulle grandi foto della mostra marcata National Geographic “Planet or Plastic?” voluta da Fabio Roversi-Monaco, presidente Genus Bononiae, in Santa Maria della Vita a Bologna. Il materiale che con la sua leggerezza, resistenza e basso costo ci ha cambiato la vita, rendendoci schiavi della sua praticità, sta uccidendo il pianeta: dal giorno in cui la plastica è stata inventata, ne sono stati prodotti 8,3 miliardi di tonnellate, di cui 6,3 sono diventati rifiuti che possono rimanere nell’ambiente anche per 400 o più anni. Nella mostra è stato inserito un pannello che spiega dieci piccole azioni quotidiane che possono limitare l’impatto della plastica sull’ambiente come, ad esempio, smettere di usare i sacchetti di plastica e preferire borse in tela, non acquistare più cannucce e bere acqua dal rubinetto. Completa l’esposizione il documentario «Punto di non ritorno» del regista premio Oscar Fisher Stevens e di Leonardo Di Caprio, messaggero di pace per conto dell’Onu” (Planet or Plastic, mostra a Bologna, 2019). **“Ma la plastica non è un nemico:** ha reso possibili i viaggi nello spazio, rivoluzionato la medicina, quotidianamente salva milioni di vite rendendo le risorse alimentari sicure ed accessibili alle popolazioni più povere del pianeta.

Quello che serve non è un mondo senza plastica. **Quello che serve è,** piuttosto, una rivoluzione nella consapevolezza di gestione dei rifiuti, accompagnata da **una ricerca tecnologica che crei alternative sostenibili ai polimeri tradizionali.** Dalla collaborazione fra National Geographic e la Bio-On, che investe milioni di euro in ricerca per lo sviluppo di biopolimeri completamente biodegradabili, nasce il concorso Plastic Monument, orientato a creare un’installazione architettonica itinerante che faccia il giro del mondo, sensibilizzando ovunque sull’impatto dei rifiuti plastici sul nostro pianeta.

Nella lotta ai rifiuti plastici ciascuno può fare la differenza. Plastic Monument è l’estensione culturale di “Planet or Plastic?”, la mostra sostenuta da Genus Bononiae – la prestigiosa rete di musei ed edifici culturali della città di Bologna. Nei luoghi simbolo della cura e della guarigione, una mostra di magnifici scatti fotografici vorrà offrirsi quale farmaco per le ferite del nostro pianeta, narrando gli effetti e le ripercussioni della cultura dell’usa e getta sull’ecosistema. L’obiettivo è quello di comunicare con chiarezza la necessità di un cambio di rotta, informando e sensibilizzando sull’impatto dei rifiuti plastici sul nostro ecosistema”. (Plastic Monument, YAC, 2019)



Centro di raccolta della plastica in Bangladesh.

www.youngarchitectscompetitions.com



Pete Ceglinski, co-fondatore del Seabin Project.
www.lifegate.it



Lo scopo del Seabin Project: pulire gli oceani dalla plastica.
www.lastampa.it

b. La plastica negli oceani

“*Healthy oceans, healthy planet*”. Questo è il titolo di un interessante articolo pubblicato da Elsevier, editore mondiale in ambito medico e scientifico di Amsterdam, nel giugno 2016. L’articolo è una selezione di studi fatti sul tema della plastica negli oceani. Sul suo sito ufficiale, Elsevier aveva pubblicato un video di un falco di Eleonora (*Falco Eleonorae*) femmina che nutre i suoi uccellini con un involucro di snack. Il video rappresenta un esempio di come ciò che finisce nell’oceano ci influenza in modi che non possiamo nemmeno realizzare.

Non ce ne rendiamo conto, ma un oceano sano è fondamentale per la nostra sopravvivenza poichè genera la maggior parte dell’ossigeno che respiriamo, aiuta a nutrirci, regola il nostro clima, pulisce l’acqua che beviamo e contribuisce alle nostre forniture di medicinali, secondo il sito World Oceans Day.

L’Ocean Project ha ottenuto un riconoscimento da parte delle Nazioni Unite a promuove come appuntamento annuale la “Giornata mondiale degli oceani” l’8 giugno dal 2008 a questa parte. Da quel giorno, la Giornata mondiale degli oceani ha continuato a crescere, con organizzazioni e individui in tutto il mondo che ospitano eventi che promuovono la prevenzione dell’inquinamento da plastica degli oceani. Dal 2016, anche Elsevier si propone come sostenitore attivo della giornata contribuendo come partner collaboratore. Per l’occasione, i redattori di alcune riviste Elsevier hanno selezionato documenti di ricerca pertinenti. Il Dott. Francois Galgani, co-direttore del *Marine Pollution Bulletin*, ha selezionato l’articolo di Moriarty et al. (2016) dal titolo “Analisi spaziali e temporali dei rifiuti nel Mar Celtico dai dati dell’indagine sulle acque sotterranee: lezioni per il monitoraggio”. Il documento fornisce un’analisi completa, dai dati alle considerazioni sul monitoraggio della plastica ed “è un esempio di cosa dovrà essere fatto per monitorare i rifiuti del fondo marino”, scrive Galgani.

Un secondo articolo da lui selezionato è quello di Song et al. (2016) ed è “Un confronto tra metodi di identificazione microscopica e spettroscopica per l’analisi di microplastiche in campioni ambientali”. Song et al. dimostrano un punto importante: durante l’analisi di microplastiche in vari campioni ambientali, pezzi di plastica sono sottovalutati mentre le fibre sono sopravvalutate.

È interessante sapere che la necessità di oceani sani tocca anche molti degli Obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite, tra cui Fame Zero, Acqua potabile e servizi igienico-sanitari, Azione per il clima e Vita sotto l’acqua.

Il Seabin Project

Il sentito bisogno di fare qualcosa per gli oceani arriva da tutto il mondo. Persino dall’Australia, dove Pete Ceglinski e Andrew Turton hanno cambiato vita per combattere la plastica negli oceani e consentire alle generazioni future di continuare a godere delle loro bellezze. Questa forma d’inquinamento è così grave che il peso complessivo di plastica nei mari supererà quello dei pesci entro il 2050, secondo la Ellen MacArthur Foundation. “All’età di 35 anni Ceglinski, ex designer di prodotto e costruttore di barche, e Turton, che di anni ne aveva 38 e lavorava anche lui nel settore nautico, hanno lasciato il lavoro dedicandosi a sviluppare Seabin, un cestino galleggiante che risucchia e raccoglie i rifiuti dall’acqua, tra cui le microplastiche. Efficace soprattutto in aree come i porti, dove si accumulano i detriti, è in grado di catturare più di 500 chili di rifiuti all’anno”. (Lifegate, 2018)

In Italia sono già arrivati questi dispositivi raccogli-plastica. In partnership con Seabin Project e Poralu Marine e in collaborazione con l’associativismo italiano, sono stati posizionati nei mari e nei laghi italiani ed esteri 40 Seabin di LifeGate. A Porto Venere, i Seabin stanno già facendo il loro lavoro dall’estate scorsa e, ad oggi, il progetto è stato messo in atto nelle aree portuali di Santa Margherita Ligure, nell’Area Marina Protetta di Portofino, nel Porto delle Grazie a Roccella Ionica, a Venezia Certosa Marina e da settembre, anche a Marina di Cattolica, Marina di Varazze e un altro dispositivo a Venezia Certosa Marina.

“Sono ben 90 le tonnellate di plastica che finiscono ogni giorno nei mari italiani, contribuendo all’inquinamento del Mar Mediterraneo, dove convogliano quotidianamente circa 731 tonnellate di rifiuti, numeri destinati a raddoppiare entro il 2025. I metodi più comuni usati finora per raccogliarli, **le trash boats**, imbarcazioni che navigano intorno ai porti raccogliendo la spazzatura galleggiante con le reti, e la raccolta manuale, risultano soluzioni poco efficaci, costose da gestire e mantenere. E poi **agiscono solo sui rifiuti visibili e non sulle microplastiche**.”

I Seabin V5 sono in grado di catturare dalla superficie dell'acqua circa 1,5 milligrammi di detriti al giorno, ossia mezza tonnellata di rifiuti l'anno, comprese le microplastiche fino a 2 millimetri di diametro e le microfibre fino a 0,3 millimetri. E sono proprio le microplastiche inferiori ai 5 millimetri le più pericolose, quelle che si attaccano alle alghe e vengono scambiate per cibo dai pesci, entrando nella catena alimentare che arriva nei nostri piatti.

I cestini vengono immersi in acqua e fissati al pontile con la parte superiore del dispositivo al livello della superficie dell'acqua; grazie alla posizione strategica e al vento e alle correnti, i detriti vengono convogliati all'interno del dispositivo. La pompa ad acqua, collegata alla base dell'unità, è capace di trattare 25.000 litri d'acqua marina all'ora. I rifiuti vengono quindi catturati nella borsa, che può contenerne fino a 20 kg, l'acqua scorre attraverso la pompa e torna in mare. Le borse piene vengono svuotate ogni 20 giorni e pulite. I cestini funzionano 24 ore al giorno, quindi sono in grado di raccogliere molta più spazzatura di una persona con una rete. Non possono essere usati in mare aperto, perché hanno bisogno di un collegamento elettrico, ma risultano straordinariamente efficaci nei cosiddetti punti di accumulo, cioè i porti. Che sono poi i luoghi dove convergono la maggior parte dei rifiuti in mare". (La Stampa, 2018). Il report del settembre 2019 della *Ocean Conservancy*, gruppo di difesa ambientale senza scopo di lucro, elenca la top 10 degli oggetti in plastica raccolti lungo le coste di Washington DC, Arizona, Vietnam e Ghana. Nell'ordine, troviamo (in numero):

1. Sigarette	5.716.331
2. Involucri per alimenti	3.728.712
3. Cannucce	3.668.871
4. Posate di plastica	1.968.065
5. Bottiglie di plastica	1.754.908
6. Tappi di bottiglie di plastica	1.390.232
7. Sacchetti di plastica	964.541
8. Altre borse di plastica	938.929
9. Coperchi di plastica	728.892
10. Piatti e bicchieri di plastica	656.276

Top 10 degli oggetti raccolti negli oceani.
Fonte Report 2019 Ocean Conservancy



in alto e in basso
Un mare di plastica.
www.vanityfair.it

c. Economia circolare

“Secondo la definizione della *Ellen MacArthur Foundation* l’economia circolare “è un termine generico per definire un’economia pensata per potersi rigenerare da sola. In un’economia circolare i flussi di materiali sono di due tipi: quelli biologici, in grado di essere reintegrati nella biosfera, e quelli tecnici, destinati ad essere rivalorizzati senza entrare nella biosfera. L’economia circolare è dunque un sistema economico pianificato per riutilizzare i materiali in successivi cicli produttivi, riducendo al massimo gli sprechi”. (Economia circolare, 2019)

“L’economia circolare è un modello di produzione e consumo che implica condivisione, prestito, riutilizzo, riparazione, ricondizionamento e riciclo dei materiali e prodotti esistenti il più a lungo possibile. In questo modo si estende il ciclo di vita dei prodotti, contribuendo a ridurre i rifiuti al minimo. Una volta che il prodotto ha terminato la sua funzione, i materiali di cui è composto vengono infatti reintrodotti, laddove possibile, nel ciclo economico. Così si possono continuamente riutilizzare all’interno del ciclo produttivo generando ulteriore valore. I principi dell’economia circolare contrastano con il tradizionale modello economico lineare, fondato invece sul tipico schema “estrarre, produrre, utilizzare e gettare”. Il modello economico tradizionale dipende dalla disponibilità di grandi quantità di materiali e energia facilmente reperibili e a basso prezzo”. (Europarl, 2018)

In pratica, il processo circolare può essere spiegato immaginando di dover produrre un oggetto ad uso comune come una bottiglia in PET (Polietilenetereftalato). Questo oggetto, che noi usiamo quotidianamente, è ottenuto partendo dalla estrazione della materia prima. Un lavoro di progettazione ne studia la forma in base alla funzione da attribuire che deriva da un bisogno da soddisfare. La forma finale viene prodotta attraverso il più efficace processo produttivo studiato per poi essere reso disponibile grazie alla distribuzione in negozi, supermercati o magazzini. L’oggetto viene quindi consumato e gettato nell’apposito contenitore dei rifiuti per poter essere riciclato. Il riciclo, nell’economia circolare, dà nuova vita alla bottiglia in PET fino al suo ultimo grado di riciclo.

“Durante il Forum Economico Mondiale di Davos, la Ellen MacArthur Foundation e NineSigma hanno comunicato i vincitori del premio *Circular Materials Challenge*.

Si tratta di innovazioni che, se dovessero essere supportate dalle apposite infrastrutture, potrebbero impedire che si produca l’equivalente in rifiuto plastico di cento sacchi di spazzatura al secondo”. (Sergio Ferraris, 2018)

Ellen Mac Arthur afferma che “queste innovazioni vincenti dimostrano che cosa è possibile fare adottando i principi di un’economia circolare. Le operazioni di bonifica continuano a svolgere un ruolo importante per affrontare le conseguenze del problema dei rifiuti plastici, ma sappiamo che occorre fare di più. Abbiamo urgente bisogno di soluzioni in grado di affrontare le cause profonde del problema e non solo i sintomi. In una New Plastics Economy, prima di tutto, la plastica non diventerà più un rifiuto né finirà negli oceani. Per ottenere ciò saranno necessari nuovi livelli di impegni e di collaborazione tra industrie, governi, progettisti e startup. Spero che queste innovazioni possano indurre ulteriori progressi e contribuire a realizzare un sistema in cui tutte le materie plastiche vengano riutilizzate, riciclate o compostate in modo sicuro”.

“Le proposte riguardanti nuovi imballaggi in materiale plastico non inquinante, perché si sa che la plastica non potrà in nessun modo essere tolta dal mercato, provengono da:

1. La University of Pittsburgh, in cui con l’applicazione di nanotecnologie, i ricercatori dell’Università hanno ottenuto un materiale riciclabile in grado di sostituire gli imballaggi complessi multistrato altrimenti impossibili da riciclare.
2. La Aronax Technologies Spain, società che ha messo a punto un additivo magnetico che consente di ottenere un migliore isolamento all’aria e all’umidità, caratteristica che rende l’imballo idoneo per proteggere prodotti sensibili come caffè e farmaci, senza che venga meno la possibilità di riciclo.

Per quanto concerne la combinazione di materiali compatibili con l’ambiente, invece, sono state fatte tre scoperte interessanti:

1. Full Cycle Bioplastics, Elk Packaging e Associated Labels and Packaging sono tre società che hanno collaborato alla produzione di un materiale compostabile ottenuto da materie prime rinnovabili, sottoprodotti dell’agricoltura e residui alimentari, dalle elevate prestazioni e ideale per imballare una vasta gamma di prodotti.

2. La VTT Technical Research Centre of Finland ha messo a punto un materiale compostabile multistrato derivato da sottoprodotti agricoli e forestali che potrebbe essere utilizzato per la produzione di confezioni per prodotti quali muesli, frutta in guscio, frutta secca e riso.

3. La Fraunhofer Institute for Silicate Research ISC ha sviluppato un rivestimento in silicato e biopolimeri utilizzabile in diversi tipi di imballaggi per alimentari, che protegge la confezione e il cibo dalla prematura degradazione ed è completamente compostabile”. (Sergio Ferraris, 2018)

Secondo l’articolo pubblicato sulla piattaforma Elsevier (di Kaur, Uisan, Ong, Lin, *Recent Trends in Green and Sustainable Chemistry & Waste Valorisation: Rethinking Plastics in a circular economy*, 2018) sostituire le materie plastiche monouso con bioplastiche riciclabili impedirà al pianeta di annegare nei rifiuti. In un nuovo studio pubblicato su *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, i ricercatori della City University di Hong Kong sostengono che esista **l’economia circolare della plastica**. L’idea è che i prodotti in bioplastica realizzati con materiali naturali, come i rifiuti alimentari, vengano riciclati a basso costo e senza produrre rifiuti per formare nuovi prodotti.

“La plastica deve essere prodotta e riutilizzata in modo sostenibile”, afferma il Dott. Guneet Kaur, coautore dello studio. “Per essere sostenibili, i processi non dovrebbero essere solo rispettosi dell’ambiente e socialmente accettabili, ma anche economicamente sostenibili e persino redditizi”.

In un’economia circolare, non ci sono sprechi.

Il team ha illustrato che gli zuccheri economici e rinnovabili possono essere usati per produrre materie plastiche di alto valore. “La bio-plastica ha fatto molta strada negli ultimi anni”, afferma il capo del progetto Dr Carol Sze Ki Lin. “Anche Coca-Cola sta per aprire un impianto di produzione di bottiglie in bioplastica in Belgio. Avrà la capacità di produrre 50.000 tonnellate di polietilene furanoato (PEF) a base biologica all’anno”. Il PEF è un polimero a base biologica e riciclabile progettato per sostituire il polietilentereftalato (PET) a base di petrolio a causa delle sue proprietà superiori che lo rendono adatto a molte applicazioni.

Il dott. Lin aggiunge: “Si stima che il mercato globale delle bioplastiche raggiungerà i 30,8 miliardi di dollari entro il 2020 - e che il PEF, che non ha ancora raggiunto il suo pieno potenziale di mercato, dovrebbe detenere una grande quota di mercato”.

I ricercatori della City University di Hong Kong sostengono che **“la chiave del successo di un’economia circolare delle materie plastiche è la gestione dei rifiuti - e questo avviene attraverso la riciclabilità, non la biodegradabilità. Un prodotto riciclabile, infatti, significa che il materiale viene trattenuto nel circuito di ricircolo; può essere trasformato in nuovi prodotti a valore aggiunto. Se può biodegradare, viene rimossa una risorsa preziosa che potrebbe influire sulla redditività”**. (Kaur, Uisan, Ong, Lin, 2018)

In un recente articolo del luglio 2019 sulla rivista *Vita*, si legge che: “l’Unione Europea insieme alla Banca Europea punta a raggiungere almeno 10 miliardi di euro da investire nei prossimi cinque anni a sostegno dell’economia circolare. I suoi obiettivi sono: prevenire ed eliminare la produzione di rifiuti, migliorare l’efficienza sotto il profilo delle risorse, e sostenere l’innovazione promuovendo la circolarità in tutti i settori dell’economia. Le banche e gli istituti nazionali di promozione interessati provengono dalla Polonia, dalla Francia, dall’Italia, dalla Spagna e dalla Germania. L’iniziativa sarà incentrata su investimenti negli Stati membri dell’Ue e riguarderà tutte le fasi della catena di valore e del ciclo di vita di prodotti e servizi:

- progettazione e produzione circolari – riduzione e riciclaggio dei rifiuti in modo da escludere la produzione dei rifiuti stessi fin dall’inizio, prima della commercializzazione;
- utilizzo circolare ed estensione della vita utile – possibilità di riutilizzare, riparare o rigenerare prodotti in fase di utilizzo;
- recupero del valore circolare – in riferimento a materiali e ad altre risorse recuperabili dai rifiuti, al calore di scarto e/o al riutilizzo delle acque reflue a seguito di trattamento;
- sostegno circolare – agevolazione di strategie circolari in tutte le fasi del ciclo di vita, ad esempio attraverso l’impiego di fondamentali tecnologie dell’informazione e della comunicazione, la digitalizzazione e i servizi di supporto a modelli commerciali e catene del valore di tipo, appunto, circolare”.



d. Il design come esperienza

La figura dello UX designer, progettista di esperienze per l'utente, è fondamentale nel mondo del design. I bisogni si sono complicati nel tempo, in seguito anche all'avvento della tecnologia che ha migliorato la vita di ognuno di noi ma allo stesso tempo ha richiesto un approccio nuovo sul piano sociale e funzionale. Se per un giovane, infatti, sembra immediato e facile il contatto con il digitale, sicuramente è merito anche della User Experience studiata ad hoc per semplificarci la vita. "Circa 75 anni fa nasceva il primo computer e l'unico problema dello strumento, oltre alle dimensioni ingombranti, era quello della potenza impiegata nell'elaborazione dei dati, che non sembrava mai abbastanza. Tuttavia, il computer si trasformò in poco tempo in uno strumento utilizzato da chiunque. Il veloce e repentino cambiamento del target d'utenza, diventato molto più ampio e variegato ha portato alla nascita di una nuova materia, che fosse in grado di capire le diverse esigenze degli utenti e dare soluzioni alle loro specifiche necessità: nasce così la User Experience.

Uno degli obiettivi principali di uno UX designer è quello di **far vivere all'utente un'esperienza il più piacevole e positiva possibile, privandolo di sensazioni sgradevoli quali frustrazione, ansia, rabbia e dubbio**". (P. Avesani, 2016)

Erik Dahl, designer e co-fondatore del Midwest UX Conference, sostiene che lo UX Design ruoti intorno a un concetto fondamentali:

"Il focus è sull'esperienza, non sulla funzione"

Per comprendere a fondo l'utente non è sufficiente analizzare la sua esperienza in relazione al prodotto, ma è necessario capire le motivazioni che lo spingono a scegliere un prodotto rispetto ad un altro. Lo UX designer ha l'importante mansione di studiare il ciclo completo della vita di un prodotto, quindi sia l'esperienza diretta col prodotto sia ciò che vi sta intorno (contesto e target). Per questo motivo, quando si progetta un nuovo prodotto di design è importante che questo si presti bene ad essere motivo di interazione tra persone. L'innovazione, nel design, sta soprattutto nel saper offrire nuove esperienze e favorire l'interazione sociale, ossia una relazione di tipo cooperativo o competitivo svolta da due o più attori, che orientano le loro azioni in riferimento ed in reazione al comportamento di altri attori.

Interazione tra giocatori di carte.

www.unsplash.com



Luisa Table Party, Ecobirdy.
www.ecobirdy.com

II. Campo di indagine

a. Casi studio: design del prodotto, architettura tecnica e chimica dei materiali

Il campo di indagine si sviluppa su tre ambiti: il design del prodotto, l'architettura tecnica e la chimica dei materiali. Questo avviene perché sono i tre ambiti in cui si colloca il progetto. Le varie componenti, infatti, sono inerenti le discipline sopra citate e questo spiega l'eterogeneità dei casi studio e la complessità della ricerca. Le plastiche vengono utilizzate da anni nei settori del design e dell'architettura e sono, da sempre, al centro di dibattiti nel campo della chimica dei materiali. Di recente, c'è una forte tendenza definita "eco-arte" in cui si cerca di sensibilizzare le persone sulla versatilità dei materiali riciclati e, dunque, anche della plastica. Alla mostra *Eco Trans Pop* di Milano, ad esempio, l'artista Pawel Grunert ha presentato una seduta composta da una cascata di bottiglie di plastica PET blu trasparente chiamata SIE43 Chair. Di seguito, vengono riportati alcuni casi studio che hanno posto l'attenzione sul tema "plastica".

EcoBirdy®

Il marchio *ecoBirdy*, fondato ad Anversa da Vanessa Yuan e Joris Vanbriel, progetta complementi d'arredo per bambini in plastica riciclata. Il progetto è nato con l'intento di ridurre al minimo gli sprechi andando a riciclare i parchi gioco inutilizzati e arrivati a fine vita. Non solo, *ecoBirdy* ha appurato un metodo per riciclare vecchi giocattoli e portarli a nuova vita. Tutto parte dalla frammentazione dei prodotti usati e la loro selezione accurata per colori in modo da poter essere riasssemblati per tonalità (per la resa estetica finale). Il risultato finale, infatti, è di forte impatto. Questo avviene grazie ad uno speciale processo di produzione che conferisce un aspetto caratteristico ai prodotti. Il materiale risultante da questo processo di produzione è stato chiamato *ecoethylene*® ed è in grado di produrre solo pezzi unici, andando ad incidere fortemente sul prezzo finale. La cosa positiva è, però, che ogni prodotto è riciclabile.

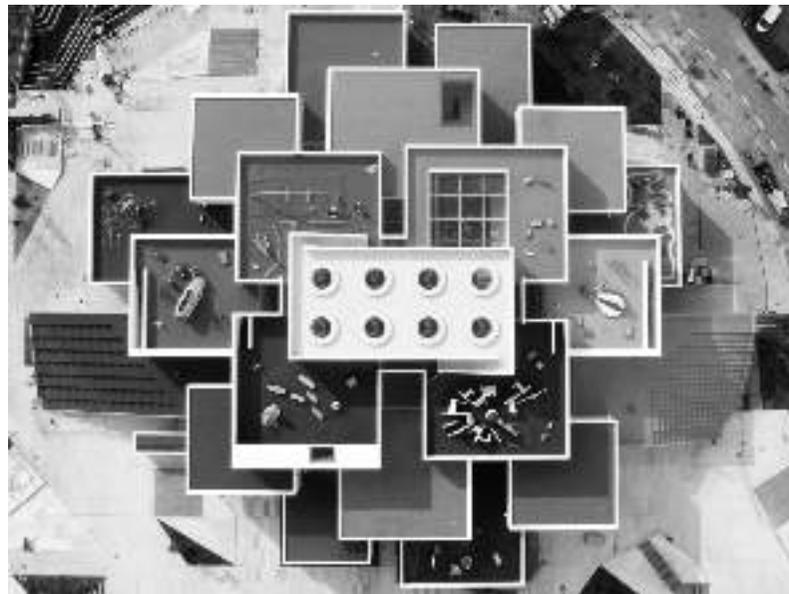
LEGO®

LEGO è forse la più famosa azienda di giocattoli del mondo. Fondata nel 1916 in Danimarca da Ole K. Kristiansen è nota per la sua linea di mattoncini assemblabili con cui poter realizzare archi-

tetture in genere. È stato nel 1958 che i mattoncini *LEGO* assunsero la particolare forma che ne caratterizzerà l'assemblaggio ed il nome viene dall'unione delle parole danesi "leg godt" che significa "gioca bene". Dopo l'iniziale serie classica, vennero aggiunte Duplo e Primo, con elementi modulari più grandi e la serie Technic con elementi più complessi. Nel 1968, a Billund, venne inaugurato il primo parco giochi a tema chiamato LEGOLAND. Negli anni '40/'50 "quando l'utilizzo della plastica si diffuse, Kristiansen la introdusse nella propria produzione. Fu introdotto il primo giocattolo modulare: un camion scomponibile, formato da diversi elementi assemblati tra loro a incastro.

In seguito, gli elementi di cui erano composti i giocattoli divennero dei veri e propri mattoncini: nel 1947, Ole Kirk e Godtfred crearono infatti i primissimi esemplari di mattoncini assemblabili in plastica e nel 1949 ne iniziarono la produzione, chiamandoli *Automatic Binding Bricks*. I mattoncini, composti di acetato di cellulosa, potevano essere assemblati e disassemblati fra loro, facendo combaciare le sporgenze rotonde sulla faccia superiore con le cavità rettangolari presenti sul fondo. L'uso della plastica per produrre giocattoli non fu visto all'epoca con molto favore da rivenditori e consumatori. Inoltre, i mattoncini presentavano ancora problemi di duttilità: le loro possibilità di collegamento erano piuttosto limitate e non erano molto versatili. Nel 1958 fu studiato, allora, il mattoncino LEGO nella forma di lì in poi utilizzata, e i pezzi furono migliorati con l'inserimento di un cilindretto nella cavità inferiore, che aggiungeva supporto alla base permettendo maggiori opzioni di collegamento e stabilità dei pezzi.

Il design dei mattoncini ha poi dato lo spunto a nuove aziende per creare gli stessi pezzi ma con materiali diversi ed anche in architettura, molti si sono ispirati a questo meccanismo d'incastro. Un esempio è la *LEGO House* (Home of the Brick) progettata da Bjarke Ingels Group (BIG) nel 2017. L'edificio è composto da 21 enormi "mattoni" bianchi impilati uno sopra all'altro, e comprende attrazioni a pagamento, ma anche esperienze gratuite per il pubblico. L'azienda Mokulock, invece, propone una versione rivisitata dei mattoncini realizzandoli in legno di acero e betulla, fatti a mano e compatibili con i LEGO in plastica "originali".



dall'alto in basso
LEGO®.

www.unsplash.com

Mattoncini in legno di Mokulock.

www.mokulock.biz

LEGO House di Bjarke Ingels Group.

www.architetti.com

Tulum Plastic School

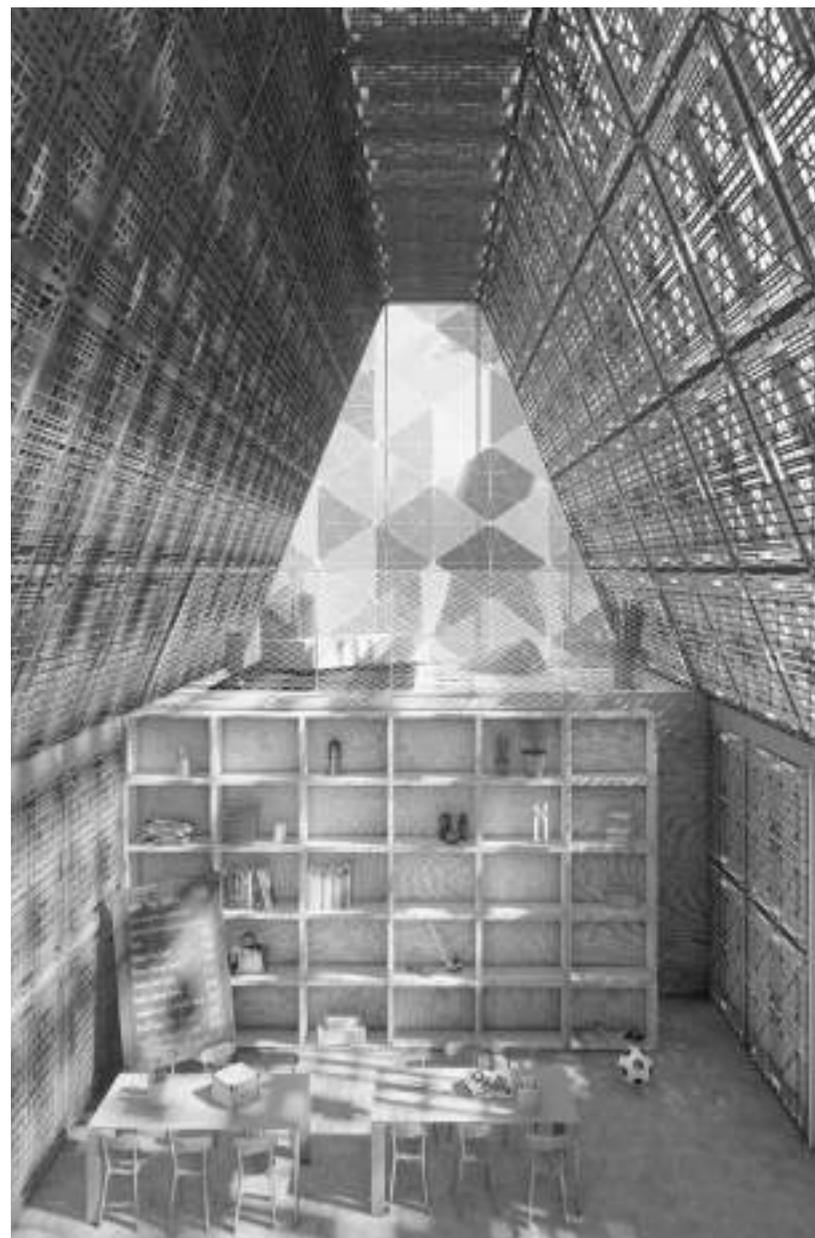
Archstorming, azienda fondata da due architetti e un avvocato, promuove concorsi di architettura basati sui temi dell'istruzione, arte, cooperazione, sostenibilità e riciclaggio. Il concorso per la realizzazione della scuola a Tulum, Messico, nasce dalla collaborazione con il progetto *MOM I'M FINE* delle ONG e l'associazione Los Amigos de la Esquina. Entrambi volevano creare qualcosa per coloro che ne hanno maggiormente bisogno.

Si sono, così, incontrati Jonathan Kubben, creatore di MOM I'M FINE, il quale era alla ricerca di un posto dove costruire una scuola, e l'ONG Los Amigos de la Esquina che aveva il posto, ma aveva bisogno del progetto. Il luogo scelto è Tulum, una bellissima città sulla costa caraibica del Messico. In questo concorso, i partecipanti hanno avuto la possibilità di progettare una scuola che si concentrasse su arte, benessere e ambiente, concentrandosi sul problema dell'inquinamento da plastica in Messico.

I partecipanti hanno dovuto impiegarla, riciclandola, per l'intera costruzione dell'edificio. Lo scopo, infatti era quello di mostrare al mondo di cosa sono capaci il design e l'architettura, per creare qualcosa che possa essere un punto di riferimento mondiale per la sua unicità. Il progetto vincitore, è stato realizzato da Daniel García, William Smith, architetti di San Francisco, California.

Il loro progetto si presenta come complesso in cui la progettazione ruota intorno al pallet in plastica. Questo è impiegato nella copertura e nelle facciate principali in modo che “la sua porosità ingegnerizzata filtra la luce all'interno del loft della scuola. Il pallet viene fatto passare attraverso i canali del carrello elevatore su un sistema di alloggiamento ripetuto e raggruppato per formare due strutture a due spioventi che ruotano attorno a una coppia di cortili: uno può essere visto come un'estensione della classe, l'altro viene offerto alla comunità.

Incastonato in plastica ondulata trasparente e riciclabile, l'edificio è protetto dagli elementi permettendo al tempo stesso di filtrare la luce del giorno. Al contrario, la struttura diventa un faro per la comunità di notte. La forma cerca di promuovere un'architettura di molteplicità: domestica, industriale, tradizionale e contemporanea”. (Tulum Plastic School, 2019)



in alto e in basso
Tulum Plastic School, progetto vincitore.
www.archstorming.com

Plastica e calcestruzzo

“Secondo i ricercatori, che hanno lavorato con i colleghi del Goa Engineering College in India, pubblicando la ricerca sulla Construction and Building Materials, è possibile sostituire fino al 10% di sabbia nel calcestruzzo con rifiuti di plastica macinati. Qualora si potesse mettere davvero in pratica in maniera sistematica, questa soluzione ridurrebbe di non poco la quantità di rifiuti di plastica sulle strade dell’India, un posto in cui questo problema è più sentito rispetto ad altri. Inoltre, sempre in India, vi è una certa carenza di sabbia, altro fattore che rende più costose tutte le strutture di calcestruzzo. Il rapido sviluppo edile del paese, infatti, ha portato ad uno sfruttamento al di fuori del normale di questa che è pur sempre un’importante risorsa mineraria e non è difficile trovare, per esempio, letti dei fiumi completamente sventrati per recuperare la sabbia in essi presente.

Secondo i primi calcoli, un approccio del genere potrebbe far risparmiare l’utilizzo di ben 820 milioni di tonnellate di sabbia all’anno, senza contare l’impatto positivo del riutilizzo della plastica. I ricercatori hanno testato varie tipologie di rifiuti plastici e i migliori sono risultati quelli provenienti dalle bottiglie di plastica. Queste ultime, una volta macinate e calibrate per adattarsi alla sabbia che viene sostituita nel calcestruzzo, sono risultate le migliori”. (A. Sartori, 2018).

Riciclaggio del PET in materiale innovativo

Nel tentativo di contrastare l’inquinamento derivante dalla plastica, un gruppo di scienziati del National Renewable Energy Laboratory (NREL) del Dipartimento dell’Energia degli Stati Uniti ha ideato un nuovo metodo per riciclare la plastica, in particolare oggetti quali bottiglie, indumenti, tappeti monouso, e tutti gli oggetti in polietilene tereftalato (PET). Il riciclaggio del PET, un materiale forte e leggero nonché resistente all’acqua e con varie proprietà infrangibili, ha sempre incontrato parecchie difficoltà ma il nuovo metodo ideato da questa squadra di ricerca si rivela innovativo, come dichiara Gregg Beckham, uno degli autori dietro al progetto: “Il riciclaggio standard di PET oggi è essenzialmente ‘downcycling’. Il processo che abbiamo elaborato è un modo per riciclare il PET in materiali compositi di lunga durata e ad alto valore come quelli che verrebbero utilizzati in parti di automobili, pale di turbine eoliche, tavole da surf o snowboard”.

I ricercatori hanno inoltre combinato il PET risultante con elementi derivati da fonti rinnovabili, come la biomassa delle piante ed hanno creato quello che può essere considerato come un nuovo materiale che combina molecole biologiche con PET rigenerato. Questo nuovo materiale può essere utilizzato per produrre una sorta di “plastica rinforzata” con fibre (FRP). Il processo per produrre questo nuovo materiale utilizza inoltre il 57% in meno di energia rispetto agli attuali processi di riciclaggio del PET”.

(M. Mazzeo, 2019)

Dalla bottiglia alla t-shirt

Un ultimo e interessante caso di studio è quello di H&M, azienda d’abbigliamento svedese, che nella sua linea Conscious, in commercio dall’aprile del 2017, “ha proposto abiti e accessori realizzati con un materiale speciale e super tech che porta a nuova vita la plastica. Bottiglie di plastica, buste della spesa, contenitori: tutta la plastica galleggiante che inquina i mari viene rimaneggiata e riciclata da Bionic, l’azienda fondata da Tyson Toussant che trasforma la plastica in filato e che è stata scelta da H&M per la Conscious Exclusive Collection lanciata il 20 aprile 2017. È la prima volta che H&M impiega questo tessuto: ogni anno l’azienda cerca nuovi materiali per le sue collezioni Conscious, con lo scopo di unire le nuove tecnologie a sistemi di produzione più sostenibili per il fashion system. Tra l’inquinamento che sale e il riscaldamento globale come conseguenza, l’azienda svedese si spende già da qualche tempo in progetti di riciclo di abiti e collezioni marcate con l’etichetta “Conscious”, che vorrebbe dire fatte con coscienza, e cioè utilizzando procedimenti industriali e materiali poco inquinanti. L’azienda sembra che voglia scontare il fatto di essere il vessillo della moda usa e getta, a prezzo stracciato, da comprare e buttare la stagione successiva.

I suoi sforzi per la raccolta di abiti usati nei punti vendita, però, ci sono: secondo i dati di H&M del 2015, il 20% della produzione totale è composto da abiti riciclati o realizzati da materiali sostenibili e il colosso svedese è diventato uno dei più grandi compratori di cotone organico al mondo. L’obiettivo che H&M si è dato è quello di vendere il 100% di prodotti in cotone sostenibile entro il 2020”. (A. Conte, 2017)

INTERNATIONAL ARCHITECTURE COMPETITION

ARCHHIVE BOOKS' PORTABLE READING ROOMS



US\$ 5,000 + CONSTRUCTION

Prize



18 OCTOBER, 2019

Registration deadline

REGISTER NOW

Locandina del concorso indetto da Archive Books *Portable Reading Rooms*.
www.beebreeders.com

III. Obiettivi di ricerca

a. Archhive Books' Contest: Portable Reading Rooms

“La progettazione se vuole essere ecologicamente responsabile e socialmente rispondente, deve essere rivoluzionaria [...]. Deve votarsi al “principio del minimo sforzo” adottato dalla natura, in altre parole al massimo della varietà con il minimo delle invenzioni, ovvero ad ottenere il massimo con il minimo. Ciò significa consumare meno, usare di più, riciclare i materiali”.

(V. Papanek, Progettare per il mondo reale, p.323, 1973)

L'insieme di eventi che hanno fatto sì che il tema dell'inquinamento ambientale, in parte dovuto al cattivo uso della plastica, diventasse sempre più al centro di discussioni e provvedimenti politici porta inevitabilmente a cercare un'alternativa costruttiva ai materiali per la progettazione. Partendo dagli articoli giornalistici, quelli scientifici inerenti il mondo delle nuove tecnologie produttive e ciò che accade quotidianamente si è voluto contribuire al problema. L'obiettivo iniziale era quello di “contribuire allo smaltimento dei rifiuti”, proponendo una struttura che impiegasse oggetti da rifiuto. Dovendo, però, andare a riciclare rifiuti che sarebbero poi trasformati in rifiuti ancora più difficili da smaltire, l'attenzione si è spostata piuttosto su un modo per ridurre la creazione di rifiuti.

I concorsi, sono per i designers opportunità stimolanti per mettersi in gioco con la creatività e le idee di cambiamento per un design innovativo, non tanto nella forma quanto nella ricerca dei materiali che danno vita a prodotti di nuova concezione. È ciò che propone il concorso indetto da Archhive Books per Bee Breeders sul tema dell'ecosostenibilità.

Bee Breeders è l'organizzatore principale di concorsi di architettura mentre Archhive Books provvede alla pubblicazione in formato cartaceo delle idee di Bee Breeders Architecture Competition Organisers. Nel caso in esame, il concorso preso a riferimento è il *Portable Reading Rooms Contest* in cui è richiesto di progettare una piccola struttura, adibita alla lettura di libri, che possa essere inglobata negli spazi pubblici esistenti di diverse località nel mondo. Il motivo che sta alla base del concorso è il seguente:

“malgrado la crescente presenza dei dispositivi digitali nella vita quotidiana, la richiesta di libri in formato cartaceo è più forte che mai, non senza motivo. Gli studi mostrano che i lettori di libri cartacei assorbono e assimilano più informazioni riguardo la trama di un libro di coloro che utilizzano i lettori, si ritiene grazie alla sensazione tattile data dal maneggiare il libro, di voltarne le pagine e di constatare i propri progressi nella lettura. Persino a tre anni, un bambino trae beneficio dal fatto che gli vengano lette delle storie dai libri cartacei, le quali lo coinvolgono di più e che ricorda più facilmente. Gli studiosi ipotizzano che questo avvenga perché il bambino non viene distratto dal dispositivo elettronico.

Le Reading Rooms avranno la funzione di spazio di meditazione intimo, nel quale le persone possano leggere e scambiarsi dei libri. La struttura in sé dovrà essere molto versatile, in modo da adattarsi a diverse ubicazioni ed essere operativa in qualsiasi condizione climatica e stagione. Per quanto la loro funzione possa cambiare, nel corso dell'anno – da semplice luogo di scambio durante i mesi invernali a un utilizzo più intenso in periodi dal clima più mite, come esperienza immersiva e interattiva – le Reading Rooms dovranno avere il potenziale di arricchire la comunità che le ospiterà”. (Bee Breeders, 2019)

Come tutti i concorsi, anche Archhive Books cita alcuni requisiti indeclinabili come l'ecosostenibilità del processo realizzativo e della struttura finale, la modularità e l'efficienza nella costruzione in termini di costo e di consumo energetico. Inoltre, come requisito minimo di progetto, viene citata anche la reversibilità della struttura e il facile smontaggio e collocamento di città in città.

La mostra fotografica, uniformemente a quello che si legge sui giornali e sulle riviste scientifiche che trattano il tema della plastica, è stato lo spunto che ha portato alla proposta di un'alternativa valida alle tradizionali tecniche costruttive per poter offrire una soluzione innovativa nel campo del design. Mancando lo spunto progettuale, l'idea è stata trovata sui siti di concorsi di design e architettura che offrono giornalmente sfide progettuali e innovative.

b. Ecosostenibilità: bio-based o riciclo?

Il primo nodo da sciogliere riguardo la proposta di una soluzione innovativa al problema dell'inquinamento ambientale è il seguente: *scelgo di puntare sulla vasta gamma di materiali derivati da fonte naturale o investo su un nuovo modo di pensare il riciclo?*

Il tema dell'ecosostenibilità è fonte di contrastanti pensieri. C'è chi si dice pronto a contribuire sulle nuove tecnologie di riciclo e chi invece sostiene, da fatti evidenti, che non ci sia nulla di più inutile.

“Il consumo di plastica è cresciuto moltissimo negli ultimi anni, ma è in crescita anche il riciclo dei rifiuti plastici. La produzione mondiale di plastica è cresciuta e lo smaltimento dei rifiuti in materiale plastico è un problema sempre più impellente. Ogni anno, l'inquinamento dovuto alla plastica raggiunge livelli sempre più preoccupanti, con una produzione che è passata dai 15 milioni del 1964 ai 310 milioni di oggi.

In Europa la produzione è 50 volte superiore rispetto alla metà del secolo scorso. Alcuni studi stimano che negli oceani ci siano fino a 150 tonnellate di plastica e se ne è trovata traccia ormai in quasi tutti gli ambienti naturali. Non si parla solo di oggetti di plastica, come sacchetti o imballaggi vari, ma anche **microplastiche**, delle particelle molto piccole e difficilmente contenibili. La plastica è un materiale ampiamente diffuso ed è spesso destinata ad un utilizzo “usa e getta”. Purtroppo i rifiuti plastici sono una minaccia per l'ambiente, si degradano in un tempo molto lungo e di conseguenza finiscono per “riempire” spiagge, mari e altri luoghi naturali. In Italia il tasso di raccolta differenziata, anche della plastica, è elevato, ma è meno la quantità che viene effettivamente riciclata. Secondo i dati Corepla (Consorzio Nazionale per la raccolta, il riciclo e il recupero degli imballaggi in plastica), ad esempio, solo il 43,5% degli imballaggi plastici è effettivamente riciclato e trasformato in altri oggetti. Il resto dei rifiuti viene destinato a discariche e termovalorizzatori.

La sensibilità dei cittadini sul tema è sicuramente in crescita, anche se vengono commessi ancora alcuni errori, in quanto non tutta la plastica va differenziata: una bottiglietta va gettata nel contenitore della plastica, un giocattolo no. Un altro scoglio da superare è l'utilizzo di plastiche non riciclabili per la realizzazio-

ne di vari prodotti. L'inquinamento dovuto alla plastica raggiunge livelli sempre più preoccupanti.

L'industria del riciclo della plastica in Italia è in crescita, con benefici per l'ambiente e per l'economia. L'Italia si colloca al terzo posto dopo Germania e Spagna per il tasso di riciclo della plastica. In discarica sono ormai destinati solo il 20% dei rifiuti, quantità che può essere ancora ridotta. Il beneficio economico è di 2 miliardi di euro, in quanto grazie al riciclo non si è consumata materia prima, si è prodotta energia e si sono ridotte le emissioni di CO₂. Tutti i dati sono raccolti nel Green Economy Report, a cui hanno lavorato Corepla e Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile.

Quindi, è sicuramente positiva la crescita rapida che ha l'industria del riciclo, ma non dobbiamo dimenticare che cresce anche la quantità di plastica prodotta e poi raccolta. L'Europa, infatti, è seconda solo alla Cina come produttore di plastica e, tra i paesi membri, l'Italia è seconda solo alla Germania. Dal 1998 ad oggi la quantità di plastica raccolta per cittadino è cresciuta da quasi 2 kg a 18 kg.

Anche la normativa sta rendendo più stringenti le regole sull'utilizzo della plastica: una direttiva ratificata dal Consiglio dell'UE lo scorso 21 maggio ha infatti stabilito che la plastica monouso verrà definitivamente bandita dal 2021”. (Mussi, 2019)

Ma allora cos'è che non funziona nel mondo del riciclo? Come spiega Guido Fontanelli (2018), noi cittadini che “separiamo ogni giorno i nostri rifiuti, convinti che il vecchio giocattolo di plastica servirà a costruire una nuova panchina [...] nella realtà, una quantità enorme di carta, plastica, tessuti e altri scarti non è affatto reimmessa nel ciclo produttivo e, fino alla fine dello scorso anno, veniva caricata su grandi navi e spedita in Cina. La spazzatura era sì riciclata, ma a 7.500 chilometri di distanza da casa nostra.

Il 18 luglio 2017 all'Organizzazione mondiale del commercio (Wto) è stato deciso di non accettare più l'importazione di 24 tipi di rifiuti, dalla plastica alla carta fino alle scorie prodotte dalla lavorazione dell'acciaio e dal settore tessile. Il divieto è scattato ufficialmente il primo gennaio 2018.



Non c'è più spazio.
www.unsplash.com

Un gesto dalle conseguenze catastrofiche: solo lo scorso anno Pechino ha acquisito dall'estero 7,3 milioni di tonnellate di scarti di plastica, il 72,4% dei rifiuti plastici esportati dai Paesi di tutto il mondo. Che ora restano negli Usa, in Europa e in Giappone. Perché il governo cinese ha alzato il muro? **L'obiettivo** dichiarato da Pechino per giustificare la misura è **controllare l'entrata sul proprio territorio di rifiuti che possono contribuire all'inquinamento ambientale**.

Le preoccupazioni maggiori riguardano la plastica: ogni anno l'Europa produce 25,8 milioni di tonnellate di rifiuti di questo tipo. **E solo il 31% viene raccolto e avviato a riciclo**, in parte in Cina. Il resto finisce nei termovalorizzatori (la plastica è un ottimo combustibile), in discarica o nell'ambiente. Nel 2016 in Italia sono state raccolte 6,5 milioni di tonnellate di carta da macero e l'industria cartaria ne ha assorbito solo 4,9 milioni: la Cina copre la differenza e ora questo sfogo non c'è più. Non è un caso che gli incendi in depositi di stoccaggio sono sempre più numerosi: 200 negli ultimi due anni con gravi danni per l'ambiente. Nel 2017 Corepla ha raccolto più di un milione di tonnellate di rifiuti, quasi il doppio rispetto a dieci anni prima. Peccato che solo una parte di questa plastica interessa al mondo produttivo (in particolare il polietilene delle bottiglie, che fa gola al settore tessile) mentre il 40,3% non può essere riciclato, come per esempio i film che proteggono le confezioni di prosciutto o parmigiano: viene perciò utilizzato per produrre energia nei termovalorizzatori o nei cementifici.

Il gruppo A2A ha inaugurato nel 2018 a Cavaglià in provincia di Biella un impianto che consente di trattare 45 mila tonnellate annue di materiale, selezionando e dividendo 13 tipi di plastiche differenti, che possono così essere avviate al riciclo e diventare nuovi oggetti.

Ma chi li compra questi oggetti?

Il problema, spiega Legambiente, è che “non esiste un vero mercato dei prodotti riciclati”. Nel caso della plastica, il vero ostacolo è che le materie plastiche riciclate vengono trattate come sostitutive di quelle primarie, senza che vi sia una domanda separata. Ciò lascia le prime in balia delle tendenze dei mercati; il prezzo è in gran parte determinato da quello delle materie plastiche primarie, legate a loro volta ai prezzi del petrolio, piuttosto che dai costi di raccolta, selezione e trattamento dei rifiuti; il settore del riciclaggio della plastica è più piccolo e più frammentato rispetto all'industria primaria, il che rappresenta un grande svantaggio in termini di economie di scala.

La ricerca deve andare avanti per studiare imballaggi che mantengano la qualità dei cibi nel tempo ma che allo stesso tempo possano essere recuperati. E puntare sempre di più sulle plastiche biodegradabili, l'ultima frontiera per eliminare il problema dell'inquinamento dei mari”.

In realtà, anche il tema della “biodegradabilità” è complesso e sconosciuto, tanto che una persona comune tende ancora a fare confusione tra ciò che è biodegradabile e ciò che è solamente bio-based ma definendolo “*bio*” è convinto di non fare del male al pianeta. Sicuramente, il tema dei polimeri bio-based si sta rivelando sempre più interessante e convincente e mentre le più grandi potenze mondiali cercano accordi per affrontare il problema del riciclo, scienziati da tutto il pianeta trovano alternative valide alla plastica monouso. Una di queste è stata realizzata nel dipartimento di Chimica dell'Università del Colorado e potrebbe rivoluzionare i dispendiosi processi di riciclo a vantaggio del rispetto ambientale. Quello definito il “perfetto sostituto della plastica” che può essere riciclato all'infinito e non inquina è un polimero basato su una sostanza chiamata gamma - butirolactone (Gbl).

Prete (2018) descrive questo nuovo materiale come forte, resistente al calore e leggero ma che, a differenza della plastica comune, può essere scomposto e riciclato infinite volte, riportandolo allo stato originario. “Ha un ciclo vitale circolare”, afferma Eugene Chen, professore del Dipartimento di Chimica statunitense impegnato nella ricerca. “Oltre ad avere la possibilità di essere riutilizzato più volte, ha un processo di riciclo sostanzialmente green. Può essere realizzato in pochi minuti senza la necessità di sostanze chimiche tossiche o consumi energetici massicci perché avviene a temperatura ambiente. Il polimero riciclabile promette la soluzione ideale: tutti i vantaggi della plastica, ma nessun danno per l'ambiente. Chen e i suoi colleghi si stanno impegnando per un futuro in cui i materiali green possano essere collocate in un reattore e de-polimerizzati per recuperare il loro valore originario, cosa che non è possibile fare con le plastiche attuali. Chen conferma che *“i polimeri possono essere riciclati chimicamente e riutilizzati, in linea di principio, infinitamente.”* (Prete, 2018)

Da questa breve dimostrazione dello scontro che esiste tra i sostenitori del riciclo e quelli della natura, la strada si restringe e la scelta da fare è una sola: le innumerevoli materie prime che ci offre la natura e le interessanti scoperte che vengono fatte dai dipartimenti di chimica sono alla base di una nuova alternativa valida e certa al problema dell'inquinamento ambientale: il polimero bio-based.

III. Risultati attesi

Come conseguenza allo studio fatto sull'offerta di polimeri ecologici e le possibilità che può offrire il tema del riciclo, ci si trova inevitabilmente di fronte a un bivio. È stato definito a priori che il progetto debba collocarsi nel contesto dell'innovazione in termini di materiali e costruzione, motivo per cui la strada scelta è quella dei bio-polimeri. L'intento è quello di partecipare al concorso *Portable Reading Rooms* ed avere quindi un pretesto valido per cimentarsi nello studio approfondito dei materiali bio. Il concorso stila obiettivi molto in linea con quello che si vuole andare a presentare come caso di studio per cui, dovendo rispettare delle scadenze, come priorità troviamo quella di ideare un complesso per la lettura di libri. L'idea viene poi proiettata in ambito universitario, dove sarà previsto un ampliamento della ricerca e del concept. Qui, infatti, dovendoci concentrare sull'aspetto innovativo, ci si pone come obiettivo da soddisfare quello di offrire una soluzione costruttiva adattabile ed ecosostenibile che favorisca l'interazione sociale. Il design gioca sulla reversibilità della struttura, quindi la proposta sarà una struttura utilizzabile in vari contesti. Non solo la lettura o lo scambio di libri, i temi in cui si potrà collocare il progetto riguardano il sociale, l'artistico e il fieristico. Questo perché, il concorso sottolinea l'importanza dell'ideare qualcosa che sia facilmente trasportabile di località in località e dunque destinato a rimanere nel solito posto per un breve periodo. Ne deriva che il progetto si colloca nell'ambito delle strutture temporanee e dei sistemi a breve termine. Risulta fondamentale, quindi, l'utilizzo di un materiale a bassissimo impatto ambientale, proprio per l'elevata frequenza di spostamenti.

Procedendo con ordine, tra i risultati attesi da questo progetto troviamo, in primo luogo, lo studio dei polimeri bio-based e biodegradabili per poter definire meglio le caratteristiche tecniche e le modalità di impiego nell'edilizia. Il materiale, con il suo processo produttivo è strettamente collegato alla forma che assumerà la struttura. Ponendoci come obiettivo quello di non impiegare materiali inquinanti o che possano considerarsi uno spreco, la soluzione si trova, tra le infinite alternative, nell'edilizia a secco. L'inutilizzo di collanti porta alla progettazione di sistemi che si assemblano per componenti tecnici e da qui, l'idea di creare un metodo che potesse andare bene per più tipologie di complesso. Tra l'altro, un sistema di assemblaggio a secco ben studiato, rende la struttura semplice dal punto di vista meccanico e veloce da disassemblare a fine uso.

*“rendere le cose semplici è
un processo complicato”*

(John Maeda, Le leggi della semplicità, 2006)



Per poter fare questo, c'è bisogno di un sistema ripetibile per ogni tipo di ingombro che, ipoteticamente, ci troveremo a dover occupare in base al tipo di evento. Una fiera posizionata all'esterno o in una piazza e una mostra fotografica all'interno di un vecchio oratorio sacro richiedono, infatti, tratti diversi da soddisfare ma potrebbe essere utilizzato lo stesso "principio costruttivo", dal momento che questo risulta adattabile e intercambiabile. Alla forma viene poi associato il materiale che, seguendo i requisiti di concorso, deve essere impermeabile e poco costoso. Anche se il budget non è indicato, né dal concorso né dalla tesi di laurea, avere un'idea indicativa sui costi di produzione è molto utile. Per questo, è importante verificare che il bio-polimero sia facilmente reperibile e dal costo contenuto.

Un altro aspetto da considerare in vista della presentazione del progetto di laurea è sicuramente la prototipazione. L'idea è quella di fornire una scala ridotta di tutti i moduli che compongono il progetto, sotto forma di plastico in cartongesso, per poter illustrare gli ingombri massimi dell'intero complesso e la sua visione generale. La struttura sarà quindi semplificata e privata di dettagli costruttivi, che non sono necessari alla comprensione del progetto. Dopo di che, poter toccare con mano un dettaglio del sistema in scala reale, risulta altrettanto significativo.

Le Corbusier, Unité d'habitation, Berlino, 1957.
www.architecturaldigest.com

Analisi dello stato dell'arte



Flacone in polietilene a fine vita.
www.unsplash.com

1.1 Polimeri bio-based: stato dell'arte

La raccolta delle plastiche negli oceani è una tematica molto delicata e piena di problemi ad essa associati. Parlare di riutilizzo di plastiche inquinanti diventa insignificante quando queste vengono impiegate per realizzare oggetti ancora più difficili da smaltire. Neanche il riutilizzo degli oggetti così come si trovano a disposizione riuscirebbero a garantire durabilità ad una costruzione. Ad esempio le bottiglie in PET (polietilene tereftalato) talvolta, se riempite di elementi naturali, vengono riutilizzate ma non garantiscono stabilità strutturale. Quando sentiamo parlare di bioplastiche non tutti sanno che in realtà possono essere divise in tre grandi categorie, talvolta ben distinte. “I biopolimeri rappresentano un’area con grande possibilità di sviluppo perché uniscono elevate potenzialità tecniche al fattore dell’ecosostenibilità. Le cause dell’interesse crescente per i biopolimeri derivano da problematiche legate al recupero di rifiuti, dal possibile incremento significativo dei prezzi dei prodotti petroliferi e dal loro utilizzo favorito o reso obbligatorio per legge. Le modalità con cui si possono processare le biomasse sono principalmente tre: utilizzando i polimeri naturali che possono essere modificati, ma che rimangono sostanzialmente immutati (ad es. polimeri da amido); producendo per fermentazione biomonomeri che vengono successivamente polimerizzati (ad es. PLA o acido polilattico, Polipropilene, Polietilene); oppure producendo biopolimeri direttamente da microorganismi (ad es. PHA). Il vantaggio è che i biomonomeri possono sostituire gli analoghi materiali tradizionali già presenti sul mercato”. (D. Pollon, Proplast)

I biopolimeri possono essere quindi di tre tipi: i **polimeri derivati da fonte rinnovabile ma non necessariamente biodegradabili, detti *bio-based*, quelli derivati dal petrolio ma biodegradabili, e quelli sia *bio-based* che biodegradabili**. La prima, fondamentale, differenza tra i *bio-based* e i biodegradabili sta nel loro ciclo di vita. I biodegradabili derivati da fonte biologica, usati nel packaging e nel food, hanno una vita molto breve. Basti pensare ai comuni sacchetti in amido di mais in vendita al supermercato per confezionare la frutta e la verdura o alla pellicola in cera d’api che ha recentemente trovato impiego nel confezionamento di alimenti. I polimeri non biodegradabili, invece, ma derivati da fonte biologica dunque riciclabili sono durevoli nel tempo e vengono impiegati nei settori dell’automotive, dell’appliance, del footwear e delle costruzioni. In generale, per bio plastiche *bio-based* si intendono tutti i materiali plastici contenenti una certa percentuale di fonte rinnovabile.

Più precisamente, quando notiamo il termine *bio-based* significa che il materiale è parzialmente oppure totalmente derivato da biomassa (vegetali) come per esempio mais, canna da zucchero, cera d’api, barbabietola, cellulosa, oli vegetali, olio di ricino. Fanno parte della vasta gamma di fonti rinnovabili utilizzate nella produzione di polimeri, ad esempio, i polioli in cui gli “starter” sono proprio le biomasse. “L’olio di ricino, modificato chimicamente, può essere processato per la produzione di polioli poliesteri. Anche l’olio di soia si presta molto bene: inserendo gruppi OH nella catena, si creano delle reazioni con il doppio legame che portano alla creazione del polimero”. (A. Lorenzetti, 2013)

L’amido termoplastico

L’amido è un carboidrato (polisaccaride) presente in numerose piante (come il mais, le patate ed il grano) e largamente disponibile in natura. È presente sotto forma di granuli discreti per i forti legami intermolecolari tra i gruppi idrossilici. E’ necessario, quindi, distruggere questa struttura supermolecolare per poter utilizzare l’amido come materiale termoplastico, attraverso diversi tipi di reazione. Nella maggioranza dei casi, l’amido termoplastico viene poi miscelato con altri polimeri per ottenere materiali facilmente processabili. Come conseguenza, i polimeri da amido possono essere molto differenti e si distinguono in: polimeri da amido puro, parzialmente fermentato, destrutturato, modificato o in blend con altri polimeri (i blends ottenuti possono variare da plastici flessibili come PE a plastici rigidi come il polistirene). Il 75% dei polimeri da amido viene utilizzato nel packaging ed il 25% in agricoltura per la loro bassa barriera al vapore, la sensibilità al contatto con H₂O e l’ottima resistenza ad oli e grassi. “Per ovviare a queste limitazioni, la maggior parte delle soluzioni industriali e commerciali a base di amido termoplastico, è realizzata tramite miscelazione con altri polimeri, talvolta provenienti da fonte fossile ma biodegradabili, come ad esempio i biopoliesteri tipo PBAT. L’applicazione preponderante è proprio quella che prevede la miscelazione con polimeri, anche da fonte-fossile”. (P. Fabbri, 2019)

L’acido polilattico

L’acido polilattico, o PLA, è uno dei primi biopolimeri prodotti commercialmente, dotato di versatilità applicativa con prestazioni paragonabili a quelle dei polimeri petrolchimici (polipropilene



Bee's Wrap, pellicola in cera d'api per alimenti.
www.beeswrap.com

e polistirene). Derivato dalla canna da zucchero, è, tuttavia, un materiale fragile, con una bassa resistenza alla temperatura e bassa melt strength (resistenza del fuso) ma facilmente riciclabile con tecniche chimiche e biochimiche, come il compostaggio. Il PLA è *biodegradabile per compostaggio* in ambienti industriali, ovvero in impianti dove la concentrazione e la natura dei microrganismi addetti alla biodegradazione sono ben controllate e quindi note, la temperatura è di circa 60°C, il grado di umidità relativa è controllato ed elevato. In queste condizioni, il PLA tipicamente biodegrada in 60-90 giorni, mentre è noto che non sia spontaneamente biodegradabile in ambienti naturali aperti, come il suolo, i fiumi ed i mari.

I poliidrossialcanoati

Più comunemente chiamati PHA, sono poliesteri alifatici che derivano dal batterio *Ralstonia eutropha* e vengono ottenuti attraverso un processo di fermentazione del substrato di carbonio, utilizzato dai batteri come fonte di energia per accumulare PHA come riserva energetica all'interno. Al termine della reazione di fermentazione (che può durare dalle 38 alle 48 ore), le cellule vengono concentrate, purificate ed avviene il processo di estrazione dei PHA. Il PHA deve poi essere recuperato dalla soluzione. Le caratteristiche principali sono l'insolubilità in H₂O, la resistenza alla degradazione idrolitica, l'alta resistenza a solventi, oli, grassi e UV, la buona stampabilità (*printability*) ed in generale le elevate caratteristiche di resistenza fisico-meccanica, generalmente più elevate rispetto agli altri bio-polimeri. Le caratteristiche li rendono idonei ad impieghi nel settore dell'imballaggio, delle costruzioni, dell'agricoltura, dei trasporti, sotto forma di fibre o tessuti. "I PHA sono gli unici biopolimeri scientificamente riconosciuti come spontaneamente biodegradabili in ambienti aperti, oltre che ovviamente compostabili". (P. Fabbri, 2019)

I bio-poliuretani

I poliuretani bio-based, vegetable-oil e oil-based sono derivati da fonte biologica ma non tutti sono biodegradabili. Alcuni di essi, si prestano molto bene a progetti dove le caratteristiche tecniche prestazionali richieste e la durabilità sono molto elevate, altri hanno come obiettivo solo quello di durare per un breve periodo di tempo ed essere a basso impatto ambientale. La cosa che li accomuna è la facilità di processabilità. In generale, tutti i bio-poliuretani riescono ad essere lavorati con processi usati comunemente con le plastiche tradizionali, ad esempio con il processo di colaggio per ottenere forme particolari (poliuretano da colata)

o con stampa 3D con filamento di bio-poliuretano (utilizzo di tecnologia FDM per realizzare gomme morbidissime e gradevoli esteticamente). I bio-poliuretani hanno degli svantaggi come il fatto di non poter essere applicati all'esterno ma solo per oggetti pensati per luoghi chiusi; per poter raggiungere caratteristiche tecniche soddisfacenti dovrebbero essere unite matrici da fonti rinnovabili e fibre (lunghe, non particelle) di additivi che non siano però biologici perché la resistenza nel tempo sarebbe molto limitata. Un altro PU a base di vegetable-oil che possiamo citare è quello derivato dal caffè. Il prodotto lavorato e pronto per essere utilizzato come materiale oil-based è sottoforma di schiuma poliuretana. I polioli, ricchi di componenti oleosi del caffè, possono essere convertiti in poliuretano (PU) a base di biomassa. La tecnologia di schiumatura microporosa per l'olio di caffè ha aiutato l'industria tessile a creare con successo un tessuto altamente funzionale realizzato in schiuma di poliuretano per caffè. Questo tessuto presenta buone caratteristiche di isolamento termico e può essere utilizzato come rivestimento protettivo eliminando anche l'odore del corpo. Queste caratteristiche sono utili anche per gli articoli sportivi e per il tempo libero.

Tra i bio-poliuretani più tecnici, esistono in commercio due tipi di bio-based polyurethane che sono stati presi in considerazione:

- *bio-based polyurethane* con aggiunta di legno del marchio Covestro®: composito bio-based al 90%, basato su un poliuretano rinforzato con fibra di cellulosa. Il materiale possiede buona resistenza alla fiamma e agli agenti atmosferici. Nelle costruzioni viene impiegato sottoforma di pannelli in legno massiccio a strati incrociati (XLAM), dove tra i diversi strati viene interposto un sottile velo di resina poliuretana che ha lo scopo di tenere unita la struttura, talvolta rinforzato con fibre aramidiche, di vetro o carbonio a scopo di irrigidimento. La matrice poliuretana può essere ricavata da oli vegetali, con i quali ottenere poli-isocianati alifatici e polioli bio-based, mentre per il rinforzo la soluzione più sostenibile è quella basata su fibre di cellulosa. Il risultato è un composito biobased al 90%, che può essere trasformato in profili per l'edilizia mediante pultrusione, tecnologia di rinforzo in continuo.

- *bio-based thermoplastic polyurethane* del marchio Aylon® 52 Bio, che fa parte della famiglia di poliuretani termoplastici con un contenuto di materie prime rinnovabili tra il 30% e 40%, con le stesse caratteristiche di qualità e processabilità dei tradizionali TPU derivati da fonte sintetica. I compound della famiglia Aylon® 52 Bio sono processabili con le tecnologie di stampaggio ad iniezione e permettono di realizzare articoli rigido-morbidi mediante sovra-stampaggio o costampaggio.

*“Tecnologia, innovazione e sostenibilità.
Il Green PE è il risultato di questa
combinazione”*

(Braskem sull'HDPE)

Durante la fase di ricerca, però, è stato posto come requisito principale quello di utilizzare i bio-polimeri non biodegradabili. Questo perché, come abbiamo visto per la maggior parte dei polimeri derivati da biomassa, la loro esposizione all'esterno che potrebbe portarli ad essere soggetti di attacchi atmosferici, li rende molto fragili e dunque di bassa prestazione tecnica. Nella costruzione di una struttura sicura e che funga da riparo, ciò non deve avvenire. Il materiale impiegato deve essere altamente performante in tutti i suoi aspetti. Motivo per cui, l'attenzione si è spostata verso i **bio-based non biodegradabili**. Tra questi, citiamo le aziende Braskem, FKur e Neste che sono a livello mondiale le maggiori realtà industriali operanti nel settore delle Bioplastiche ad elevate prestazioni.

I'm green™ PE

I'm green™ PE è una plastica prodotta dalla canna da zucchero, una materia prima rinnovabile, a differenza del polietilene tradizionale che utilizza materie prime di origine fossile come petrolio o gas naturale. Per questo motivo, il PE Green cattura CO₂ dall'atmosfera durante la sua produzione, contribuendo a ridurre le emissioni di gas serra. Inoltre, l'attenzione verso la sostenibilità è presente nel rapporto con i fornitori di etanolo Braskem. Dalla semina della canna da zucchero alla produzione di etanolo, i fornitori devono soddisfare i principi di sviluppo sostenibile presenti nel *“Responsible Ethanol Sourcing”* sviluppato e implementato da Braskem, che copre aspetti quali il rispetto della biodiversità e le buone pratiche ambientali. L'aspetto veramente innovativo è che il polietilene green mantiene le stesse proprietà, prestazioni e versatilità di applicazione del polietilene di origine fossile, il che facilita l'uso immediato nella catena di produzione delle materie plastiche. Per lo stesso motivo, può anche essere **riciclato all'interno della stessa catena di riciclaggio del polietilene tradizionale**. Attualmente sono disponibili le seguenti famiglie di I'm green™ PE: polietilene ad alta densità (HDPE), polietilene a bassa densità (LDPE) e polietilene lineare a bassa densità (LLDPE). I green HDPE hanno un contenuto bio-based di oltre il 90% e possono essere processati per soffiaggio, stampaggio a iniezione ed estrusione di film, così come per i green LDPE. La prima categoria di PE trova la sua applicazione sotto forma di bottiglie, tubi, tappi e scatole. Il green LLDPE, invece, è costituito per l'80% da fonte bio-based ma può essere processato nel medesimo modo per cui posso ottenere guanti monouso e imballaggi alimentari. L'azienda FKur fornisce questo tipo di bio-polimeri prodotti dalla Braskem in tutta Europa.

Nel tema della “Life Cycle Thinking”, nel 2016, Braskem ha concluso l’ultimo studio LCA sul bio PE. L’LCA o analisi del ciclo di vita (in inglese Life-Cycle Assessment) è un metodo strutturato e standardizzato a livello internazionale che permette di quantificare i potenziali impatti sull’ambiente e sulla salute umana associati a un bene o servizio, a partire dal rispettivo consumo di risorse e dalle emissioni. In questo caso, lo studio ha visto la partecipazione di specialisti nella estrazione della canna da zucchero, fornitori di etanolo e società di consulenza specializzate. La LCA è stata condotta in conformità alle norme NBR ISO14040: 2009 e NBR ISO14044: 2009. Le categorie principali da valutare riguardano l’intero processo: dalla coltivazione di canna da zucchero al prodotto finale che arriva dalla fabbrica di Braskem. Il nuovo studio comprende più temi tra cui i cambiamenti climatici, l’uso dell’acqua e del suolo, il consumo delle risorse naturali, l’eco-tossicità e l’eutrofizzazione, ossia la sovrabbondanza di nitrati e fosfati in un ambiente acquatico. I dati usati nelle ricerche precedenti erano in gran parte forniti dai produttori di etanolo e quindi le ricerche erano ristrette. Per poter comprendere meglio le differenze negli impatti tra plastiche di origine fossile e plastiche a base biologica, i risultati di polietilene convenzionale e polietilene green sono sempre state confrontate secondo tutte e sei le categorie.

La provenienza di etanolo è controllata dal *Responsible Ethanol Sourcing*, aggiornato nel 2017, con il supporto di ProForest, azienda per consulenze per la gestione della sostenibilità con sede nel Regno Unito. Le pratiche sociali e ambientali, stabilite nel codice, hanno lo scopo di migliorare l’estrazione di canna da zucchero e la produzione di etanolo e insistono sul rispetto delle leggi e i regolamenti brasiliani. Per fare questo, il codice si è ispirato ai modelli descritti nel Global Compact delle Nazioni Unite. Braskem effettua comunque controlli periodici presso i propri fornitori utilizzando verifiche di terze parti. Il 90% della coltivazione della canna da zucchero in Brasile è concentrato nel centro-sud del Paese. L’espansione dell’area della canna da zucchero è regolata dalla Sugarcane Agroecological Zoning Policy, un quadro normativo attuato dal governo federale nel 2009 che proibisce l’espansione delle coltivazioni di canna da zucchero in aree ad alta biodiversità, come ad esempio la Foresta Amazzonica e le Pantanal Wetlands. La coltivazione della canna da zucchero occupa attualmente 8 milioni di ettari del territorio brasiliano e ce ne sono ancora 65 milioni identificati come idonei per questa attività. (Braskem, *I’m green™ Polyethylene. Innovation and differentiation for your product*)



Stampa antica della pianta di canna da zucchero.

www.etsy.com

1.2 Sistemi costruttivi prefabbricati a secco, per gravità: stato dell'arte

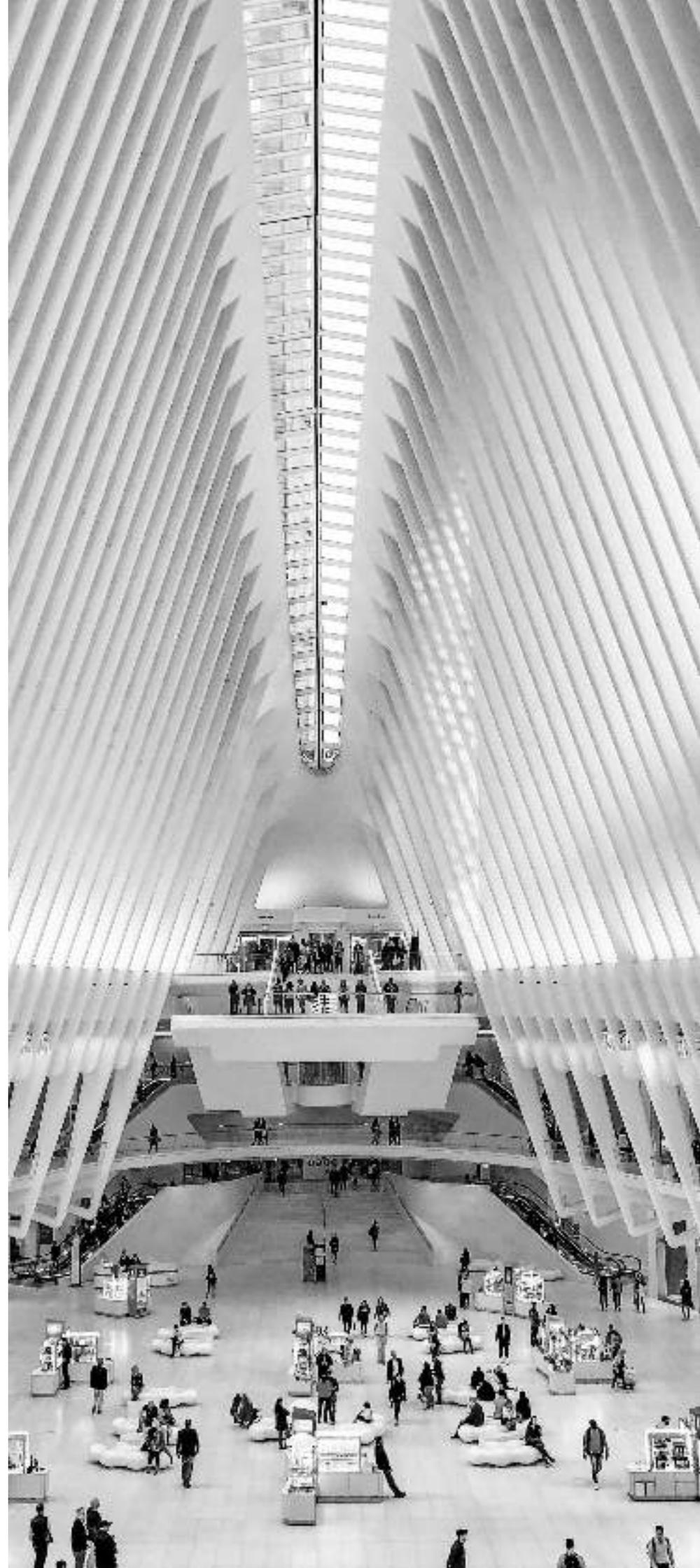
I sistemi prefabbricati

“Tra i principali elementi che caratterizzano un edificio, specialmente quando si realizza a secco, di norma si considera una struttura portante caratterizzata da elementi verticali e orizzontali, un involucro (con sistemi isolanti) e sistemi di partizione interni. Ad ogni singola parte vengono poi demandate una o più funzioni specifiche, con requisiti prestazionali ben definiti e quantificabili. Il modo in cui questi elementi entrano in rapporto reciproco tra di loro aiuta a definire il sistema costruttivo di un edificio”. (Fondazione Promozione Acciaio, 2019)

“La prefabbricazione è il processo costruttivo dove gli elementi di una costruzione edilizia sono realizzati con ottica industriale, a piè d'opera o in fabbrica, e poi montati con procedure codificate. La prefabbricazione può avvenire in uno stabilimento, o officina, dove l'elemento strutturale deve essere realizzato, depositato in un magazzino, trasportato nel cantiere, montato o assemblato; oppure in cantiere, dove viene costruito nei pressi dell'opera e depositato nelle vicinanze, fino al momento del montaggio. Si possono avere due tipi di prefabbricazione: quella *pesante* se eseguita in calcestruzzo armato o altri materiali terrosi e quella *leggera* se eseguita con profilati in acciaio, alluminio, legno, materie plastiche ed altri materiali ad alta resistenza.

Un'altra classificazione dei prefabbricati viene fatta in base alla geometria degli elementi di base, per cui esistono prefabbricati lineari (travi e pilastri), piani o a pannelli (elementi di facciata e elementi di solaio), tridimensionali (unità spaziali come vani abitativi, vani di servizio, scale). Infine, un'ultima distinzione tra i diversi tipi di prefabbricato viene fatta in base al tipo di giunto che può essere: a secco (saldato o imbullonato), a umido con getto di completamento, a trappola con elementi semplicemente accostati oppure con materiali sigillanti”. (M. Zaffagnini, 1992)

S. Calatrava, World Trade Center, New York, 2016.
www.unsplash.com



Alcune definizioni

Assemblaggio *costruzione di un manufatto con parti precostruite, che hanno precedentemente subito una o più lavorazioni e che vengono collegate e rese solidali insieme secondo un ordine preciso.*

Assemblaggio a secco *costruzione di un manufatto con parti pre-costruite, collegate tra loro con tecnologie di giunzione a secco, cioè di tipo meccanico, e predisposte alle operazioni di montaggio e successivo smontaggio.*

Assemblaggio a secco in edilizia *tutte le soluzioni costruttive in cui il manufatto edilizio è realizzato componendo elementi diversi, tramite sistemi di collegamento meccanici e senza l'impiego di materiali di connessione destinati a consolidarsi dopo la posa.* (E. Mandolesi, 1978)

L'assemblaggio a secco

L'assemblaggio a secco è una tecnica costruttiva in cui il manufatto edilizio è realizzato attraverso l'unione di componenti diversi con tecnologie di giunzione di tipo meccanico che diventano così solidali attraverso una precisa logica costruttiva senza l'impiego di materiali di connessione destinati a consolidarsi dopo la posa, come collanti e sigillanti. I componenti, già finiti dal punto di vista formale, in quanto precedentemente lavorati, vengono assemblati con gli elementi dell'edificio già realizzati. Le parti dell'edificio soggette a procedure di assemblaggio possono riguardare solo alcuni elementi della costruzione oppure l'intera architettura.

Le procedure di assemblaggio impongono che in sede di progettazione del componente sia risolto il problema del collegamento e dell'integrazione tra gli elementi costruttivi sia sotto il profilo formale che tecnico. Nel primo caso vi è la necessità di rendere dimensionalmente compatibili, in fase di montaggio, elementi derivanti da produzioni differenti; nel secondo caso la necessità di renderli collegabili tra loro, al fine di semplificare ed accelerare le procedure di messa in opera. Tali componenti sono predisposti alle operazioni di montaggio e successivo smontaggio. Essi una volta smontati, possono essere riciclati o riutilizzati. **Tali tecniche rappresentano un'ottima soluzione per ridurre i tempi di costruzione, con una precedente fase di progettazione, e raggiungere un alto livello di flessibilità d'uso dell'edificio realizzato.**

Il vantaggio risiede nella possibilità di progettare e realizzare le parti dell'edificio in luoghi differenti, per assemblarle successivamente in cantiere in tempi brevi, unitamente alla maggiore facilità nella sostituzione degli elementi eventualmente degradati. "L'introduzione di tecniche costruttive a secco consente di prevedere con buona approssimazione i tempi e le fasi di lavoro in cantiere favorendo una programmazione più puntuale delle operazioni da effettuare e limitando al massimo i tempi morti nella realizzazione, che provocano inevitabilmente l'innalzamento dei costi di costruzione." (M. Perriccioli, 1999). Anche se comunemente l'assemblaggio è considerato come una tecnica specifica della costruzione industrializzata, bisogna sottolineare che oggi esso interagisce fortemente con gli aspetti ideativi e metodologici del fare architettonico, tanto da poter essere considerato una vera e propria tecnica progettuale.

Le costruzioni a secco

Le costruzioni a secco sono da prendere in considerazione qualora si vogliano "ottenere standard qualitativi e prestazionali in grado di ottemperare alle normative tecniche in termini di qualità funzionale (isolamento termico/acustico), ed operativa (assemblabilità, ispezionabilità, manutenibilità); garantire il rispetto di tempi e costi di costruzione, consentendo una totale corrispondenza tra elaborazioni progettuali ed e siti realizzativi; favorire la reversibilità e la reimpiegabilità di sistemi e componenti; ridurre gli impatti derivanti dalle fasi decostruzione. In generale, i materiali maggiormente impiegati per questo tipo di sistema costruttivo, a secco, sono: il legno massiccio, lamellare, compensato di tavole o piallacci, truciolare, OSB, MDF; l'acciaio, sotto forma di profilati laminati a caldo (profili aperti o chiusi), profilati laminati a freddo, lamiere piegate a freddo. I dispositivi di connessione "a secco" usati da sempre nella storia delle costruzioni possono essere: a semplice tenuta per gravità, a incastro oppure dispositivi metallici di fissaggio meccanico". (E. Mandolesi, 1978)

Sistemi in pietra a secco

In questo caso la connessione può avvenire per tenuta per gravità, per attrito tra i conci posti in disposizione radiale, per appoggio semplice dell'architrave sui piedritti (trilite). Un esempio architettonico inerente il sistema in pietra a secco è la Cantina vinicola di Vauvert, in Francia, realizzato da Gilles Perraudin nel 1998.

“La cantina a Vauvert è la prima di tre cantine realizzate dall’architetto Gilles Perraudin, insieme a quella di Solan e Nizas. Tutte e tre le cantine sono tappe nella riscoperta delle possibilità costruttive e formali prodotte dall’utilizzo di blocchi monolitici che possiedono dimensioni modulari e delle declinazioni possibili dell’atto dell’impilare una pietra sull’altra. Nel caso di Vauvert il concio di base misura 220x110x55cm e tutto il complesso nasce su una base quadrata 30x30m. La struttura si riduce ad una successione di triliti e partiti murari, l’apertura è il campo vuoto tra i due pilastri del trilito, mentre il muro resta una superficie senza squarci: i due grandi portali sono delle interruzioni. Perraudin, ripropone il mondo arcaico caratterizzato dalla semplicità delle composizioni, dall’uso possente dei volumi, dal ritmo delle cadenze costruttive. Attraverso la sua opera si legge una sorta di sguardo retrospettivo sulle terre del vino e degli ulivi, e sulle origini litiche dell’architettura. La massa litica della costruzione è parzialmente svuotata lungo due lati utilizzando una serie di **dispositivi trilitici**: i portali si aprono sullo spazio interno suddiviso in celle disposte, con andamento ad U, intorno al patio pilastrato filtrante e chiaroscurale”. (A. Acocella, 2008)

Altri sistemi prefabbricati a secco

Anche i sistemi in acciaio e legno trovano largo uso. Nel primo caso, le connessioni avvengono principalmente per bullonatura; nel secondo caso, invece, l’unione tra travi avviene ad unghia, ad unghia tagliata, per incastro a dentatura obliqua, per incastro a dentatura obliqua con cunei, per unione a tenone e mortasa o per unione a mezzo legno. Anche qui le connessioni possono avvenire con o senza elementi aggiuntivi. Infatti, esistono connessioni per incastro angolare *Blockbau*, per chiodature e incastri (tramite viti) oppure il sistema costruttivo tradizionale tedesco *Fackwerk*. Primi esempi di sistemi in legno a secco risalgono al 1941, quando “Wachsmann e Gropius realizzano per la General Panel Corporation il *Package House System*, un sistema di produzione di elementi costruttivi prefabbricati in legno, da impiegare per la realizzazione di abitazioni nei sobborghi statunitensi. Durante la fase di sperimentazione, il prototipo è stato montato in otto ore. Per questo progetto Wachsmann e Gropius sperimentano uno dei primi giunti universali in legno, a forma di cubo, dove convergono dodici pannelli”. (E. Mandolesi, 1978)



Gilles Perraudin, Cantine vinicole, Vauvert (Francia), 1998.
www.perraudinarchitectes.com

La bioedilizia

“È una consapevolezza consolidata che il settore delle costruzioni e, più in particolare, quello delle ristrutturazioni edilizie svolge un ruolo decisivo per il raggiungimento degli obiettivi europei di riduzione dei consumi energetici e delle emissioni di gas serra (GHG). L’obiettivo principale dell’UE è quello di decarbonizzare gran parte del patrimonio edilizio entro il 2050. Uno studio recente ha confermato che gli edifici ad alta efficienza energetica dopo una profonda ristrutturazione presentano molteplici vantaggi a diverse scale: una notevole riduzione del fabbisogno energetico complessivo e, di conseguenza, una riduzione dei costi operativi delle infrastrutture di rete e del sistema elettrico. Più del 75% del patrimonio edilizio europeo è stato costruito prima del 1980, vale a dire prima dell’introduzione dei primi regolamenti sul rendimento energetico in diversi paesi dell’UE. Le strategie di riqualificazione dell’involucro edilizio verticale offrono un significativo potenziale di risparmio energetico grazie alla diminuzione delle dispersioni di calore su quella che è la superficie maggiore, nel caso di abitazioni monofamiliari e di condomini. Tuttavia, quando il fabbisogno di energia primaria di un edificio si riduce a causa di interventi di retrofitting, cioè di aggiornamento degli impianti, aumenta il contributo sulle emissioni di carbonio dovute alla produzione dei materiali isolanti.

Nei prossimi decenni, quasi 80 milioni di abitazioni potrebbero essere oggetto di rinnovamento in Europa entro il 2050. **Per questo motivo si apre la possibilità di immagazzinare una grande quantità di carbonio nei materiali isolanti che dovranno essere installati sulle facciate per migliorare la loro resistenza termica.** L’utilizzo di prodotti biogenici è una valida soluzione per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici, l’estetica delle facciate e per stoccare il carbonio. Le differenze a livello di sostenibilità ambientale sono molte. Quando, infatti, il legno viene prelevato dalla foresta e utilizzato come legno strutturale o materiale isolante, il carbonio biogenico incorporato nella biomassa viene fissato nel prodotto e se il legno proviene da una foresta sostenibile, la stessa quantità di carbonio immagazzinata nell’edificio viene sequestrata nella foresta a seguito della ricrescita degli alberi che durano mediamente 45/180 anni. Al contrario, *le colture agricole richiedono brevi periodi di ricrescita, in genere meno di un anno, e possono essere utilizzate come materiale isolante per l’edilizia.* Durante la raccolta e la produzione, una quantità significativa della biomassa delle piante viene scartata ed è disponibile come **bio-prodotto** generando un valore aggiunto.

La paglia, ad esempio, se correttamente lavorata, è un materiale prezioso per l’isolamento edilizio poiché è in grado di soddisfare sia i requisiti di durabilità che termici. Un’altra coltura multiuso è la cannabis sativa, disponibile soprattutto in Europa. Il canapulo, il nucleo interno legnoso dello stelo, può essere utilizzato per la costruzione di blocchi legati con malte minerali.

Concludendo, i materiali biologici a rapida crescita, come la canapa e la paglia, hanno un notevole potenziale di cattura e stoccaggio del carbonio quando vengono utilizzati come isolamento termico per il rinnovo delle facciate degli edifici europei. I risultati mostrano che esse hanno un potenziale di assorbimento del carbonio maggiore rispetto al legno, il che rappresenta una strategia importante per il conseguimento degli obiettivi dell’accordo di Parigi sul clima. Tale beneficio, risulta tuttavia irrilevante se rapportato alle emissioni totali generate dall’uso degli edifici esistenti. Per tale motivo, al fine di accelerare la transizione e rispettare i limiti del *carbon budget** per il raggiungimento dell’obiettivo 2° C entro il 2050, è necessario incrementare il tasso di rinnovamento degli edifici in Europa. Infatti, solamente con una drastica accelerazione del rinnovamento energetico degli edifici è possibile generare un beneficio significativo dovuto allo stoccaggio del carbonio a lungo termine nel parco edilizio”. (Pittau, Habert, Iannaccone, 2019)

* Il *carbon budget*, o bilancio del ciclo del carbonio, è una stima che ha come obiettivo quello di limitare l’aumento medio della temperatura globale a 2° C (3,6° F). Nel 2010, l’uso globale di combustibili fossili ha prodotto 32 GtCO₂, il 72% delle emissioni artificiali del mondo. Limitare il riscaldamento a 2° C richiederà di limitare le emissioni di combustibili fossili a 990 GtCO₂ per il periodo tra il 2012 e il 2100. L’uso del combustibile fossile annuale dovrebbe essere un terzo di quello dei livelli nel 2010. (S.Russell, 2015)



1.3 L'assemblaggio a secco e le architetture temporanee: stato dell'arte

Il mausoleo di Teodorico a Ravenna

Tra gli “antenati” dei sistemi prefabbricati assemblati a secco possiamo citare il Mausoleo di Teodorico a Ravenna, fatto costruire dall’Imperatore Teodorico nel 520 d.C. come propria sepoltura. La struttura è interamente realizzata in **blocchi di pietra d’Istria** ed è costituito da due corpi sovrapposti, entrambi decagonali”. (Ravenna Antica, 2019)

“L’apparato murario in *opus quadratum* rivela la tecnica a secco: i blocchi squadrati sono sovrapposti e fermati all’interno da grappe di ferro a coda di rondine. I conci, compresi quelli degli archi, mostrano l’*anathyrosis*, cioè quel **listello marginale incavato nel blocco che delimita le facce dei singoli conci per renderli maggiormente solidali alla struttura**. Alla base degli archi corre una cornice fortemente aggettante. La cella superiore esternamente richiama la pianta decagonale per un’altezza di sette filari di blocchi, poi circolare per mezzo di un robusto fascione aggettante posto superiormente alla porta d’accesso. Il secondo ordine è arretrato di 1,30 metri rispetto al decagono inferiore, a formare un ballatoio esterno. Contrariamente a quanto avviene nel livello inferiore, i conci, sempre sistemati a filari sovrapposti, si presentano con le facce di contatto dalle **forme ed altezze diverse** e privi di anathyrosi. Sulle modalità di collocazione del monolite le ipotesi sono molteplici e raggruppabili in due linee principali: una prima vede l’utilizzo di rampa di terra e successivo traino del monolite in lenta salita su rulli fino alla verticale dell’edificio già costruito, una seconda contempla il sollevamento dell’ingente masso dal piano del terreno per mezzo di appositi congegni lignei costituiti da paranchi, corde, carrucole. Dal 1996 fa parte dei monumenti tutelati dall’Unesco. (Polo Museale Emilia Romagna)

Il caso Gino Zani: sistemi prefabbricati in cemento armato

Gino Zani, laureato in ingegneria a Bologna nel 1908, fu fra i pionieri che adottarono le moderne tecniche costruttive del cemento armato e dell’acciaio. Nel suo libro intitolato *Una testimonianza* (1986), Saverio Liconti racconta strumenti e metodi utilizzati da Gino Zani che lo hanno portato ad essere considerato uno dei pionieri del cemento armato e delle strutture asismiche.

a sinistra, in alto e in basso
Mausoleo di Teodorico, Ravenna, 520 d.C.
www.ravennantica.it

“Pensando ad una rievocazione di Gino Zani il modo più degno per sintetizzare le eccezionali qualità di quest’uomo dal cuore e dalla mente aperti alle voci più umane, è quello di raccontare con le parole che so dell’uomo, dello studioso, dell’artista, nei suoi 27 anni di permanenza a Reggio Calabria”. Di lui, afferma Liconti, che “tanto è stata coraggiosa, intensa e tenace la sua attività di ricerca nel campo delle costruzioni edilizie asismiche; tante sono state le difficoltà incontrate nello studio e nell’affermazione del sistema costruttivo da lui ideato; tanto è stata dura la lotta per affermarsi in quegli anni, per lui uomo leale, disinteressato, buono, di integra onestà e dirittura morale, di spiccate doti intellettuali ed artistiche”. L’autore lo descrive come *artista* perché “pur essendo un ottimo ingegnere, era anche un artista che ha saputo dare alle sue opere edilizie quella deliziosa impronta di stile floreale romagnolo ad aspirazione neoclassica che ancora oggi si nota nelle opere da lui lasciate a Reggio ed in provincia. Realizzò perfino squisiti arredamenti interni, ancora oggi conservati (Palazzo Trapani Lombardo, Villa Spinelli, Prefettura) ma ripeteva sempre di non essere architetto. Il giovane, ansioso di ricerche sugli effetti tellurici, fu subito inviato al Genio Civile di Reggio Calabria che lo destinò alla sezione che curava le demolizioni dei fabbricati lesionati e pericolanti. Fu quella per Gino Zani una vita da pioniere affrontata con coraggio e spirito di sacrificio: l’impatto con la tragedia stimolò sempre più la sua attività di ricerca e di studi [...].

Fu nei primi mesi del 1909 che Zani incontrò a Reggio lo scienziato giapponese Omori, sismologo di fama mondiale, dal quale ebbe conoscenza approfondita di quella scienza che in Giappone era già molto avanzata, il che l’aiutò nei suoi studi. **Si formò così il convincimento che una corretta casa asismica potesse essere realizzata solo con strutture leggere in cemento armato adeguatamente incastrate al piede e ne studiò alcuni tipi rudimentali a coronamento della sua volontaria missione**”. (S. Liconti, 1986). Nel 1911, il Ministero dei Lavori Pubblici accettava il nuovo sistema del cemento armato proposto da Zani per risolvere il problema dell’edilizia asismica. Per poter provare le sue ricerche, costruì una “piastra di 2m² spessa 3cm armata con lamiera stirata, per dimostrare la resistenza alla flessione, poi un portale in c.a. per dimostrare la resistenza alle forze composte, che sbalordì e convinse molti tra gli scettici del Genio Civile; infine presentò un solaio in c.a. a nervature parallele con soffittatura in lamiera stirata legata tra le nervature e formante camera d’aria, sottoponendolo ad una prova di carico di ben 10 volte il carico di impiego!” (S. Liconti, 1986).

I suoi studi si concentravano anche sulla semplificazione del suo sistema di costruzione in c.a. (in opera). Egli studiò e sperimentò per la prima volta solai prefabbricati, nonché la pomice di Lipari nelle costruzioni, per produrre blocchi forati di cemento all’esterno e di pomice all’interno, idonei ad avere resistenza e coibenza insieme. La casa asismica di Zani voleva essere rapida ed economica ed i componenti della prefabbricazione, erano:

- “le casseformi resistenti che erano elementi portanti, in un limitato numero di tipi, prefabbricati in calcestruzzo, destinati ad essere incorporati nei successivi getti e formavano le maglie della struttura asismica in cemento armato, realizzando pilastri e travi senza uso di casseforme in legno, con una economia del 30%;
- le murature di tamponamento con blocchi in conglomerato e pomice che avevano un buon isolamento termico e non erano igroscopici;
- i blocchi speciali di laterizio consigliati soprattutto per zone umide con forti escursioni termiche;
- le piastre prefabbricate per realizzare tramezzi in conglomerato, gesso o miste con laterizio, di spessori da 5 a 10 cm;
- i solai a nervature parallele in c.a. prefabbricati con casseforme metalliche in ferro per cui con due elementi ad L si costruivano rapidamente ed economicamente le travi capovolte, portate e collegate in sito”. (S. Liconti, 1986)

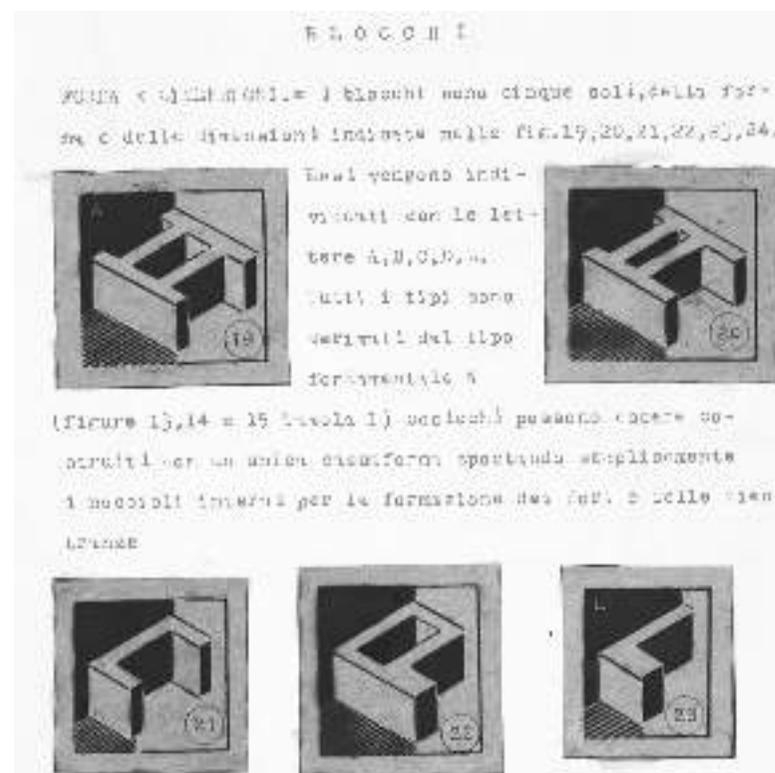
“Qui stanno i grandi meriti di Gino Zani che è il vero precursore dei sistemi edilizi moderni nella prefabbricazione”.

(S. Liconti, Una testimonianza, 1986)

La casa asismica economica

Nella *Relazione del 1923 sullo stato della ricostruzione a Reggio Calabria dopo il terremoto del 1908 e sulla economicità ed efficienza dei nuovi sistemi costruttivi antisismici ideati da Gino Zani*, reperibile sul sito ufficiale dell'Istituto Gino Zani, sono spiegati i sistemi prefabbricati studiati per poter realizzare abitazioni in modo rapido ed economico, in occasione della ricostruzione della città dopo il terremoto in Calabria. L'ingegnere spiega che "i nuovi tipi di strutture sono studiati con gli scopi seguenti: edificare con rilevante economia di spesa rispetto ai tipi di case comunemente in uso; costruire abitazioni di vario tipo facili e semplici, senza ausilio di operai specializzati, **alla portata di tutti**, con garanzia di solidità, igiene e durata, con adattamento agli usi ed alle consuetudini locali: sopprimere l'uso delle caserforme provvisorie nelle ossature asismiche di ferro-cemento; eliminare o per lo meno **ridurre le difficoltà costruttive** e gli inconvenienti verificati nelle comuni strutture di cemento armato; costruire in **tempo brevissimo**; utilizzare i **materiali del posto e la manodopera locale** senza ricorrere all'aiuto della industria forestiera, seguire esattamente le prescrizioni e le norme tecniche vigenti. Gli elementi necessari per le nuove costruzioni sono ridotti al minor numero possibile, di forma tale da poter essere utilizzati in molti modi e fabbricati con grande facilità. Possono essere suddivisi in tre categorie: blocchi, piastre e nervature". (Gino Zani, *La casa asismica economica*, 1923)

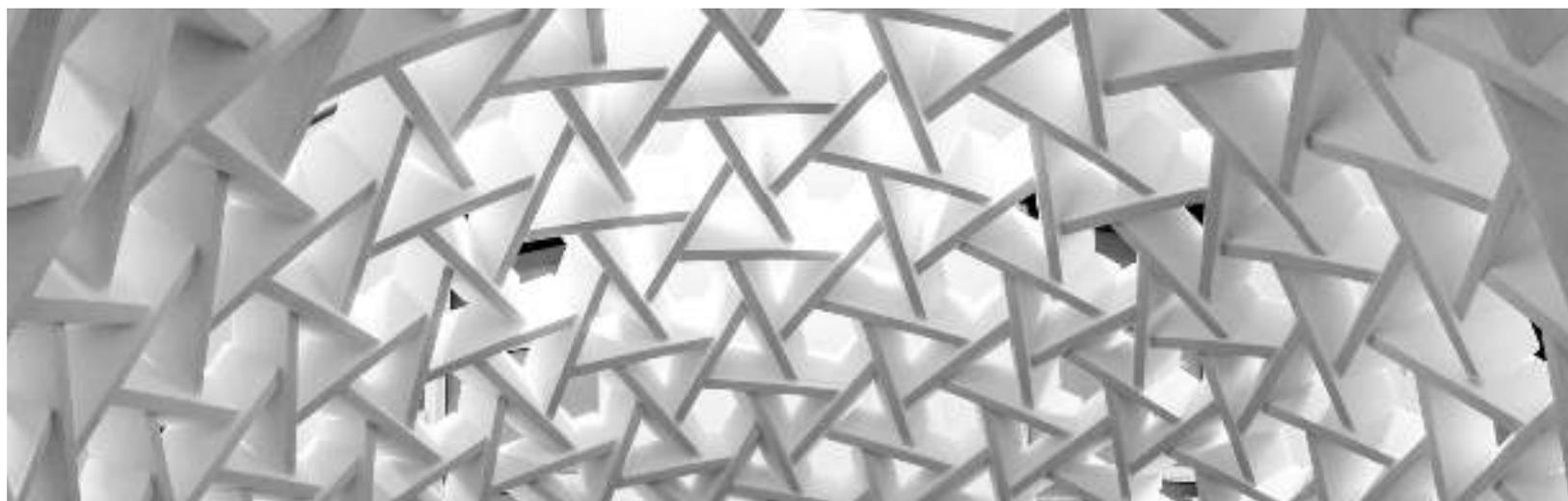
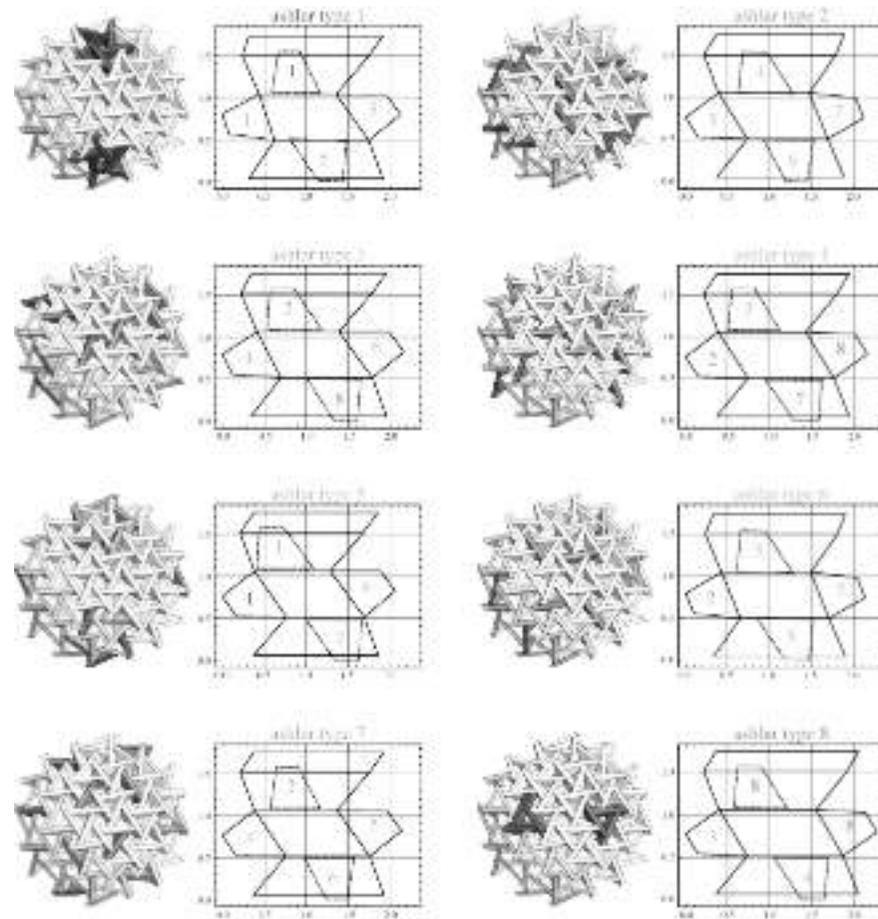
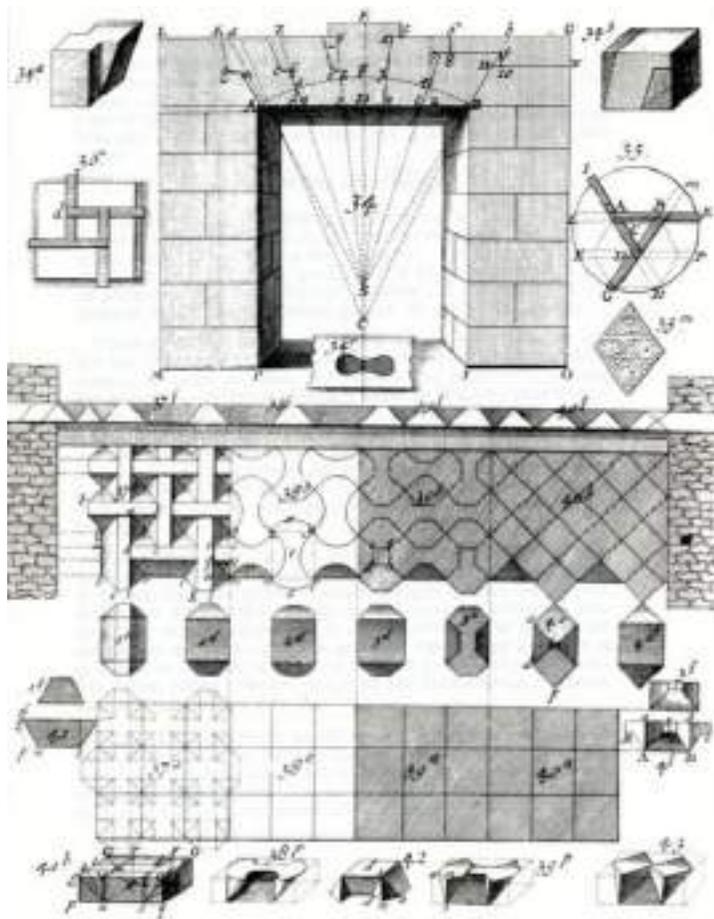
La casa asismica di Zani è un esempio eclatante di come la prefabbricazione, con progettazione a piè d'opera, possa presentarsi come soluzione valida per la costruzione rapida e funzionale di strutture assemblabili e smontabili. Lui stesso spiega che i blocchi previsti sono solamente cinque che possono a loro volta essere modificati andando a rompere alcune delle alette, che costituiscono il giunto tra i blocchi, "con un semplice colpo di martello" (Gino Zani, *La casa asismica economica*, 1923). In questo modo, spiega Zani, si possono ottenere dei blocchi speciali direttamente in cantiere al momento del bisogno. L'ingegnere si preoccupava di preparare dei manuali di costruzione per rendere il più semplice possibile l'assemblaggio e la messa in opera dei blocchi. Un esempio da seguire e che tutt'oggi viene ricordato come uno dei pionieri della prefabbricazione in cemento armato.



in alto
Dettaglio dei cinque blocchi.
www.ginozani.org
in basso
Dettaglio del blocco speciale.
www.ginozani.org



in alto
Cantiere per la costruzione di blocchi.
www.ginozani.org
in basso
Casa per impiegati. Solai soffittati con doppia soletta.
www.ginozani.org



in alto a sinistra
 Sistema di base della volta di Joseph Abeille.
www.geostonedynamics.com

in alto a destra
 Metodo parametrico per sfere geodetiche con parametro di Abeille.
www.sciencedirect.com

in basso
 Dettaglio di una nexorade.
www.thibaultschwartz.com

Il mattone autobloccante della Abeille Voute

Si propone anche un esempio molto interessante inerente il tema della parametrizzazione per la realizzazione di prefabbricati assemblabili a secco. Nel caso in esame, parliamo di volte e di coperture che risultano essere molto in linea con tutto il tema che sta alla base del progetto. Lo studio condotto dal Laboratoire GSA (dell'Ecole Nationale Supérieure D'Architecture Paris-Malaquais), ha portato alla definizione di una cupola in pietra basata sul parametro di Joseph Abeille. L'articolo, disponibile su Elsevier, "A new type of stone dome based on Abeille's bond" (M. Brocato, L. Mondardini, 2012) espone un nuovo tipo di volte sferiche in pietra facenti riferimento al brevetto di Abeille del 1699 sulle volte piatte. Gli ingegneri presentano una procedura di progettazione parametrica basata su un modello numerico volta a fornire parametri ottimali.

“La geometria del nido d’ape si basa su una piastrellatura quadrata ottenuta da un solo tipo di traslazione, un poliedro con due sezioni trasversali ortogonali (sia verticale che passante attraverso il centro) a forma di isoscele trapezio a lati opposti. La volta pensata da Abeille è concepita per l'**assemblaggio di pezzi identici in pietra lasciando un motivo decorativo intrinseco sul lato inferiore**. Partendo da un insieme di variabili indipendenti che definiscono il legame e la geometria di una volta e dalle informazioni fisiche necessarie su materiali e carichi, la procedura esegue un'analisi strutturale ad elementi finiti della volta. Il risultato di questa analisi è quindi correlato alle prestazioni strutturali di quel caveau.

La ricerca dell'ottimale viene quindi effettuata confrontando le volte candidate. A partire dalla cupola geodetica, poliedro i cui vertici giacciono sulla superficie di una sfera e i suoi bordi (Kenner, La cupola geodetica, 1976), viene illustrata una procedura per la progettazione di nexoradi per trasformare i suoi bordi.

Tutti i parametri che governano la geometria della volta possono essere scelti dal progettista per migliorare le prestazioni e l'estetica della costruzione. Basandosi solo sulla resistenza alla **compressione** e sulle condizioni di **contatto unilaterali**, tale sistema può rivelarsi vantaggioso e innovativo. La soluzione dei problemi geometrici relativi alla sistemazione di una geometria piana su una superficie sferica è ampliata nella ricerca, rispetto a quanto già presentato in letteratura, coprendo casi in cui gli intradossi e/o gli estradossi della cupola sono superfici poliedriche convesse o sfere lisce.

Le analisi numeriche sono state eseguite da input generati parametricamente per testare diverse strutture e confrontare i loro comportamenti. Sono stati considerati due parametri intrinsecamente correlati al legame di Abeille: l'angolo di *chiralità*, che indica in che misura la struttura si discosta dalla struttura standard verso i reciproci telai, e l'*angolo di giunzione*, misurando l'apertura del cuneo offerto dagli ashlar. La struttura è stata testata numericamente sottoponendola a tre cicli di carico/scarico.

Le uscite computazionali sono state confrontate sulla base dell'incremento della deflessione residua nell'ultima fase di carico diviso per la deflessione residua totale alla fine dell'ultima fase; dello slittamento massimo dei contatti cumulati; della deflessione residua totale; del rapporto tra la rigidità tangente alla prima rampa di carico e la stessa misura presa all'ultima rampa; della conformità complessiva iniziale della struttura; della massima spinta laterale al balzo della volta.

Per aiutare a scegliere la struttura ottimale, è stato proposto un diagramma radar dei suddetti criteri e i parametri che portano all'area minima racchiusa dal diagramma sono stati selezionati come ottimali". (M. Brocato, L. Mondardini, 2012)

1.4 Riferimenti progettuali

Yves Saint Laurent Musée

“Pochi progetti promettono più sorprese del nuovo museo di Marrakech dedicato a Yves Saint Laurent, lo stilista francese che più di tutti ha influenzato la moda contemporanea, il primo a mettere i pantaloni alle donne, l'unico ad avere creato il miniabito Mondrian”.

(E. Colombo, 2017)

Uno dei progetti architettonici presi in considerazione come riferimento progettuale è il Museo di Yves Saint Laurent in Marocco. La struttura, nel complesso, è un'armonia di materiali e colori che colpisce subito l'occhio per la sua maestosità nelle forme e nelle tecniche costruttive. L'omaggio, postumo, che Pierre Bergé (compagno di vita e di lavoro di Yves Saint Laurent, morto l'8 settembre 2017) gli ha voluto dedicare è collocato a Marrakech per un motivo ben preciso. Come racconta lo stesso Bergé “Era il 1966 quando Yves scoprì Marrakech. Rimase talmente commosso dalla città che decise di acquistare una casa e tornarci regolarmente. Sembra perfettamente naturale, cinquant'anni dopo, costruire un museo dedicato al suo lavoro, così ispirato da questo Paese”. Il progetto è stato commissionato allo Studio KO di Parigi, che in precedenza avevano già avuto l'opportunità di lavorare per Bergé per la ristrutturazione della sua casa a Tangeri. Loro stessi hanno espresso il carattere difficile, seppur stimolante, dello stilista.

“Più che un museo, è il ritratto architettonico di un genio, che amava gli eccessi, il Marocco, Proust, Matisse (le vetrate colorate nel patio lo ricordano) e il cinema. Oltre all'allestimento interattivo dello scenografo Christophe Martin nella main hall e l'esposizione dedicata a Jacques Majorelle, per l'apertura è stata organizzata anche una mostra a cura di André Rau, che negli anni '90 fotografava Catherine Deneuve per le vie di Marrakech con indosso le icone del couturier. Lo Studio KO ha riconosciuto l'unicità e la bellezza della città per il continente africano e hanno definito il progetto molto ambizioso e complesso”. (E. Colombo, 2017)

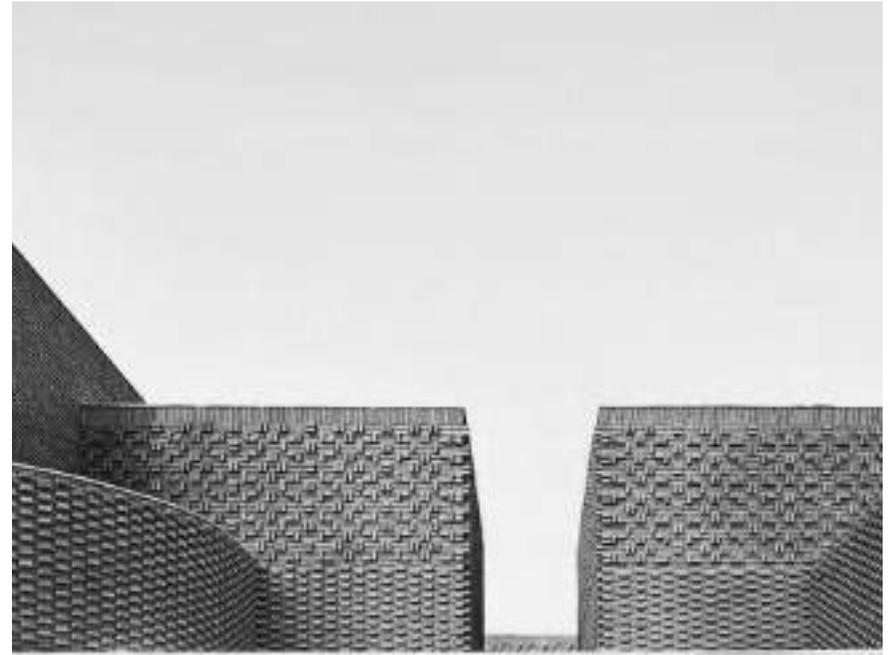
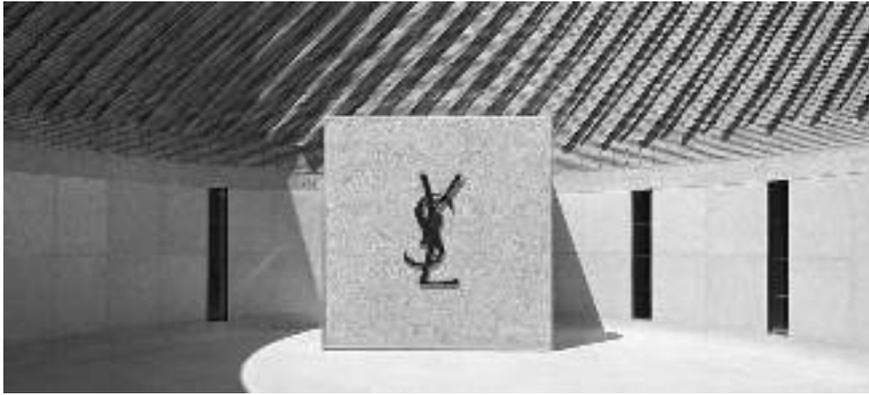
Venendo al progetto, questo ha dimensioni considerevoli: l'edificio si distribuisce lungo 4000 m², suddivisi tra spazi per l'esposizione permanente, mostre temporanee, un ristorante, un bookstore, una biblioteca e l'auditorium.

Il duo di architetti dello Studio KO, si è documentato con l'archivio di Ysl depositato nell'atelier parigino, per poter rispondere nella maniera più consona ai requisiti richiesti. La facciata, infatti, è un incastro di volumi quadrati e circolari, alti e bassi, pieni e vuoti, ispirati alle sculture cubiste. L'idea deriva dal disegno della spallina di Le Smoking che lo Studio ha notato nell'archivio: un bozzetto in bianco e nero, caratterizzato da una congiunzione di linee curve e dritte. Un altro metodo costruttivo che è stato preso in considerazione è la **monocromia e la stratificazione dei materiali: terracotta, cemento, pietra, marmo**. Il risultato che ne deriva è l'effetto è opaco esterno e gli interni lisci, luminosi e vellutati “come il rivestimento di una giacca sartoriale”. (E. Colombo, 2017)

“Al piano interrato c'è il dipartimento di conservazione: la *camera di Tutankhamon* supportata da sofisticati sistemi hi-tech che oltre a garantire temperature ottimali (fuori la colonnina di mercurio sfiora i 40° C) sono in grado di anticipare, prevenire e ostacolare il deterioramento naturale che potrebbe invecchiare o danneggiare gli accessori esposti (scarpe, cappelli, gioielli, vestiti a trapezio, cappotti di lamé, cappe di taffetà con buganvillee ricamate e altri capi haute couture). Questi sono stati tutti sottoposti a lunghe procedure di quarantena e disinfestazione per poi essere inventariati, fotografati, etichettati, all'occorrenza restaurati, e solo in ultimo collocati sui manichini ed esposti in pubblico. L'inaugurazione del museo è avvenuta il 19 ottobre 2017 ed è stata seguita da Björn Dahlström, designer svedese che si è occupato anche della parte interattiva all'interno del museo.

“Un ottimo modello può proporsi alla moda anche per dieci anni”

(Yves Saint Laurent)



Studio KO, Yves Saint Laurent Musée, Marrakech, 2017.
www.living.corriere.it



in alto
Parete del padiglione del Giappone all'Expo 2015.
www.fidanzia.com

in basso
Dettaglio costruttivo.
www.unsplash.com

Il padiglione del Giappone di Expo 2015 a Milano

Il padiglione è stato progettato in occasione dell'Esposizione Universale tenutasi a Milano, dal 1° maggio al 31 ottobre 2015 che ha avuto come tema principale quello di "Nutrire il pianeta, energia per la vita", basato sull'alimentazione. "Progettato dall'architetto Atsushi Kitagawara, il padiglione giapponese è sicuramente uno dei più "ragionati" e complessi, a partire dal tema che affronta, ossia quello della *diversità armoniosa*. All'ingresso, le guide spiegano che "nelle diversità coltivate nel nostro paese vi è una grande potenzialità per contribuire alla risoluzione di questioni globali, come le risorse nutrizionali". Anche il simbolo del padiglione, un logo con il motivo dell'Iwaibashi (un tipo di bastoncino che viene usato a tavola per le occasioni di festa, con le estremità più sottili) è stato disegnato per richiamare la E della scritta Expo. La struttura del padiglione è una **griglia tridimensionale in legno, basata sul metodo di tensione compressiva**, ed è stato costruito con una fusione di tecniche tradizionali, analisi strutturali moderne e il metodo di tensione compressiva (in cui i singoli elementi sono collegati con sistemi di aggancio e giuntura per ottenere un sostegno resistente anche ai terremoti, frequenti in Giappone)". (M. Cantoni, 2015)

Il padiglione giapponese è posizionato nella zona che chiude la via principale del Decumano di Expo 2015 e si sviluppa su uno spazio espositivo di circa 4.000 m². Circa 500 m² di questo spazio sono dedicati alla zona ristorante, con un'ampia entrata e uno sviluppo in lunghezza, come una delle case tradizionali di Kyoto. Per la costruzione del padiglione, sono stati impiegati ben 17.000 pezzi di legno di larice giapponese incastrati tra loro in modo da lasciar penetrare la luce solare. "L'idea del progetto è una griglia con un modulo di base 50×50 cm formata da un incastro di 3 quadrati i quali, progressivamente inclinati, vanno a formare la struttura. Questa idea ha un duplice scopo: da un lato rende l'insieme più interessante dal punto di vista estetico, dall'altro fornisce una struttura con maggior resistenza ad eventuali sollecitazioni. La composizione, che crea i quadrati intersecati tra loro, è formata da elementi rettilinei intagliati sui lati a varie altezze in modo da permettere l'incastro, realizzato manualmente, con gli altri.

Una caratteristica, che non sfugge, del padiglione è la facciata che ricorda le "Utsuwa", ceramiche giapponesi che si caratterizzano per la varietà dei diversi stili ed è autoportante e resistente: proprio la mancanza di superfici continue, quindi con larga presenza di vuoti, permette di ottenere una facciata resistente, flessibile e poco sollecitata, permettendo di raggiungere altezze considerevoli (da un minimo di 4 metri si arriva a un'altezza di 12). Inoltre, essa presenta una cavità all'interno, in maniera tale da poter essere illuminata in più punti dalle previste fonti di luce". (BibLus, 2015). Il metodo costruttivo a *tensione compressiva* sopracitato prevede che i singoli elementi siano collegati con sistemi di aggancio e giuntura e la struttura che ne risulta assume le sembianze di una rete. La struttura a rete di giorno ha la funzione di mantenere una confortevole abitabilità sia all'interno che all'esterno; di sera permette all'illuminazione interna di filtrare all'esterno del padiglione. Per scegliere il materiale costruttivo più adatto, sono stati effettuati numerosi studi su campioni di diversi tipi di legno. La copertura è realizzata in fango riciclato, di derivazione industriale o civile, al fine di mantenere l'acqua piovana, per evitare la formazione di isole di calore". (V. Cursio, 2015)

Lungo tutto il percorso vengono affrontati i temi riguardanti la sostenibilità e l'autenticità della cucina giapponese. Protagonista indiscussa è la cultura alimentare nipponica come esempio di nutrimento sano, sostenibile ed equilibrato, nonché modello per alleviare i problemi mondiali relativi alla fame, lotta allo spreco e all'ecologia. La presenza del Giappone all'esposizione universale è stata anche la giusta occasione per rilanciare l'immagine del Paese dopo il terremoto del 2011, creando opportunità di turismo e di business. **Per rappresentare la fusione tra tradizione e modernità, oltre a materiali naturali come bambù e legno, sono state utilizzate tecnologie informatiche e sistemi per il risparmio energetico**". (BibLus, 2015). La reversibilità del sistema costruttivo è un punto a favore: i moduli costruttivi in legno erano stati pensati anche per poter essere riutilizzati dopo la fine dell'Expo per realizzare piccoli padiglioni con varie funzioni. Ad oggi, però, non si hanno esempi di reimpiego.



Moisés Royo per Mukaarquitectura, Casa Piedrabuena, Piedrabuena (Spagna), 2017.
www.mukaarquitectura.com

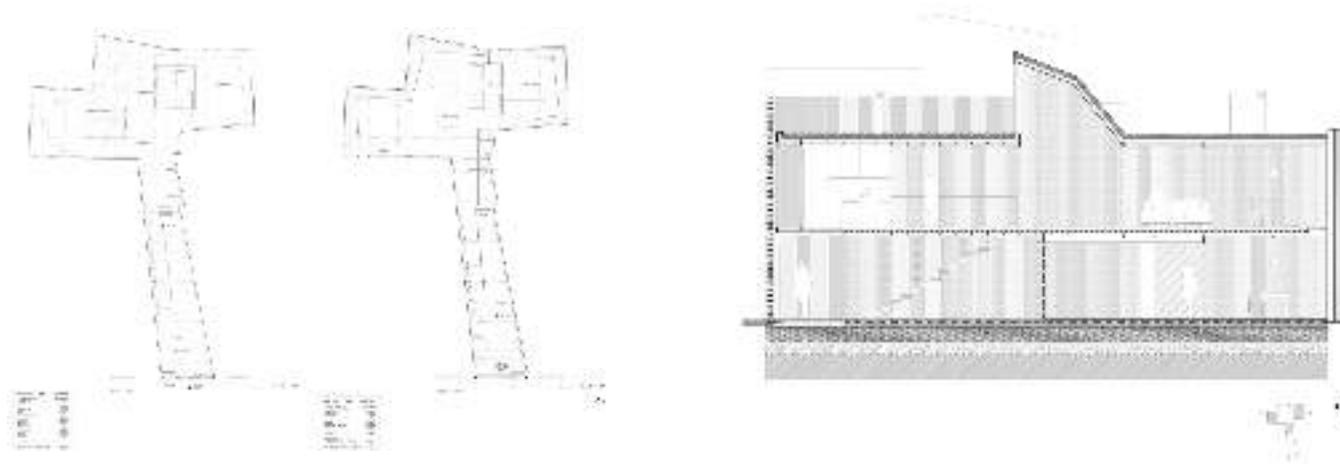


Moisés Royo per MUKAarquitectura, Casa Piedrabuena, Piedrabuena (Spagna), 2017.
www.mukaarquitectura.com

Casa Piedrabuena

Il progetto di MUKAarquitectura è in linea con il concetto di **bioclimatica e geometrie parametriche**. Come riferimento progettuale, è stato preso in considerazione sia l'assemblaggio dei mattoni che caratterizzano la facciata, sia il concetto di ventilazione naturale e luce solare diretta. Casa Piedrabuena, prende il nome dal luogo in cui è collocata, in Spagna, ed è riconoscibile per la sua ampia porta d'ingresso in mattoni. **Il sistema di assemblaggio viene ripetuto anche nelle finestre ed è pensato in modo tale da garantire un'elevata quantità di luce naturale all'interno dell'edificio.** Come spiega l'architetto che ha seguito il progetto, Moisés Royo, "qui, la ceramica acquisisce varie qualità come elemento rilevante nella casa. La continua presenza di questo materiale nel comune e il budget ridotto suggerirono una proposta che rileggesse le sue condizioni più materiali". La facciata, che raggiunge i due metri e mezzo di altezza, ha previsto "l'uso di un ciottolo di fango pressato dai bordi delle lastre che si comporta come se fosse una *"tenda di ceramica"*. Una tenda che nasconde qualsiasi riferimento alla dimensione domestica degli spazi vuoti e propone di unificare le facciate adiacenti. La casa, infatti, è posta proprio in mezzo ad altre case ad essa dissociate. Una particolarità della facciata è che è stata pensata per essere presente in tutte le stanze interne, poiché la pianta propone la diagonale come uno schema di relazione spaziale: estendere le distanze di una pianta stretta e la percezione dei suoi limiti. *La disposizione alternativa del modulo con corda e sardina disegna un reticolo vibrante e poroso.* "Vibrante è il gioco di ombre proiettate e mutevoli, e poroso perché filtra la luce diretta che penetra all'interno della casa.

La luce è modellata dai pezzi di fango e viaggia attraverso l'interno della casa con il passare del giorno. Quando i raggi del sole non influiscono direttamente sulla facciata, l'insieme di elementi ***pivotanti*** offre una nuova relazione tra interno ed esterno. **La possibilità di bagnare periodicamente i pezzi in ceramica propone un sistema bioclimatico di ventilazione naturale all'interno.** L'aria che penetra attraverso il reticolo umido aumenta la sua umidità relativa e accede alla casa per migliorare gratuitamente la sensazione di comfort. La trama che caratterizza la porta d'ingresso ha una geometria complessa che si sviluppa per ben 2 metri e quaranta. Per quanto riguarda l'organizzazione interna dei due piani e per la mancanza di luce naturale all'interno data dalla lunghezza dell'edificio, circa 12 metri, viene proposta l'apertura di tre grandi lucernari che fungono da pozzi di luce naturale per l'illuminazione del piano superiore (dove si trovano le abitazioni) e del piano inferiore (ufficio). I piani inclinati della copertura presente nel soggiorno e nella camera da letto acquistano diverse qualità attraverso il rivestimento adottato. I pannelli di OSB che coprono l'intera casa fungono da involucro interno come un comune pannello di cartongesso laminato ma con un miglior comportamento acustico e nessuna necessità di manutenzione. Tuttavia, il soffitto della camera da letto curva e la sua continuazione da una delle pareti sono state coperte con grès bianco lucido, in modo che una serie di riflessi vengano innescati quando la luce colpisce questo piano. La pavimentazione è continua, in calcestruzzo depositato in situ al fine di ridurre i costi come requisito essenziale per l'esecuzione di questa casa". (MUKAarquitectura, 2017)



Moisés Royo, Pianta e prospetto di Casa Piedrabuena, Piedrabuena (Spagna), 2017.

www.archdaily.com

1.5 Analisi del quadro esigenziale e dei requisiti per la realizzazione del progetto

Il progetto deve rispondere a pochi ma essenziali requisiti. In primo luogo, deve rispondere al concetto di ecosostenibilità e quindi le tecniche costruttive, i materiali impiegati e i processi realizzativi dovranno risultare a basso impatto ambientale. Ciò non significa che la struttura possa trascurare il principio di vivibilità. Le strutture dovranno essere sicure e protette, sia a livello costruttivo che a livello termico. Per poter garantire questo, c'è bisogno di un sistema di base efficiente e rapido da realizzare e di un materiale impermeabile e isolante. Come previsto anche dal concorso *Portable Reading Room*, i moduli dovranno presentarsi come soluzioni all'esposizione di libri/oggetti, seduta e luogo di incontro, posizionamento dei mezzi personali, sistemi per il riposo e la lettura. Per poter ottenere una struttura di dimensione contenuta per il facile trasporto di località in località, trattandosi di strutture temporanee, si considerano le dimensioni minime richieste dal concorso, di 20m² totali. Queste sono le misure dell'area di intervento di base. La struttura, infatti, è reversibile, quindi non si esclude la possibilità di aumentare lo spazio in base alle esigenze. Di conseguenza, i moduli avranno grandezze ristrette ma sufficienti a garantire comfort e sicurezza.

Il permesso di costruire

Per quanto riguarda la classificazione dei moduli progettati, questi si inseriscono nel contesto delle strutture temporanee. Le strutture vengono definite provvisorie o temporanee qualora la loro durata sia inferiore ai 10 anni. Inoltre, queste strutture dovranno essere trasportate facilmente di località in località e, per questo, si suppone che il loro utilizzo sia di breve durata una volta collocate nel luogo di interesse.

“Per le strutture temporanee si segue, così come per le strutture permanenti, la normativa tecnica classica. In particolare, si richiama:

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2008 - Norme tecniche per le costruzioni;
- UNI ENV 1993-1-1:2005 Eurocodice 3, Progettazione delle strutture in acciaio;
- UNI ENV 1999-1-1:2007 Eurocodice 9, Progettazione delle strutture in alluminio.

Il progetto, come richiesto anche dal concorso, non prevede impianti elettrici o sistemi di ventilazione.

Questo perché l'obiettivo è fornire strutture di riparo semplici e complete ma essenziali. I bisogni primari dell'utente che ne farà uso sono il comfort, il riparo dalla luce diretta del sole e la sicurezza. Dovendo rispondere a questi tre importanti requisiti, la soluzione finale non è altro che una struttura dall'altezza ridotta e dalle dimensioni contenute.

Per poter essere certi di ottenere una struttura in linea con le norme previste per la realizzazione di strutture temporanee, sono state tenuti di conto in modo qualitativo tre importanti aspetti:

1. sicurezza agli stati limite ultimi (SLU), ossia la capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera;
2. sicurezza agli stati limite di esercizio (SLE), ossia la capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
3. resistenza alle azioni eccezionali, ossia la capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti”. (I. Daniele, 2015).

“Il decreto del fare, all'art. 41 comma 4, dispone quanto segue: dopo le parole “esigenze meramente temporanee”, sono aggiunte le seguenti “ancorché siano installati, con temporaneo ancoraggio al suolo, all'interno di strutture ricettive all'aperto, in conformità alla normativa regionale di settore, per la sosta ed il soggiorno di turisti.” In pratica, viene previsto che l'installazione di manufatti leggeri e prefabbricati, che siano utilizzati come abitazioni, ambienti di lavoro, depositi, magazzini e simili, anche se con temporaneo ancoraggio al suolo in strutture ricettive, siano equiparati a interventi di nuova costruzione, per i quali è necessario il permesso di costruire”. (Biblus-net, 2015).

Nel caso in esame, però, a livello legislativo si rientra all'interno dell'edilizia libera per cui non è necessario il rilascio di alcun titolo abilitativo da parte dell'amministrazione, ossia una comunicazione all'amministrazione. Infatti, ricadiamo all'interno dell'art. 6 comma 1 del d.P.R. 380/2001, lettera:

e-bis) le opere dirette a soddisfare obiettive esigenze contingenti e temporanee e ad essere immediatamente rimosse al cessare della necessità e, comunque, entro un termine non superiore a **novanta giorni**, previa comunicazione di avvio lavori all'amministrazione comunale.

Progetto

1. Concorso Archhive Books' Portable Reading Rooms

1.1 Concept

C'era una volta è il nome del progetto realizzato in vista del concorso di idee *Portable Reading Rooms* indetto da Archhive Books. Il sito scelto per l'occasione è la strada che costeggia le Crete Senesi, che ispirano meditazione e allontanamento dal caos cittadino.

L'ingombro massimo considerato è di 20m², come richiesto dal concorso, in cui devono essere compresi tre moduli ben distinti e la segnaletica che li contraddistingue. Ogni modulo è stato disegnato come unicum, in base alla funzione che deve svolgere, e ciò che li accomuna è il concetto di ottimizzazione degli spazi. I mattoni, infatti, vengono sfruttati anche per gli arredi interni: scaffalature, sedute e portabici sono inglobati e adattati al modulo, in modo da ottimizzare la superficie ristretta a disposizione e, al contempo, creare un irrigidimento della struttura. I moduli sono completamente chiusi per evitare l'ingresso dell'acqua piovana mentre nei due moduli dove è consentito, la sala per la lettura ed il portabici, le pareti sono rese ventilate grazie ai trafori creati dalla geometria degli appositi mattoni.

La sala di lettura è un modulo di 4 m² che può ospitare due/tre persone, compreso una carrozzina per disabili. È completamente riparato dalla pioggia e la ventilazione naturale viene garantita dai mattoni forati alternati a quelli chiusi. La luce entra grazie all'apertura su un lato e al lucernario dall'altro. Il modulo contenente la scatola di libri di 1 m³ misura 3 m² ed è organizzato in 4 scaffalature che servono sia come appoggio per i libri sia come componente strutturale alternata ai mattoni. Il lucernario aiuterà a illuminare il suo interno. Infine, l'ultimo modulo è composto dal portabici di dimensione 6 m² adibito all'alloggio di 4 bici che possono essere riposte utilizzando i mattoni sporgenti interni come rastrelliere. Il portabici è una struttura aperta per poter offrire la possibilità ai lettori di depositare le bici e passare attraverso il complesso per raggiungere gli altri due moduli.

I mattoni sono realizzati in HDPE (polietilene ad alta densità) bio-based e 100% riciclabile con stampaggio a iniezione assistito da gas che lo rende leggero, duttile, impermeabile e full-green. Due tiranti in caucciù (gomma naturale), posti agli estremi di ogni modulo, rendono invece la struttura salda e ancorata al basamento prefabbricato in legno, che consente l'ancoraggio dei

tiranti alla base e delimita più chiaramente l'area di intervento. L'utilizzo di tali fasce in gomma naturale, reso necessario dalla notevole leggerezza dei blocchi, consente di intervenire coerentemente a livello di compatibilità con gli altri materiali bio-based, ottenere un buon livello di sicurezza meccanica, lasciare invariati i mattoni in bio HDPE e ottenere un numero limitato di blocchi nell'abaco generale (30 tipologie diverse). Inoltre, in questo modo si riesce a lasciare invariato il filare di base di mattoni, lasciando il sistema di "messa in tensione" esibito grazie all'utilizzo di fasce a cricchetto. Il progetto è stato presentato all'azienda di pubblicazioni Archhive Books con l'obiettivo di partecipare al concorso. Aldilà dei requisiti di base, che sono stati rigorosamente rispettati, un successivo approfondimento del progetto ha visto molti sbocchi futuri che possono portare ad ulteriori esperienze d'uso in tema di architetture temporanee.

Lo scopo è stato quello, sin dall'inizio, di creare un complesso modulare, componibile e versatile che si proponesse come alternativa ai tradizionali sistemi costruttivi, costosi e complessi, che vengono utilizzati oggi per realizzare strutture temporanee. A questo, si aggiunge poi la volontà di sperimentare i nuovi materiali biopolimerici che sono al centro di studi dei maggiori dipartimenti di chimica e che promettono ottimi sviluppi futuri. In generale, si è trattato di valutare diverse tematiche di progetto, ovvero: l'ecosostenibilità, la modularità, l'esperienza d'uso, la relazione forma-funzione, il processo di progettazione di sistemi di assemblaggio a basso impatto ambientale, lo studio della sicurezza e dell'impermeabilizzazione, i processi produttivi associati ai materiali biopolimerici, un sistema costruttivo parametrico reversibile e adattabile, un sistema di ancoraggio e "messa in tensione" ed infine la riciclabilità.

*"Ci sono due motivi per leggere un libro:
uno, che puoi godertelo, l'altro,
che puoi vantarti di averlo letto".*

(Bertrand Russell, cap. III, 1969)



lungo le Crete Senesi, Toscana



soluzione full-green



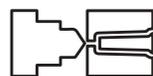
100% riciclabile



arredi modulari

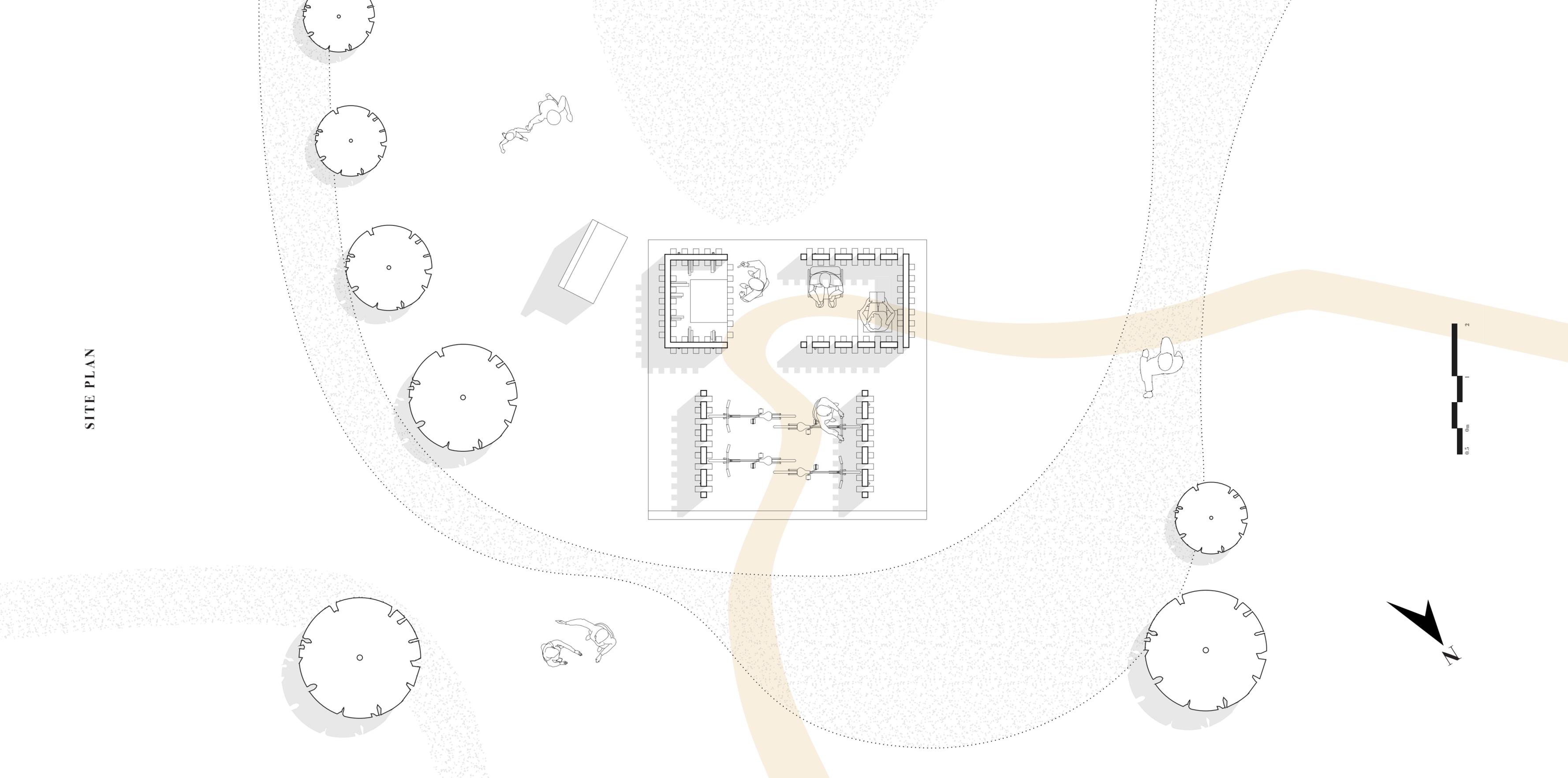


HDPE derivato dalla canna da zucchero



stampaggio a iniezione assistito da gas

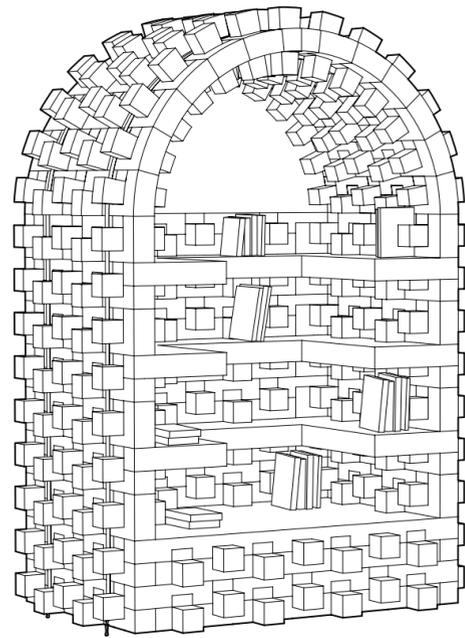
SITE PLAN



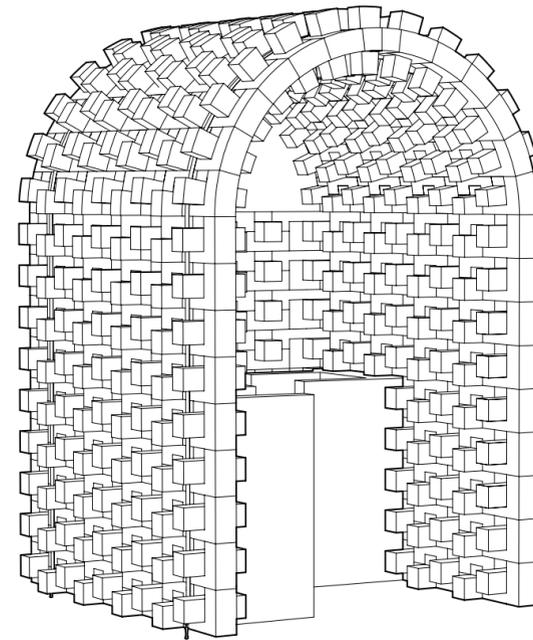
0.5 1 2
m



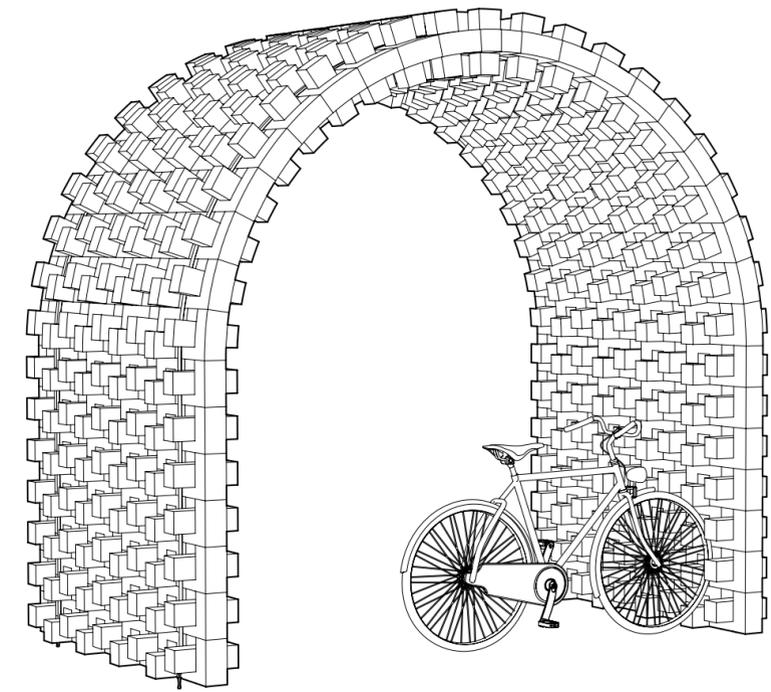
TRE MODULI



scatola di libri
3 m²

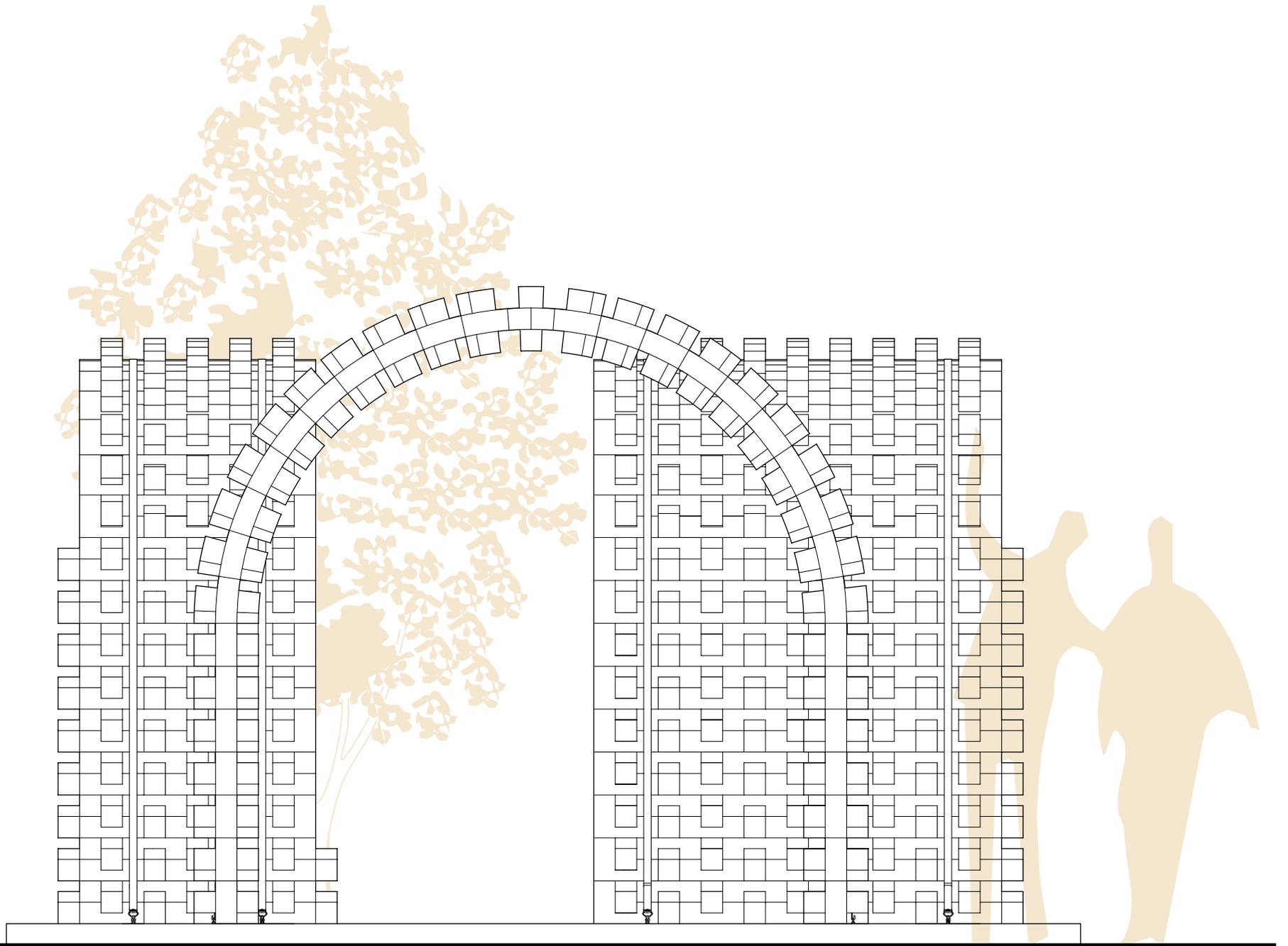


sala per la lettura
4 m²



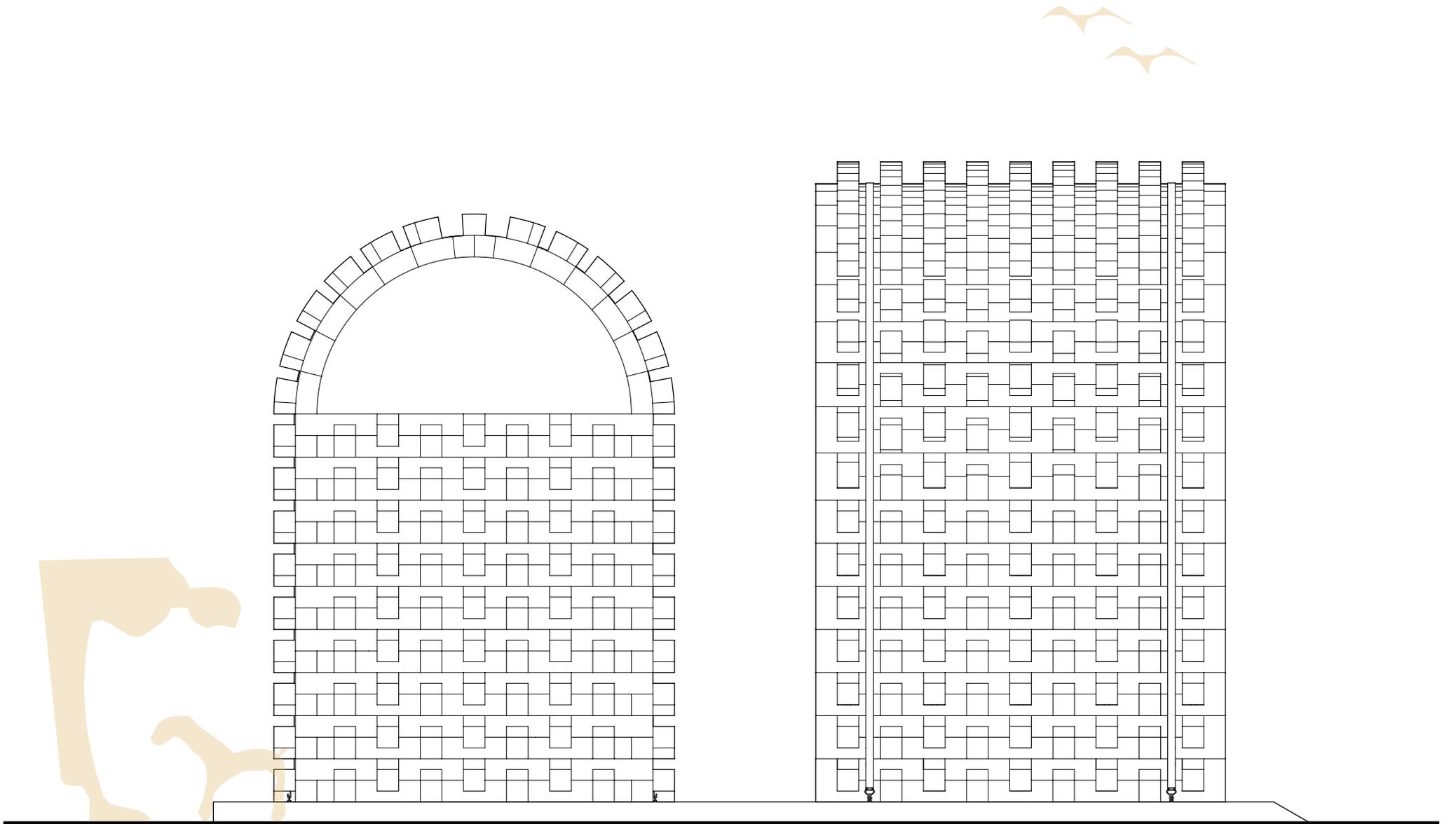
portabici
6 m²

PROSPETTO FRONTALE



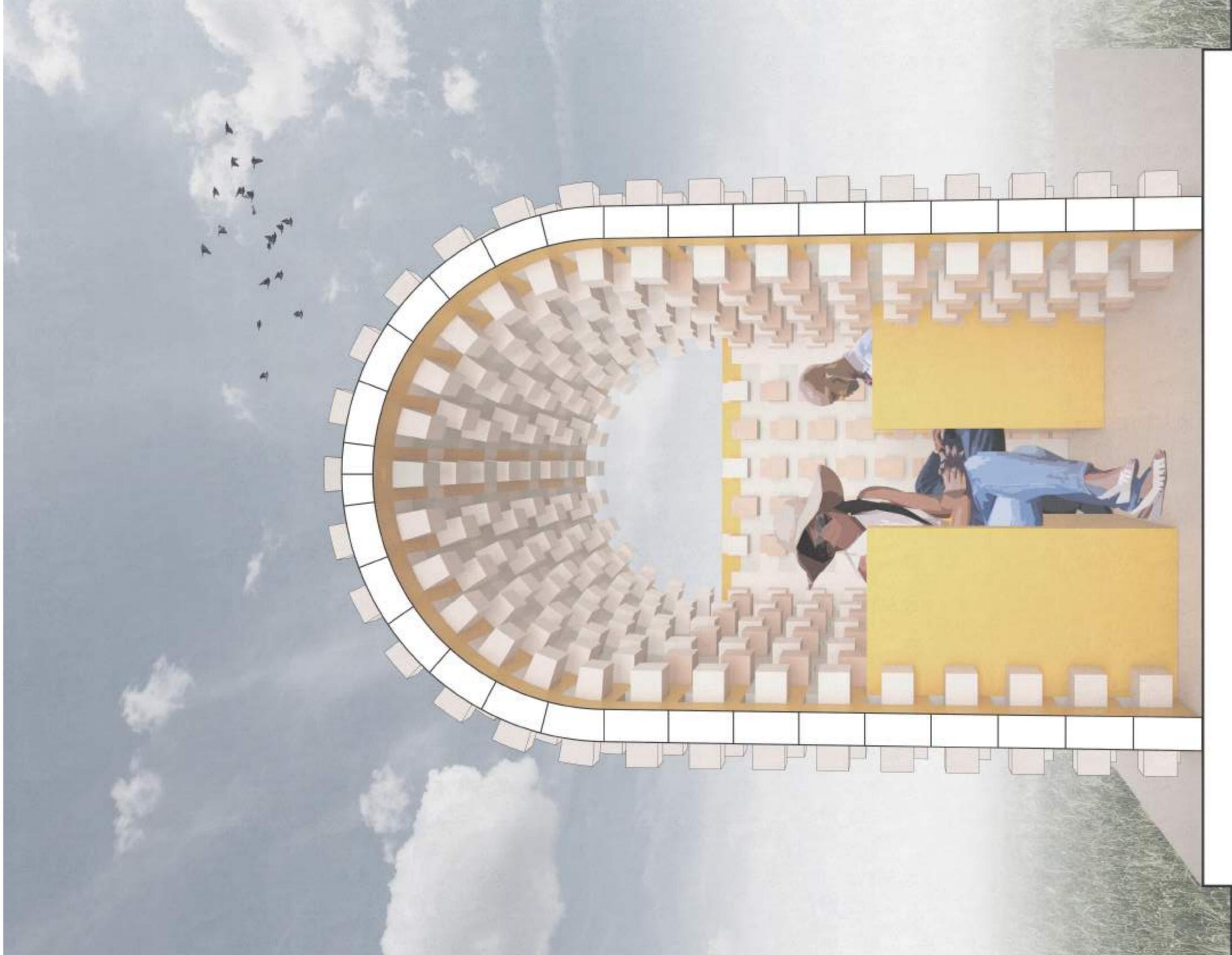
0.25 0m 0.5 1

PROSPETTO LATERALE



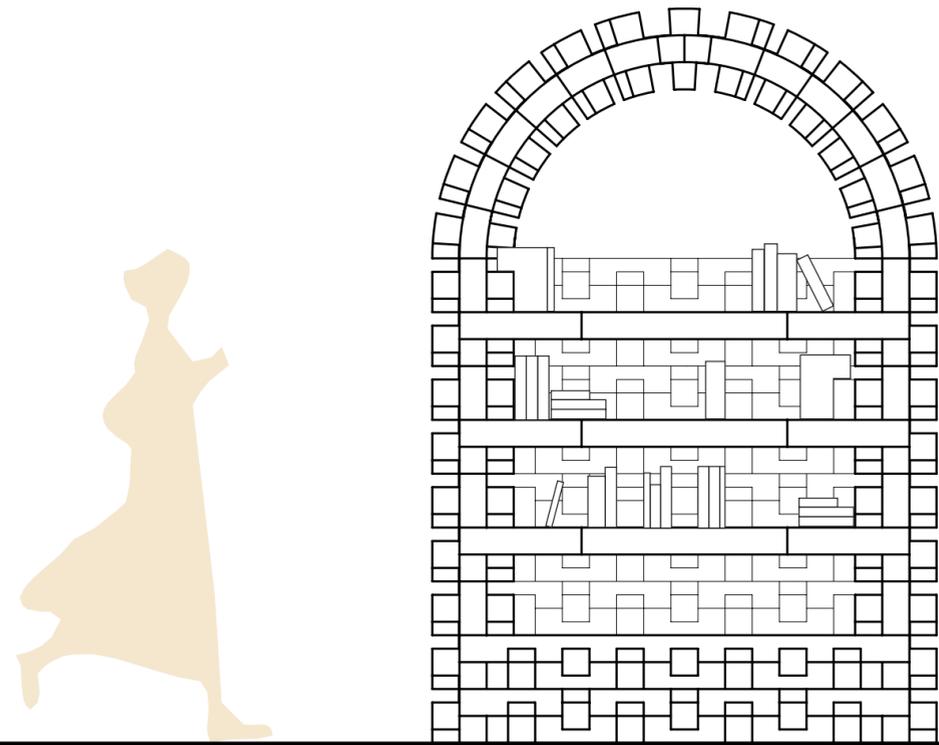
0.25 0m 0.5 1

SEZIONE



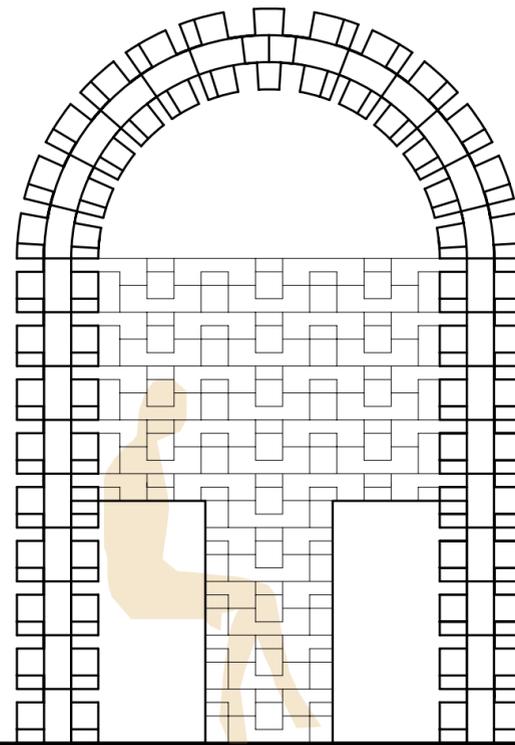
0.05 0m 0.2 0.4

PROSPETTI FRONTALI

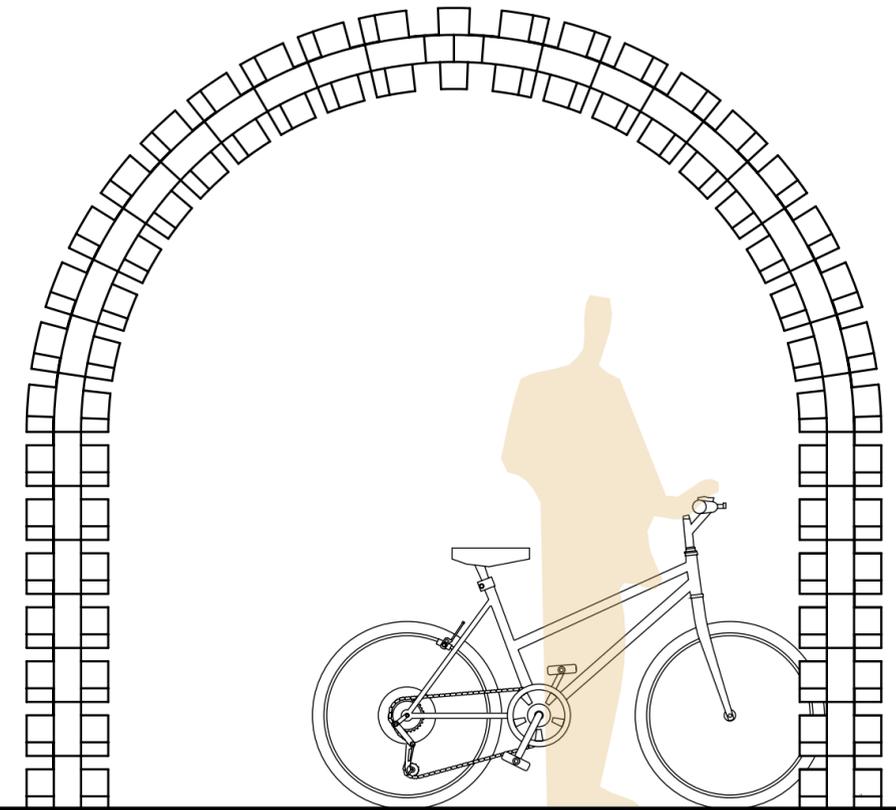


W 185 H 277 D 130

LEGENDA
WIDHT *larghezza*
HEIGHT *altezza*
DEPHT *profondità*
centimetri



W 185 H 277 D 200

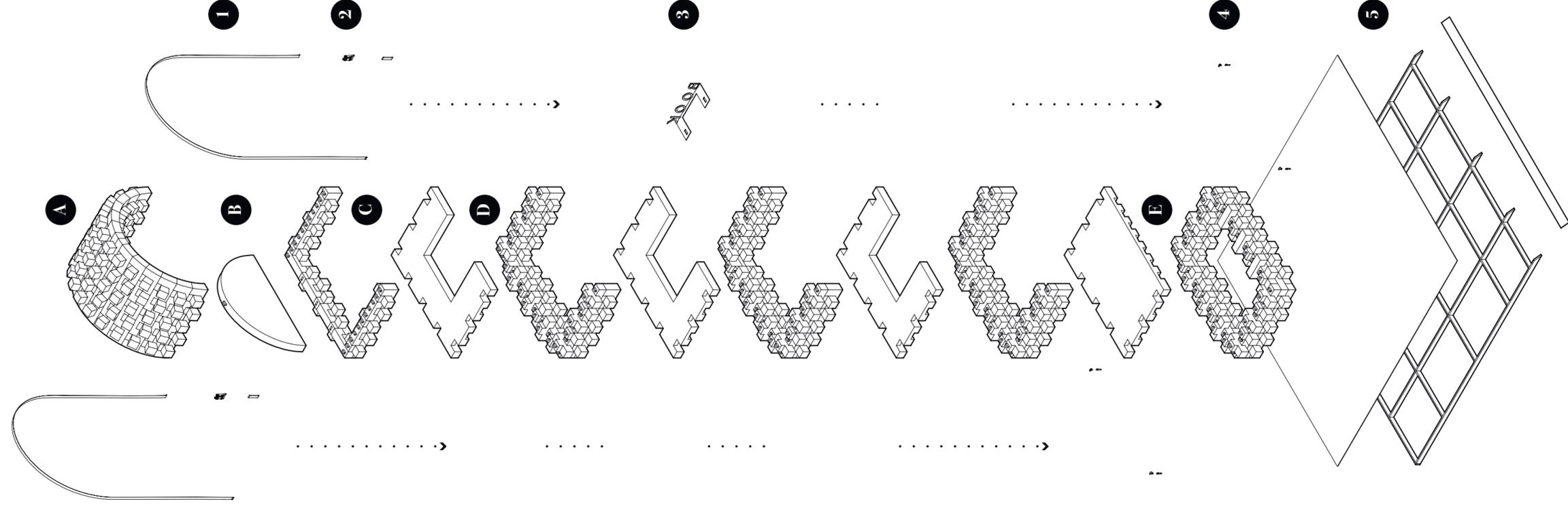


W 314 H 300 D 190

LEGENDA
WIDHT *larghezza*
HEIGHT *altezza*
DEPHT *profondità*
centimetri



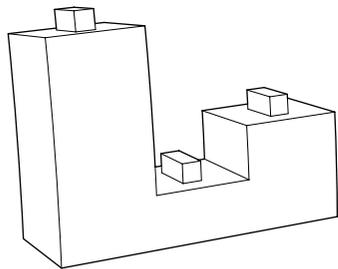
VISTA ASSONOMETRICA ESPLOSA



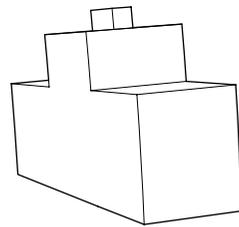
- A** copertura
- B** lucernario
- C** blocco di mattoni
- D** scaffalatura *a*
- E** scaffalatura *b*
- 1** fascia
- 2** cricchetto
- 3** segnaletica
- 4** gancio + fischer
- 5** basamento



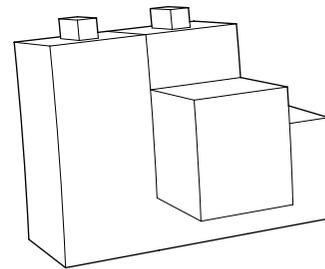
ASSEMBLAGGIO DEI MATTONI



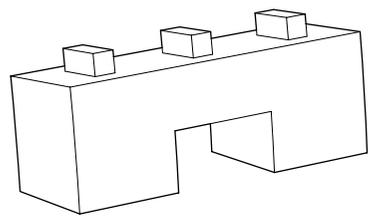
A



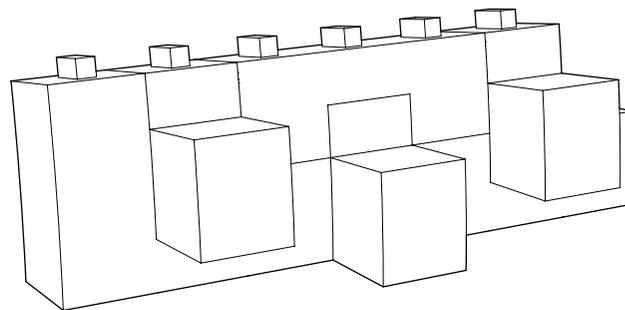
B



A + B

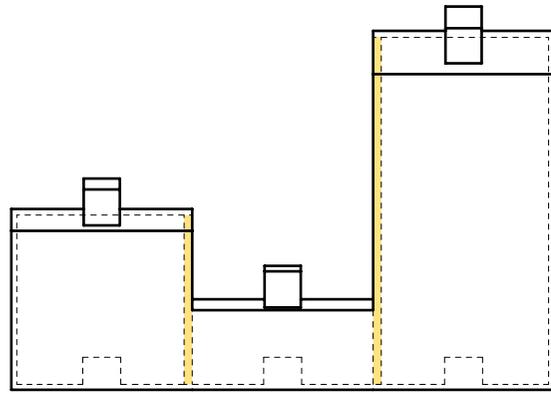


C

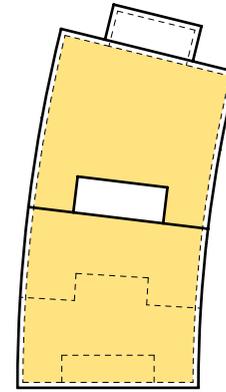


AB + C

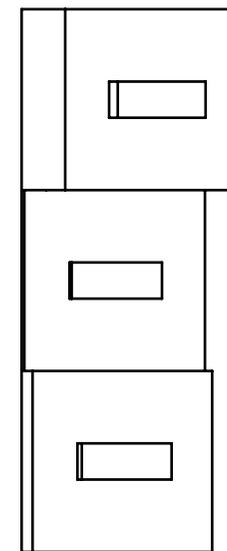
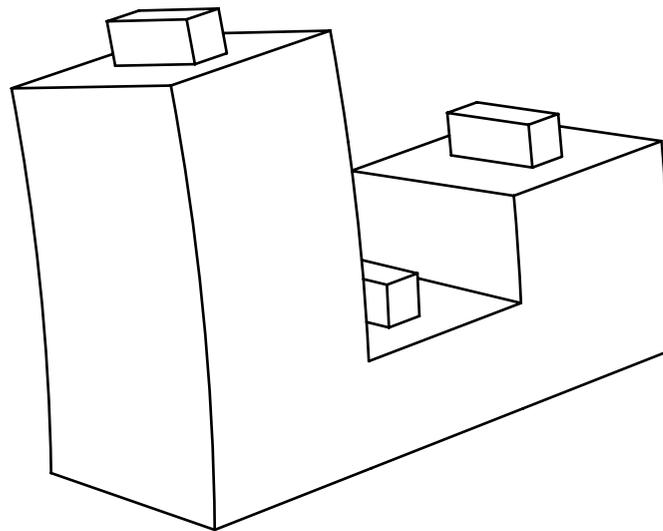
DETTAGLIO TECNICO



FRONTALE



LATERALE



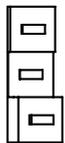
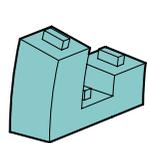
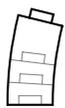
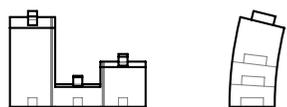
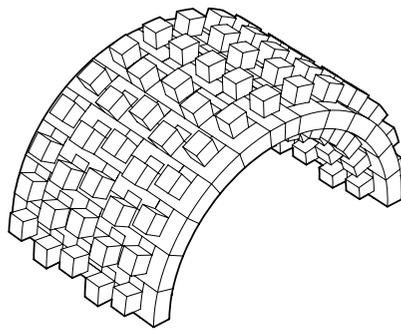
SUPERIORE

Ogni mattone presenta due supporti interni di 3 mm, posti in corrispondenza della zona di incastro, con lo scopo di bloccare eventuali problemi di *torsione*. Ogni concio, composto da due mattoni, è classificato con un numero (ad esempio *I*), in modo che al momento dell'assemblaggio si possa verificare l'accostamento delle facce interne con uguale numero e procedere all'incastro. Questo espediente semplifica l'operazione, rendendola rapida. Dati i numerosi blocchi, all'utente verrà fornito un ulteriore fascicolo con le istruzioni di montaggio oltre ai conci.

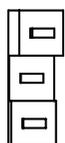
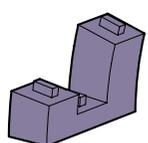
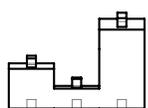
ABACO

30 MATTONI SPECIALI TOTALI

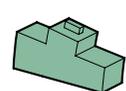
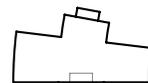
copertura
sala lettura e scatola di libri



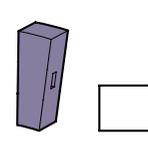
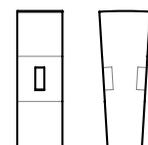
W 10 H 21 D 30



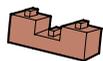
W 10 H 21 D 30



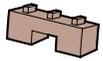
W 10 H 17 D 30



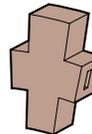
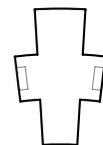
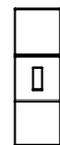
W 12 H 30 D 10



W 10 H 12 D 30



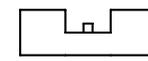
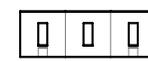
W 10 H 18 D 30



W 20 H 30 D 10

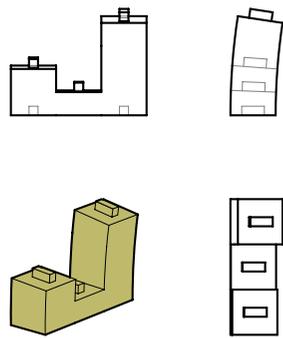
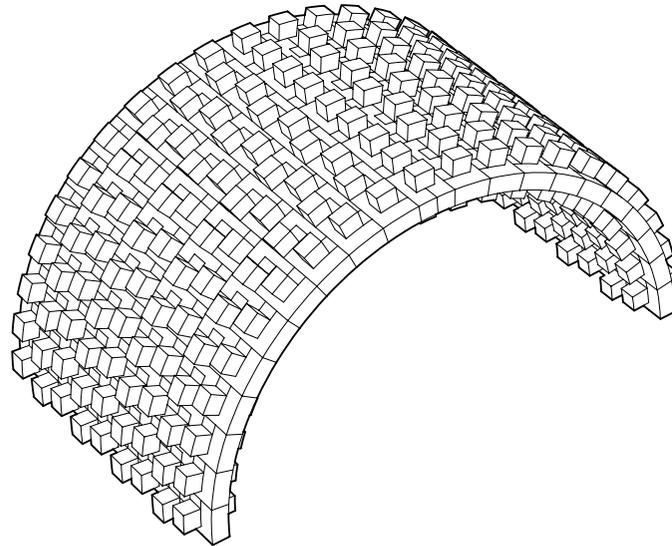


W 10 H 10 D 30

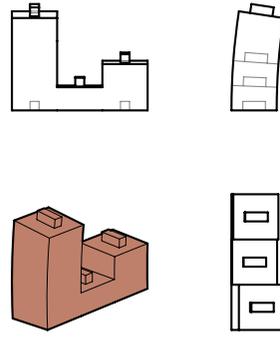


LEGENDA
 WIDHT *larghezza*
 HEIGHT *altezza*
 DEPHT *profondità*
 centimetri

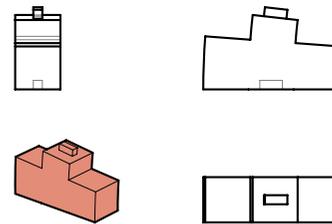
copertura
portabici



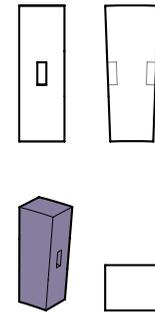
W 10 H 24 D 30



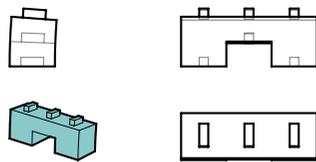
W 10 H 24 D 30



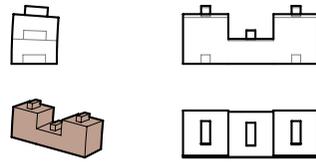
W 10 H 18 D 30



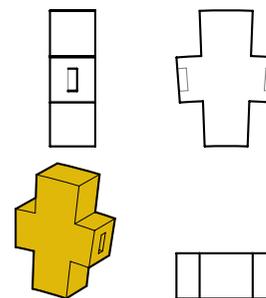
W 12 H 30 D 10



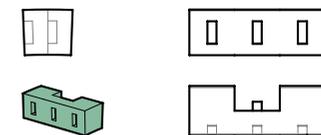
W 11 H 13 D 30



W 11 H 13 D 30



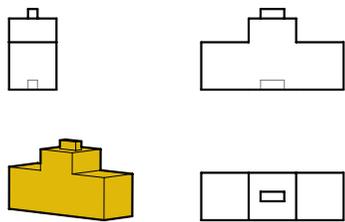
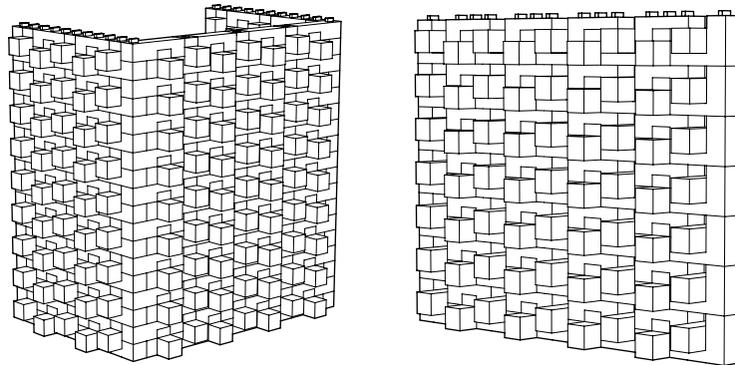
W 22 H 30 D 10



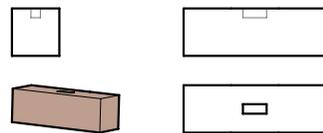
W 11 H 10 D 30

LEGENDA
WIDHT *larghezza*
HEIGHT *altezza*
DEPHT *profondità*
centimetri

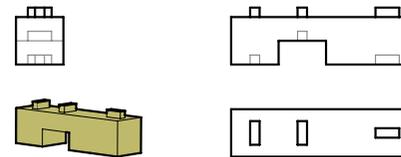
pareti verticali
tutti i moduli



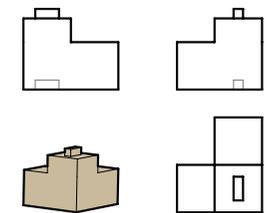
W 10 H 17 D 30



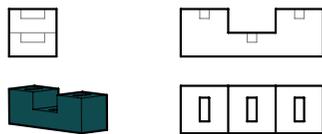
W 10 H 10 D 30



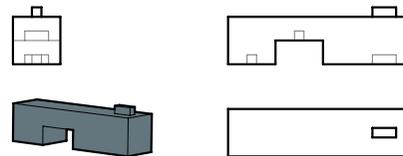
W 10 H 12 D 38



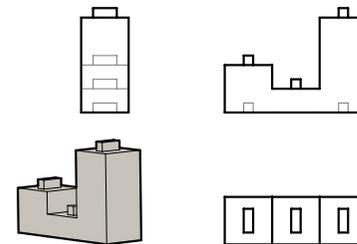
W 20 H 17 D 20



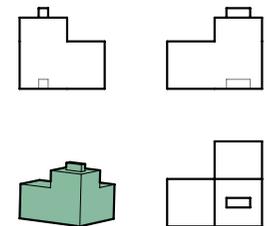
W 10 H 10 D 30



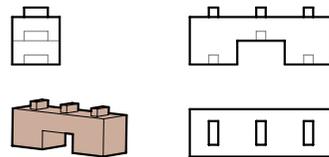
W 10 H 12 D 38



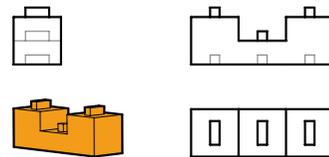
W 10 H 22 D 30



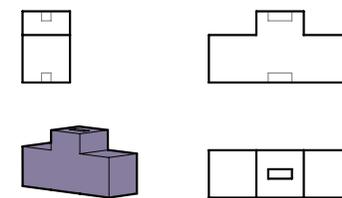
W 18 H 17 D 18



W 10 H 12 D 30



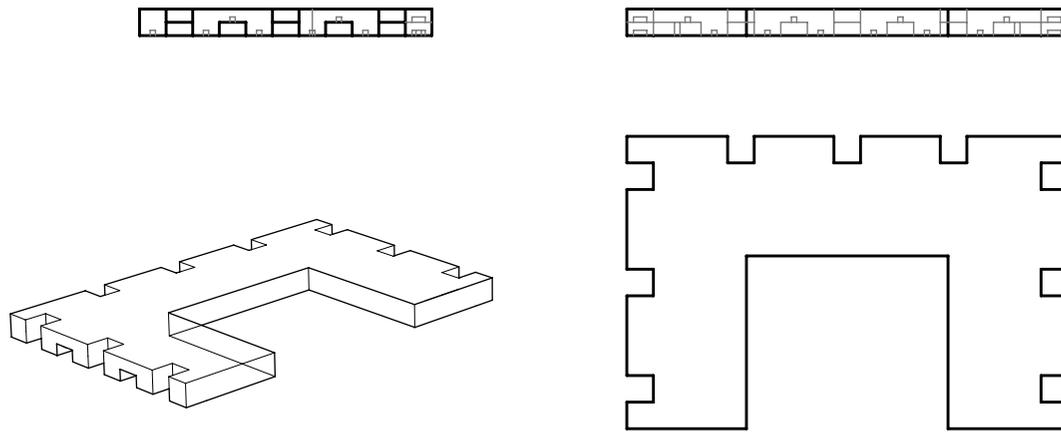
W 10 H 12 D 30



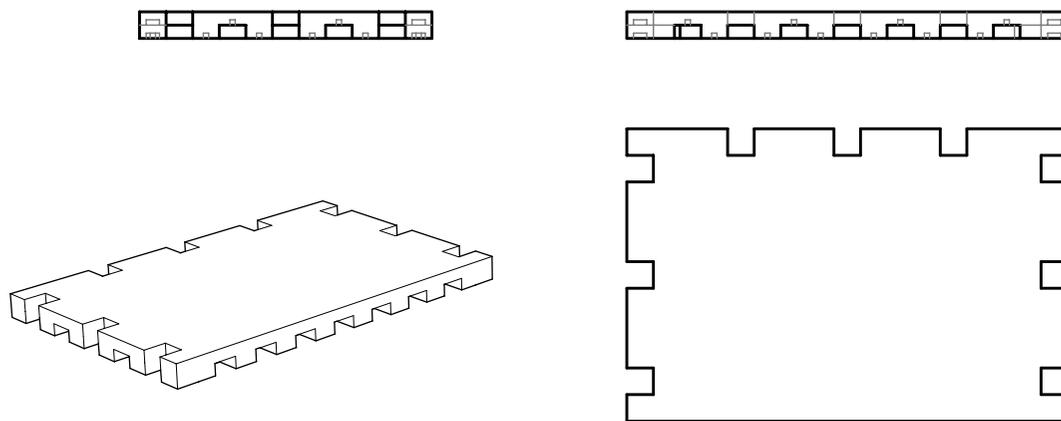
W 10 H 15 D 30

LEGENDA
WIDHT *larghezza*
HEIGHT *altezza*
DEPHT *profondità*
centimetri

scaffalature
scatola di libri



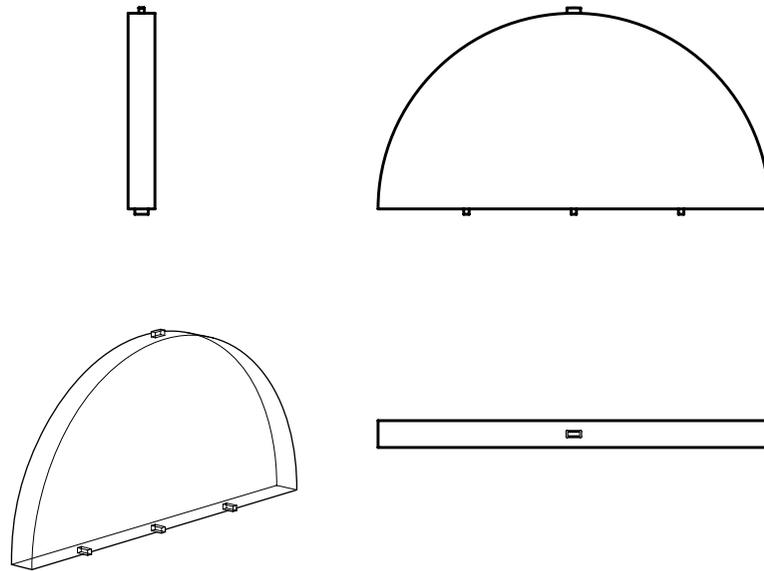
scaffalatura a
W 166 H 10 D 110



scaffalatura b
W 166 H 10 D 110

LEGENDA
WIDHT *larghezza*
HEIGHT *altezza*
DEPHT *profondità*
centimetri

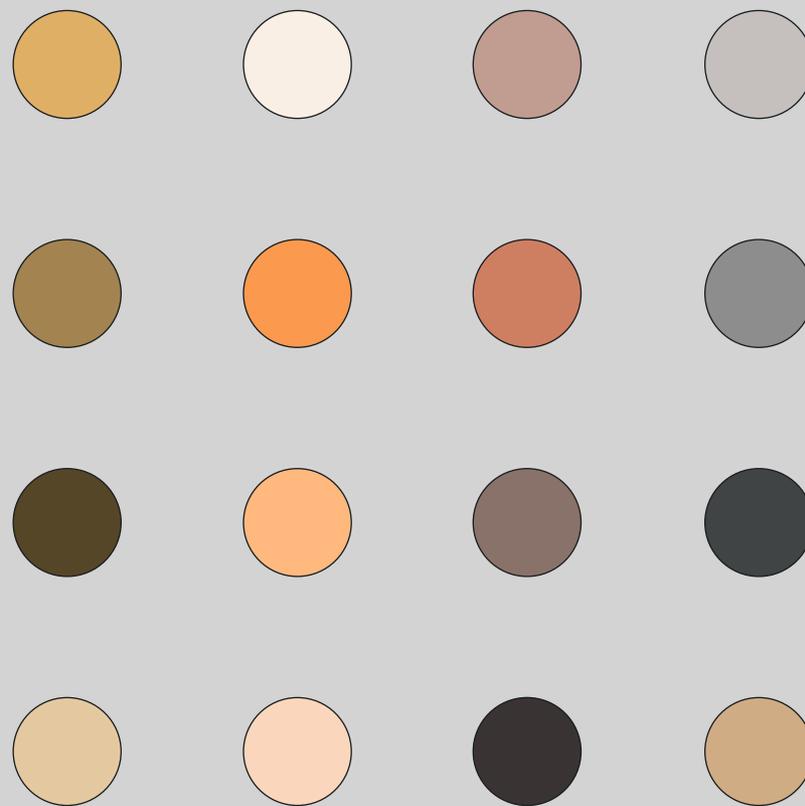
lucernario
sala lettura e scatola di libri



W 146 H 77 D 10

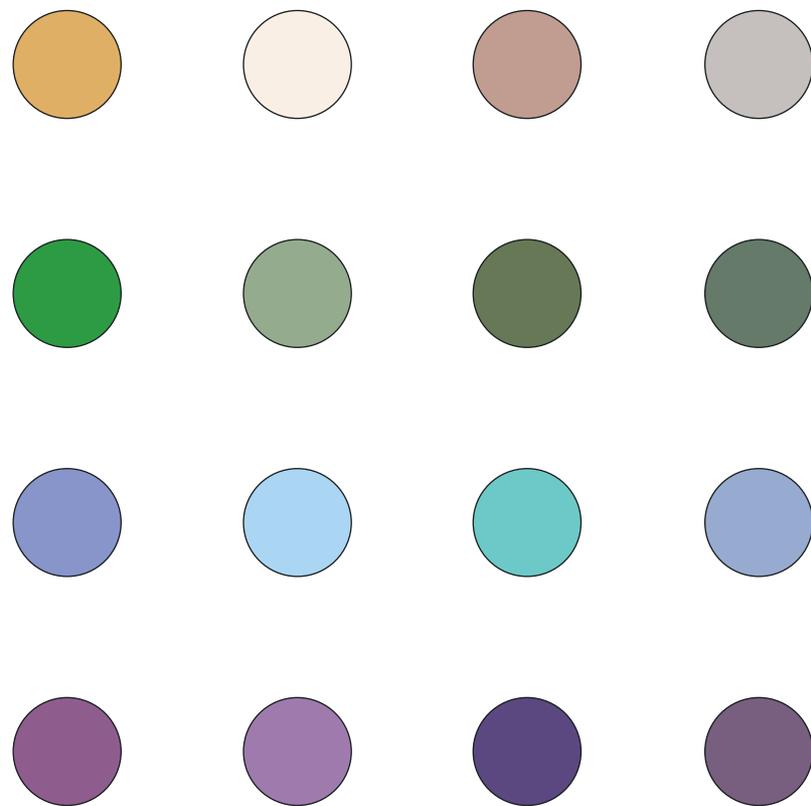
LEGENDA
WIDHT *larghezza*
HEIGHT *altezza*
DEPHT *profondità*
centimetri

VARIANTI DI COLORE



dall'alto in basso:
Scala di colori *monocromatici* sulla base delle tonalità della prima fila.

VARIANTI DI COLORE



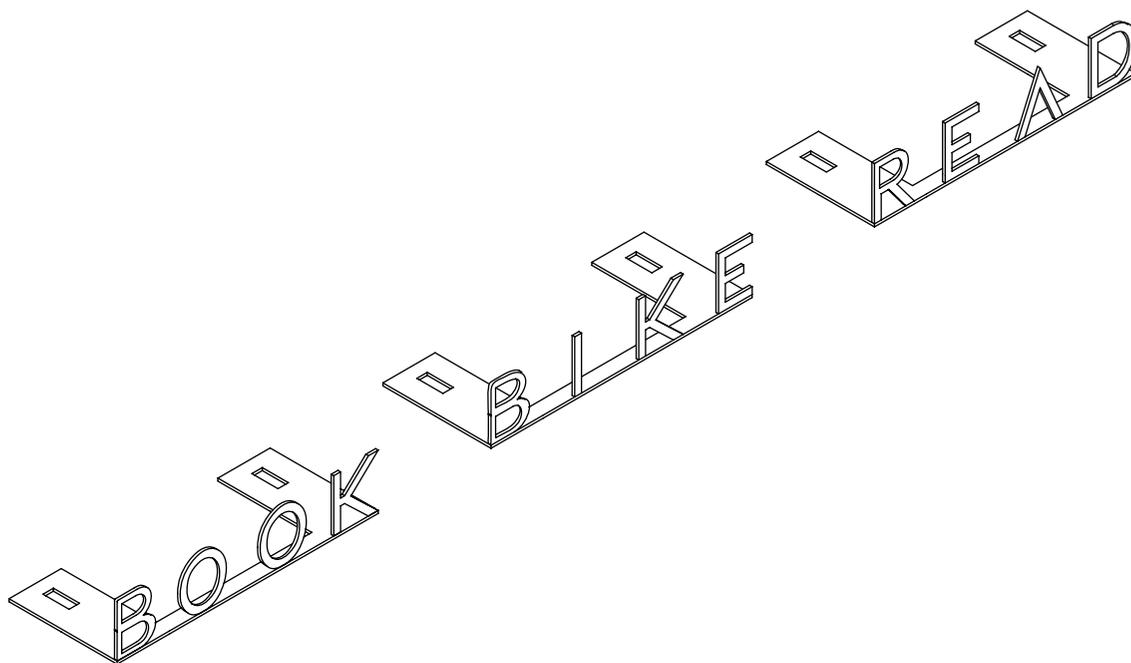
dall'alto in basso:
Scala di colori *a quattro toni* sulla base delle tonalità della prima fila.

La segnaletica

Un aspetto che non va trascurato è la riconoscibilità dei moduli. Non essendo una struttura “unita” ma composta da più elementi (in questo caso tre, ma potrebbero essere molti di più) è importante che ognuno di essi venga segnalato. I moduli, che sembrano espliciti nella loro forma (basti pensare alla scatola di libri che contiene scaffali o alla sala di lettura che prevede delle sedute) hanno bisogno comunque di insegne che anticipino in qualche modo ciò che si potrà fare all’interno.

Nel caso in esame, non si è voluto stravolgere troppo la forma o intervenire sui mattoni; piuttosto, è stata trovata una soluzione per intervenire a posteriori in modo da poter scegliere se aggiungere la targhetta oppure no. La targhetta contiene il nome del modulo (in questo caso “bike”, “book” e “read”) che suggerisce l’attività per cui il modulo è stato progettato.

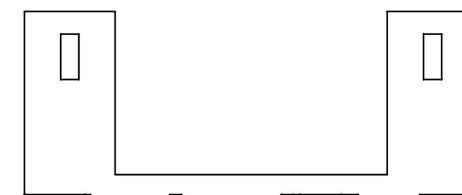
Il concetto è semplice: una lastra 50x20 cm in bio-plastica o metallo, di 5 mm di spessore, **dalla geometria a “C” in modo che i due lati lunghi possano essere incastrati fra i mattoni in corrispondenza degli innesti maschio-femmina.** In questo modo, si può scegliere l’altezza a cui collocare le targhette poiché gli innesti maschio sono tutti della stessa dimensione. Inoltre, si riesce a rimanere in tema “assemblaggio facile e veloce” dato che l’insegna può essere aggiunta a secco, mattone dopo mattone, senza il bisogno di collanti o bulloni.



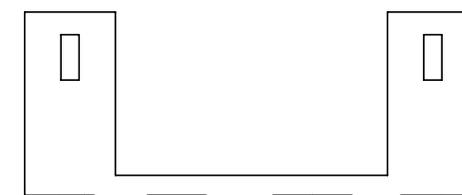
BOOK



BIKE



READ

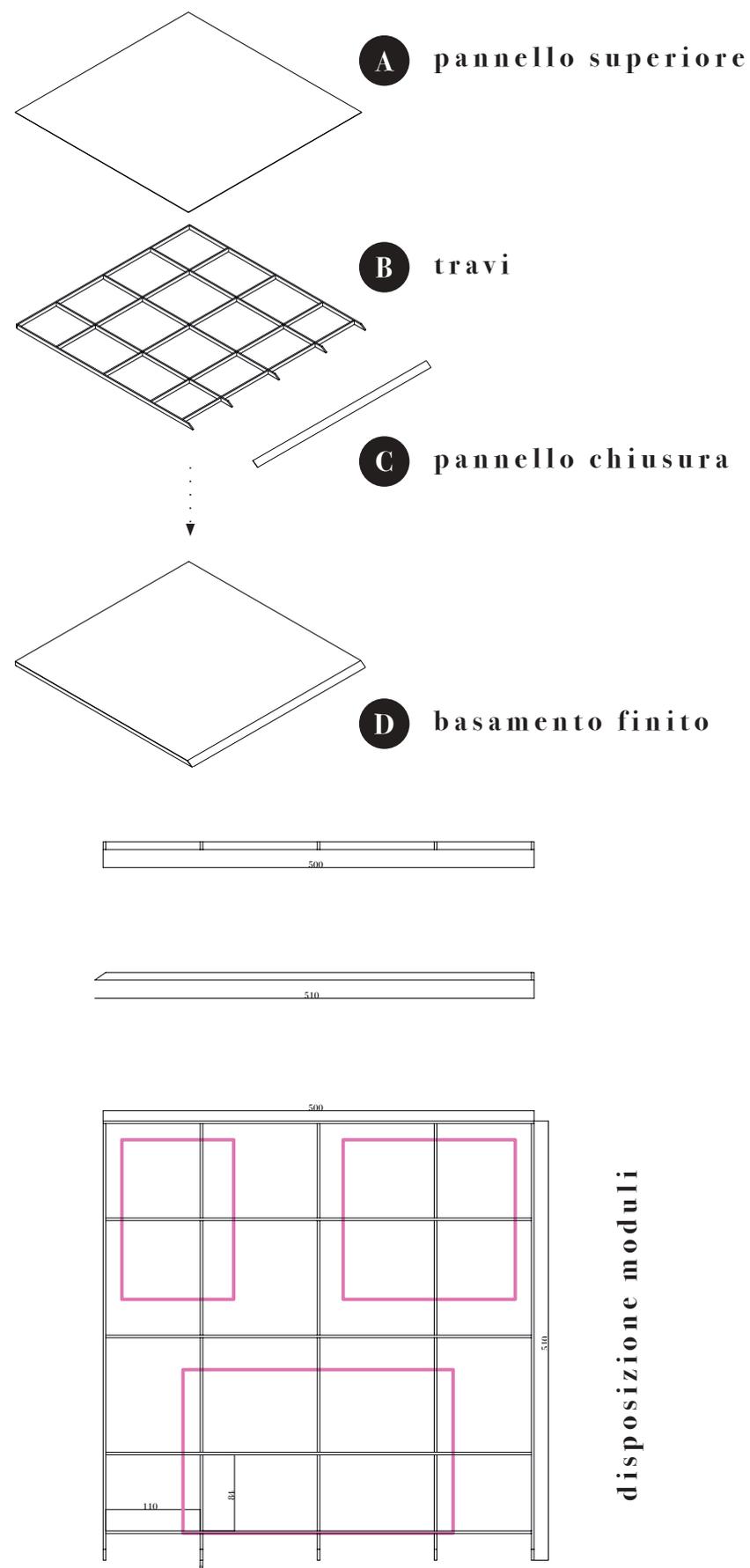


Il basamento

Il primo componente ad essere alloggiato è il basamento prefabbricato che consente l'ancoraggio dei tiranti alla base e delimita più chiaramente l'area di intervento. Il basamento ha anche la funzione di proteggere i moduli da eventuali problemi di pioggia e proteggere gli stessi mattoni dal contatto diretto con il terreno, in modo da consentire una durata più lunga senza che degradino. Sebbene questa sorta di "platea" sia prefabbricata in legno e assemblabile in situ, è necessario un primo strato di isolamento che ripari a sua volta il basamento dall'umidità di risalita proveniente dal terreno. Solitamente, come accade per le costruzioni abitative in legno, l'isolamento del sottofondo viene fatto in cemento.

Nel caso in esame, il cemento viene sostituito con un **mix di calce e canapa**, entrambi ecologici ed ecosostenibili, con le medesime prestazioni. Il materiale di riferimento è del marchio HES-mix® e consiste in una miscela dei due materiali che viene distesa sulla porzione di terreno definita. Il mix viene alternato a travi in legno 51x50x3 cm, che rimangono così stabili e fissate al suolo, orientate in due direzioni diverse, trasversali tra loro, e inchiodate. Un pannello superiore, anch'esso in legno, chiude il basamento in superficie mentre una trave con un estremo inclinato a 30°, per consentire la salita e la discesa di carrozzine/biciclette, lo chiude frontalmente.

Le travi sono posizionate secondo una logica ben precisa: la loro disposizione è fatta in modo tale che i moduli che verranno alloggiati vengano sostenuti senza il rischio che il basamento ceda per il troppo peso. Una volta inchiodate e ancorate tutte le travi, si passa alla verniciatura del basamento finito in modo da uniformarlo cromaticamente con i moduli. Il basamento è una componente fondamentale per quanto riguarda la stabilità dei moduli. Ad esso, infatti, vengono avvitate i tiranti che hanno lo scopo di assorbire gli sforzi di trazione che si vengono a creare in corrispondenza delle coperture, evitare il ribaltamento fuori piano delle pareti verticali e ancorare i singoli moduli al basamento.

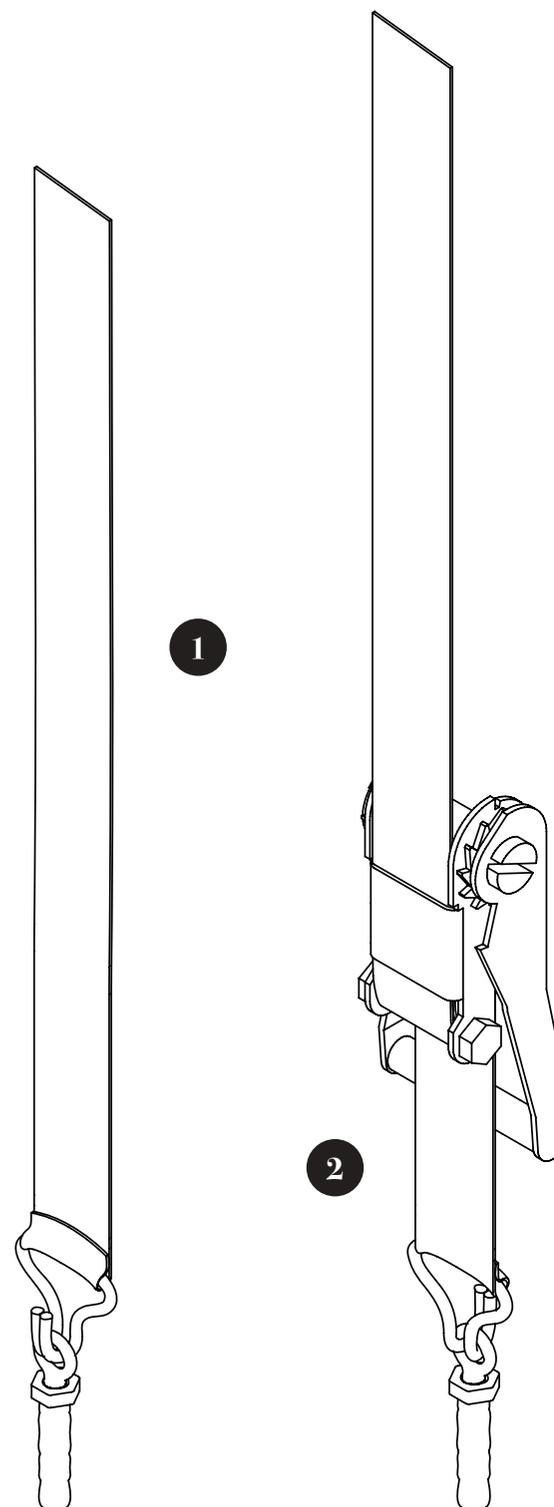


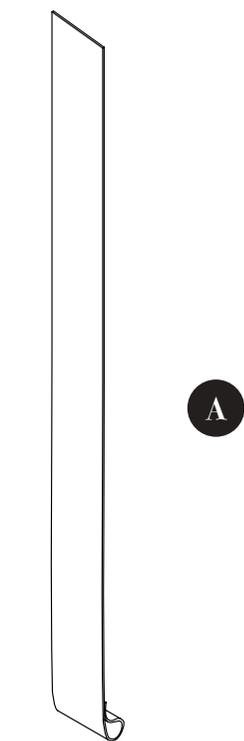
Tiranti

Le fasce a cricchetto in gomma naturale, o caucciù, seguono lo stesso principio di assemblaggio delle cinghie in fibre tessili di tipo poliammidico, comunemente utilizzate per realizzare il “fissaggio del carico per ancoraggio”. (Sicurezza del carico, 2019). Nel caso in esame, il tessuto viene sostituito dalla gomma naturale per rimanere in linea con il tema della sostenibilità ambientale e dei materiali derivati da fonte rinnovabile. La gomma naturale è, a livello chimico, al 94% *poli(isoprene)* esistente in natura, mentre per il resto è costituita da resine e proteine naturali e piccole quantità di ceneri, impurità ed acqua. Viene vulcanizzato per conferirgli le opportune proprietà meccaniche, di ritorno elastico e resistenza ad usura e attrito. I benefici nell’utilizzo della gomma naturale sono sicuramente il fatto di essere molto forte e naturalmente autorinforzante, avere buona deformazione permanente a compressione e buona resistenza agli agenti chimici inorganici. “La durezza del caucciù è compresa nei 30/95 Shore A mentre la sua densità si aggira intorno allo $0,96/1,55 \text{ g/cm}^3$. Ha scarsa resistenza al petrolio e ai fluidi organici e la massima temperatura di utilizzo è compresa tra i 75 e i 100 °C. Il campo di applicazione più frequente è quello delle guarnizioni e ammortizzatori, dei nastri trasportatori e dei pneumatici di camion grazie alle proprietà meccaniche eccellenti (carico rottura, allungamento, resistenza alla lacerazione)”. (GBL S.r.l., 2019)

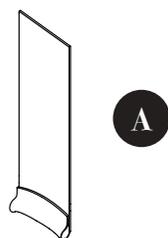
Assemblaggio

In ogni modulo vi sono due fasce, poste in corrispondenza delle aperture, che si collocano tra un mattone sporgente e l’altro in modo da evitare che escano di sede. I mattoni sporgenti, infatti, bloccano le fasce che, a loro volta, sono agganciate a dei sistemi che le collegano al basamento. Il filare di base di mattoni rimane, così, invariato e il sistema che blocca le spinte degli archi è esibito. Nell’ordine, un’estremità della fascia in caucciù (chiamata *ramo corto* per comodità), già fissata al cricchetto, viene posizionata all’estremità di un modulo e stretta manualmente con l’apposita leva. Una seconda fascia, più lunga, la collega ad un gancio che a sua volta si aggancia al fischer (chiamato anche tassello, è costituito da un involucro esterno in plastica seghettata o in metallo ed una vite interna ed è progettato per consentire una maggiore aderenza). Quest’ultimo viene avvitato al basamento in legno e chiude il sistema di ancoraggio. Il *ramo lungo* è l’estremità del tirante opposta al ramo corto che non prevede l’utilizzo del cricchetto, ma finisce semplicemente con un gancio ed un altro fischer, anch’esso avvitato al basamento.

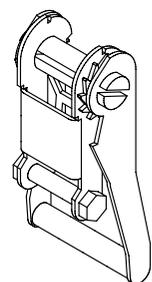




A



A



B



C



A



D



C



D

A fascia

B cricchetto

C gancio

D fischer

1

ramo lungo

A portacibi

W 3,5 L 727 D 0,1

B scatola di libri/sala lettura

W 3,5 L 607 D 0,1

2

ramo corto

W 3,5 L 17 D 0,1

LEGENDA
WIDHT *larghezza*
LENGHT *lunghezza*
DEPHT *profondità*
centimetri

La maggior parte della gomma naturale proviene dall'**Hevea brasiliensis**, fonte del peculiare lattice di color bianco, tipo latte. La pianta inizia a produrre lattice dopo circa sette anni da quando viene piantata e può continuare ad essere totalmente produttiva fino a che non ha 25/30 anni. “Per estrarre il lattice, viene realizzato un taglio in obliquo di circa 6,35 mm di profondità nel tronco, per poi rimuovere una fascia stretta di corteccia. Gli alberi producono gomma tutto l’anno, ma questo non vuol dire che l’estrazione possa essere effettuata ogni giorno. Gli alberi della gomma possono inoltre attraversare un periodo *invernale*: per un massimo di tre mesi, infatti, le foglie appassiscono e cadono. Durante questo periodo, i coltivatori devono evitare di effettuare l’estrazione, in quanto gli alberi hanno bisogno di impiegare tutte le proprie forze per la produzione di nuove foglie. Una volta a settimana, la gomma coagulata, detta *cup lump*, viene immessa sul mercato e i coltivatori vengono pagati al chilo”. (Pirelli, 2019)

Taglio della gomma naturale. Foto di A.Scotti per Pirelli.
www.naturarubber.pirelli.com



I mattoni in HDPE bio-based e riciclabile

	Indice di fluidità (190 °C/2,16 kg)	Densità (190 °C/2,16 kg)	Resistenza a snervamento	Resistenza a rottura	Resistenza a flessione	Durezza punto D	Stampaggio a iniezione
Units	<i>g/10 min</i>	<i>g/cm³</i>	<i>MPa</i>	<i>MPa</i>	<i>MPa</i>	-	-
HDPE SGE7252	2,0	0,952	26	30	1100	62	sì

(Alcune) proprietà tipiche del Green PE.
www.braskem.com.br

La tabella vuole giustificare il motivo per cui si è scelto di applicare un HDPE. Esistono ben trenta gradi diversi di Green HDPE. Quello scelto per il progetto risponde ai requisiti riguardanti l'ecosostenibilità e la resistenza ad agenti atmosferici.

Inoltre, è facilmente stampabile ad iniezione come un normale termoplastico e ciò consente di ottenere mattoni cavi di uno spessore sufficiente (3 mm) ad evitare problemi di torsione in un tempo molto ristretto. Il **HDPE SGE7252XP** è per il 96% bio-based e 100% riciclabile (conformemente alla norma ASTM D6866).

“Viene prodotto partendo da etanolo ottenuto da fermentazione alcolica della canna da zucchero. L'etanolo per deidratazione viene trasformato in etilene, il monomero da cui per polimerizzazione (per addizione) standard catalizzata, si ottiene quindi il polietilene.

Il materiale è completamente impermeabile e adatto all'applicazione in esterno grazie alla natura poliolefinica, ovvero all'assenza di gruppi funzionali reattivi ad ossigeno, acqua, ozono (etc.) presenti in atmosfera”. (P. Fabbri, 2019)

È duttile, quindi non ha comportamento a frattura fragile né particolari scadimenti delle proprietà col tempo. Non è particolarmente costoso, nonostante costi circa il 50% in più del HDPE convenzionale (1€/Kg). L'unico svantaggio è la sua bassa resistenza a creep, superabile con spessori di almeno 3 mm. La densità del HDPE è circa 0,9 g/cm³, quindi è facilmente ottenibile una stima del peso del mattone.

I mattoni sono di 30 tipologie diverse ma prendendone uno a riferimento, le sue misure sono: altezza 15,6 cm, larghezza 30 cm e profondità 10 cm. Dato il volume dell'oggetto (4680 cm³), moltiplicandolo per la densità del HDPE (0,9 gr/cm³) otteniamo il peso che risulta approssimativamente di 4 Kg/m³.

Questo, però, è il peso del mattone pieno. Andando a sottrarre il volume che delimita gli spessori interni di 3 mm, pari a 4062 cm³ il nuovo peso del mattone cavo risulta di circa 550gr. Lo spessore è stato fissato calcolando gli sforzi che graveranno sui mattoni e tenendo presente che il HDPE ha una resistenza a snervamento di circa 30 MPa, e resistenza a rottura di circa 25-30 MPa. (Braskem, *High Density Polyethylene SGE7252. Data Sheet*, 2015)



in alto

Mareggiata, litorale invaso da rifiuti e plastica.

www.gazzettadinapoli.com

in basso

Legambiente, un mare di rifiuti nelle reti dei pescatori.

www.controradio.it

La produzione dell'*I'm Green HDPE bio-based*

A partire dalla estrazione della canna da zucchero, che avviene in Brasile, si ottiene l'*etanolo* (alcol) attraverso un processo di disidratazione. Successivamente, lo stesso etanolo viene processato per ottenere l'*etilene*, composto organico facente parte del gruppo degli alcheni. Il HDPE è una poliolefina e questo si spiega dal fatto che gli stessi alcheni appartengono alla classe delle olefine. Quello che ne deriva dalla *polimerizzazione per addizione* dell'etilene è il polietilene, in questo caso "green".

Il ciclo di vita e il risparmio energetico

I gas serra sono presenti nell'atmosfera e sono trasparenti alla radiazione solare in entrata sulla Terra. Per questo motivo sono pericolosi: perché riescono a trattenere la radiazione infrarossa emessa dalla superficie terrestre, dall'atmosfera e dalla nuvole. La CO₂, insieme al vapore acqueo, al metano, al protossido di azoto e all'esfluoruro di zolfo, contribuiscono rapidamente al riscaldamento globale (o surriscaldamento climatico) e quindi allo scioglimento dei ghiacciai, alle alluvioni, alla siccità, alla desertificazione e alle ondate di caldo e di freddo. "La valutazione del ciclo di vita del Green PE ha indicato la sua capacità di **catturare 3,09 Kg di CO₂ dall'aria** con ogni chilogrammo prodotto. La fotosintesi clorofilliana ci insegna che le piante catturano l'anidride carbonica per poterla processare insieme all'acqua e alla luce solare e produrre ossigeno. In questo modo, si spiega il loro contributo alla riduzione dei gas serra.

Inoltre, la canna da zucchero è piantata su pascoli degradati, aiutando a recuperare il terreno. La *bagassa*, il residuo della macinazione e spremitura della canna da zucchero, viene utilizzata per la **cogenerazione di elettricità per alimentare l'unità di produzione dell'etanolo, rendendo l'autosufficienza energetica del processo di produzione**. L'elettricità in eccesso viene inviata alla rete elettrica, il che contribuisce a una matrice energetica pulita ed efficace. **L'80% dell'energia** consumata nel processo di produzione del Green PE **provviene da risorse rinnovabili**.

Con dimensioni continentali, il Brasile gode di uno scenario favorevole per lo sviluppo di biopolimeri. Il paese non è solo un pioniere nella ricerca e sviluppo di biocarburanti, ma ha anche il bacino fluviale più grande del mondo, un'intensa irradiazione solare e un clima diversificato. Il *Life Cycle Assessment* (LCA) è una tecnica per analizzare gli aspetti ambientali e i potenziali impatti associati a un prodotto che considera le fasi dall'estrazione delle materie prime che vengono immesse nel sistema di produzione alla fabbricazione del prodotto finale. La valutazione consente a Braskem e ai suoi clienti di comprendere meglio gli impatti ambientali dei loro prodotti in tutte le fasi del ciclo di vita". (Braskem, 2019)

La pigmentazione

Solitamente, per pigmentare i termoplastici si usano come riferimento i colori della scala RAL. RAL, acronimo di Reichsausschuss für Lieferbedingunge, è un termine oggi usato quasi esclusivamente per definire una scala di colori normalizzata usata principalmente nell'ambito delle vernici e dei rivestimenti. Esistono due scale RAL Classic, la RAL 840-HR per colori opachi comprendente 213 colori, e la RAL 841-GL per colori brillanti comprendente 196 colori. In generale, però, il colore alla plastica lo conferiscono i *masterbatch coloranti* (concentrati di pigmenti dispersi in una matrice polimerica), e sulla base PE esiste un'ampia gamma di colori.

Per praticità, i 30 mattoni che fanno parte di questo progetto sono pigmentati usando solamente **4 tonalità diverse**. Questo perché, essendo alcuni di essi ripetuti, ad esempio nella parete verticale e nella copertura, non avrebbe senso utilizzare troppi colori diversi che andrebbero ad incidere sia sul tempo di produzione che sul costo generale del prodotto. "Teoricamente, per avere materiale 100% bio anche la matrice del masterbatch deve essere bio-PE. Questi master esistono già in commercio, realizzati soprattutto da *PolyOne*". (P. Fabbri, 2019)

Confronto di bio HDPE diversi, ma tutti processabili con stampaggio a iniezione:

		Indice di fluidità (190 °C/2,16 kg)	Densità (190 °C/2,16 kg)	Resistenza a snervamento	Resistenza a rottura	Resistenza a flessione	Durezza punto D	Resistenza all'urto	Temperatura di rammollimento	Contenuto minimo di C14 (carbonio 14)
Units		<i>g/10 min</i>	<i>g/cm³</i>	<i>MPa</i>	<i>MPa</i>	<i>MPa</i>	-	<i>J/m</i>	<i>C°</i>	<i>%</i>
HDPE	SHA7260	20	0,955	-	26	1150	63	20	122	94
	SHC7260	7,2	0,959	30	18	1375	60	35	125	94
	SHD7255LS-L	4,5	0,954	27	26	1150	58	40	125	94
	SCE7252	2,0	0,952	26	30	1100	62	50	124	96
	SHC7260LS-S	7,2	0,959	30	18	1375	60	35	125	94
	SCE7252XP	2,0	0,952	27	36	1200	62	65	126	94

Differenze tra gradi diversi di bio HDPE.
www.braskem.com.br

Injection Moulding

Stampaggio ad iniezione

Una tecnologia molto diffusa nella trasformazione delle materie plastiche è lo stampaggio a iniezione. Si riescono, infatti, a produrre pezzi di forma e dimensioni diverse e dal peso variabile da pochi grammi a svariati chili in maniera costante.

I motivi principali che hanno portato il progetto ad orientarsi verso questo tipo di processo sono quattro: le infinite variabili di geometrie complesse che si possono realizzare, i bassi costi di produzione, il breve tempo richiesto per il ciclo produttivo e la perfetta conciliabilità con il HDPE bio-based. Quest'ultimo vantaggio è dovuto al fatto che si può stampare come un normale termoplastico e, di conseguenza, riciclare allo stesso modo (inquinando molto meno!).

In generale, tutto ha inizio con il materiale sotto forma di compound in *pellets*, ossia granuli, che vengono fusi durante il processo di stampaggio a iniezione. Dopo un eventuale pre-trattamento di essiccazione o de-umidificazione, i granuli vengono aspirati attraverso un sistema di alimentazione all'interno del cilindro di plastificazione.

“Qui è situata una vite che, ruotando e traslando per mezzo di pistoni idraulici, crea un attrito che, assieme al contributo termico generato dalle resistenze elettriche situate sul cilindro di plastificazione, provoca la fusione del materiale. Dopo che il materiale ha raggiunto la viscosità necessaria, viene iniettato ad una certa velocità all'interno dello stampo (fase di iniezione o riempimento), passando attraverso opportuni canali e riempiendo la cavità che rappresenta in negativo il pezzo.

Riempita la cavità inizia la fase di mantenimento durante la quale il polimero viene tenuto sotto pressione allo scopo di compensare con altro materiale l'aumento della densità connesso con la diminuzione di temperatura e la solidificazione che avvengono durante il raffreddamento del pezzo. Il polimero fuso entra nella cavità

attraverso il punto di iniezione o *gate*; la solidificazione del polimero in questo punto determina la fine della fase di mantenimento. Una volta che il *gate* si è solidificato, non c'è più possibilità che altro polimero entri nella cavità qualunque sia la pressione che esercita la vite. Quindi, inizia la fase di raffreddamento durante la quale il manufatto continua la solidificazione”. (Rosaplast). Il ciclo di stampaggio prevede alcune fasi che possiamo elencare come segue:

- **chiusura stampo** il piano mobile della pressa si chiude serrando le due metà dello stampo, piano fisso e piano mobile;
- **accostamento gruppo iniezione** il materiale fuso situato nella camera di plastificazione viene spinto dalla vite entro la cavità dello stampo con una certa velocità;
- **dosaggio** la vite ruota per permettere al materiale di passare dalla tramoggia alla zona di accumulo (zona prossima all'ugello del cilindro di plastificazione) e trovando davanti all'ugello il materiale solidificato, il materiale per spinta fa arretrare la vite;
- **mantenimento** il polimero fuso che è all'interno dello stampo viene tenuto sotto pressione;
- **raffreddamento** è la fase in cui la pressa non esegue alcun movimento e va in funzione del tipo di polimero utilizzato e dalla geometria del manufatto;
- **apertura stampo ed estrazione** si apre la parte mobile dello stampo con il piano mobile della pressa; arrivato a fine corsa entra in funzione il gruppo di estrazione della pressa che agendo sul sistema di estrazione dello stampo espelle il pezzo stampato;
- **chiusura dello stampo** finita l'estrazione il piano mobile si richiude e riparte così il ciclo.



Dettaglio di una seduta realizzata con stampaggio a iniezione assistito da gas: oggetti cavi e nessuna sbavatura.
www.spm-mould.it

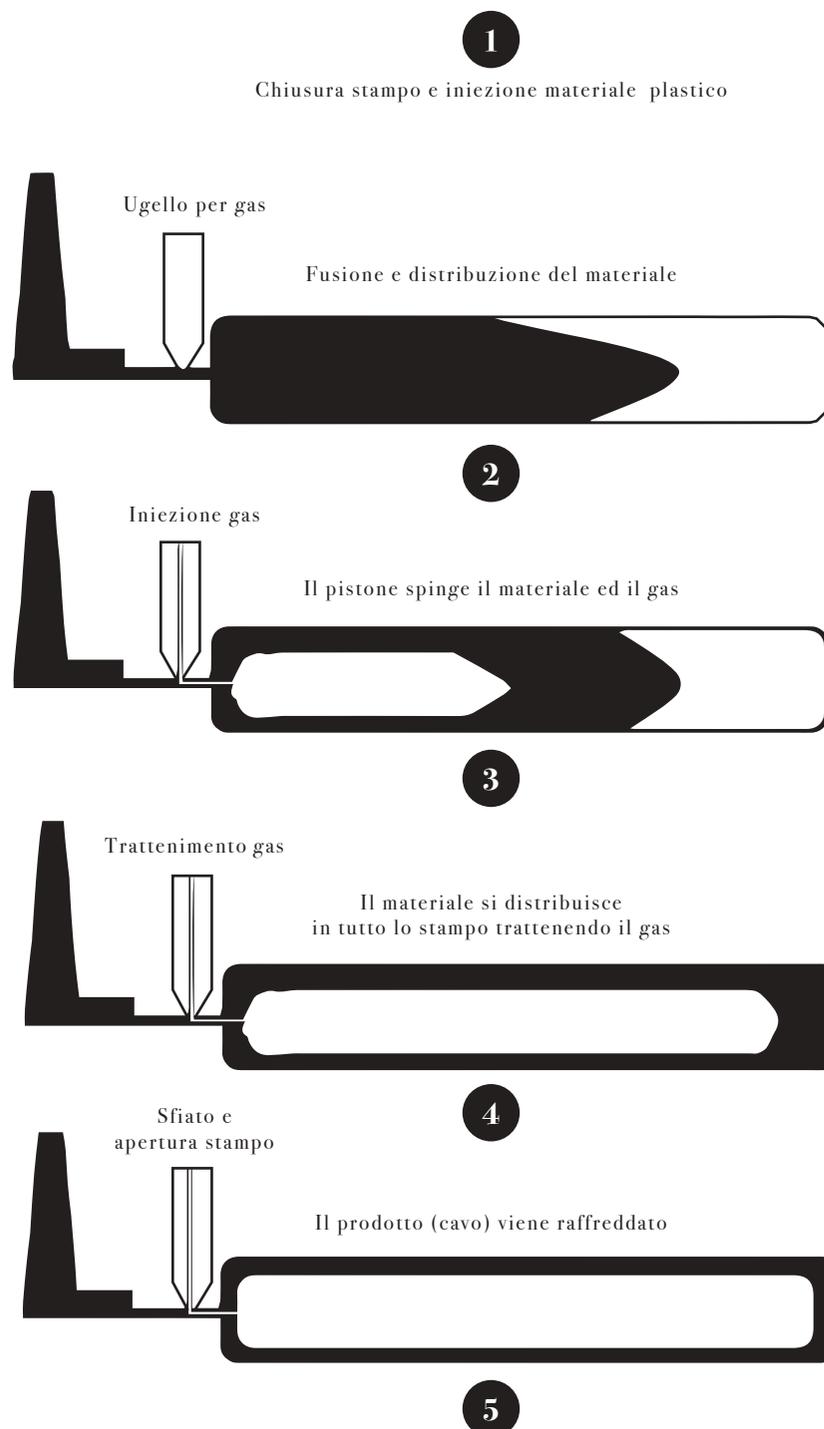
Gas Assisted Injection Moulding

Stampaggio ad iniezione assistito da gas

A differenza dello stampaggio “normale”, in questo progetto il processo adottato è quello che prevede l’aggiunta di gas durante il ciclo produttivo (da qui il nome “assistito da gas”). Il gas inserito è, solitamente, l’azoto che permette di realizzare manufatti con spessori elevati svuotati all’interno e senza sbavature. In pratica, questa tecnologia consiste nella **co-iniezione di azoto puro** all’interno del materiale plastico e consente lo svuotamento del pezzo realizzando articoli estremamente resistenti e leggeri. Il processo di inserimento dei pellets e dell’azoto avviene nello stesso stampo e nello stesso momento, ovvero senza fasi di post-produzione. Nello schema a fianco, è raffigurato il processo suddiviso per fasi. “La tecnologia consente di ridurre le tipiche problematiche superficiali da raffreddamento del pezzo (risucchi), riducendo anche i tempi di lavorazione rispetto a manufatti con spessore apparente equivalente. L’alleggerimento, per svuotamento dello spessore, può avvenire per compattamento interno (senza pozzetto) o con scarico all’esterno del materiale in eccesso (con pozzetto)”. (Stampaggio con Gas-Moulding, Maspi, 2019)

Questa soluzione di stampaggio ad iniezione assistito con gas ad alta pressione viene utilizzata per molti componenti/prodotti, e porta notevolissimi vantaggi tra cui il risparmio di materiale, la possibilità di ottenere una maggiore leggerezza al pezzo, la riduzione dei tempi di ciclo con un risparmio del consumo energetico nell’ordine del 20-30% ad ogni ciclo, l’eliminazione di eventuali risucchi, la riduzione della pressione di iniezione e del tonnellaggio della pressa. “Il processo permette di ottenere grande libertà nel design e di combinare pareti con spessori differenti”. (Gas assisted moulding, SPM, 2019)

Possiamo considerare l’injection moulding come processo adatto alla produzione in serie, dati i numerosi pezzi da realizzare in poco tempo (per un complesso di tre moduli delle dimensioni prese in esame per questo progetto il totale dei mattoni ammonta a **1757 pezzi**).



Stampaggio a iniezione assistito da gas. Illustrazione a cura di Andy Gordon.

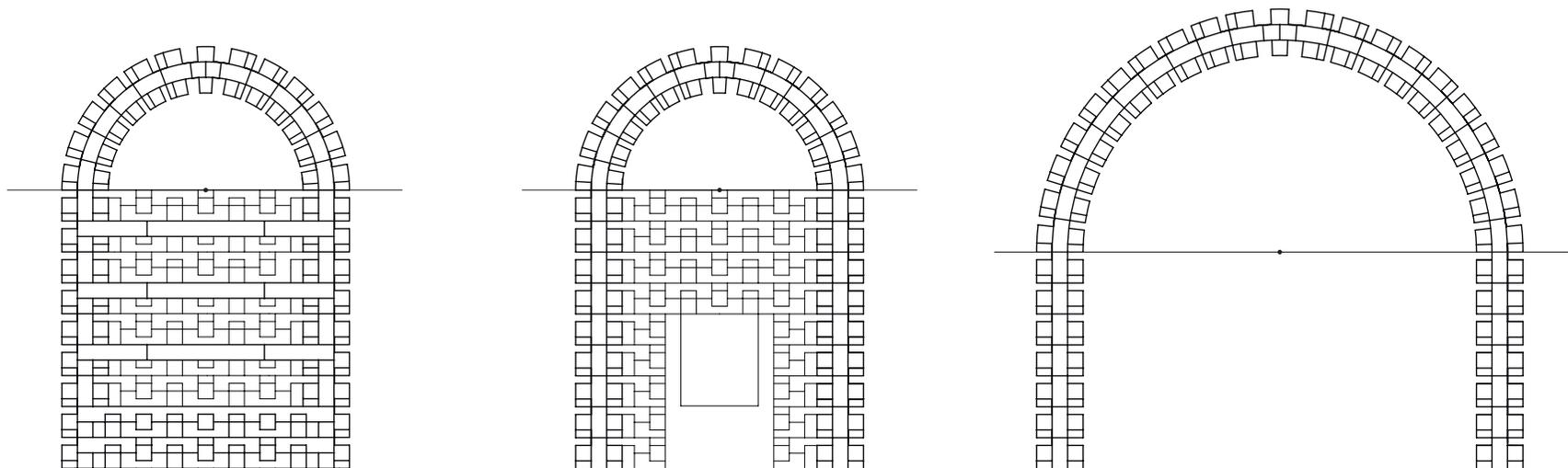
www.pinterest.it

1.2 Strategie

Le varie fasi di sviluppo del prodotto hanno mirato a risolvere alcune problematiche emerse durante la fase di progettazione. Inizialmente, infatti, le strutture erano costituite da un numero molto ampio di blocchi di mattoni diversi (circa 21 blocchi con altrettanti mattoni “unici”). In una prima fase, sono state semplificate alcune forme, e successivamente è stato studiato un metodo parametrico che giustificasse l’abbondare dei conci diversi. Questo metodo è risultato compatibile con la dimensione dei blocchi, e la fattibilità e stabilità del sistema di incastro maschio-femmina sulla base del materiale bio-based individuato. Inoltre, ha consentito di risolvere il problema della ventilazione naturale con degli “sbocchi” da alternare a pareti completamente chiuse. Le coperture sono state realizzate studiando appositi conci di mattoni chiusi per risolvere il problema dello scolo delle acque e dell’impermeabilizzazione. L’innovazione, in questo progetto, è costitu-

Luci di volta

In seguito alla decisione di progettare moduli che utilizzassero la tecnica dell’assemblaggio a secco con una giunzione di tipo meccanico senza l’impiego di collanti o sigillanti, si è mostrata necessaria la definizione di un metodo da adottare per la realizzazione delle volte. Il processo parametrico avviene per costruzione, e non per algoritmo, ed è studiato per il sistema di prefabbricazione dei mattoni basato sulla definizione di luci di volta, la distanza tra due piedritti. La luce di volta definisce la lunghezza dell’arco e quindi la sua necessaria suddivisione in parti uguali per la definizione della geometria dei mattoni che non sarà universale ma varierà proprio in base alla luce. Dal momento, infatti, che la luce cambia anche il passo dei mattoni cambia e quindi anche la loro configurazione varia di arco in arco. Nel sistema di parametrizzaz-



ita dal processo parametrico adottato per l’elaborazione del sistema prefabbricato proposto, adatto alla realizzazione di installazioni temporanee in diversi contesti, con diverse dimensioni, con diversi materiali, in funzione delle diverse esigenze dell’utenza. La progettazione parametrica consente di conferire alla struttura i caratteri di: prefabbricabilità, modularità, flessibilità, reversibilità, adattabilità, customizzabilità, smontabilità, sostenibilità.

ione studiato, si potranno ottenere mattoni di forme diverse a partire da luci di volta diverse. Questo avviene grazie alla determinazione di un metodo che si addice a qualsiasi volta a botte formata dalla successione di archi a tutto sesto. Nel caso preso in esame, sono state determinate due luci di volta differenti con conci di mattoni pensati *ad hoc* poiché le volte **presenterebbero interferenze in corrispondenza dei mattoni.**

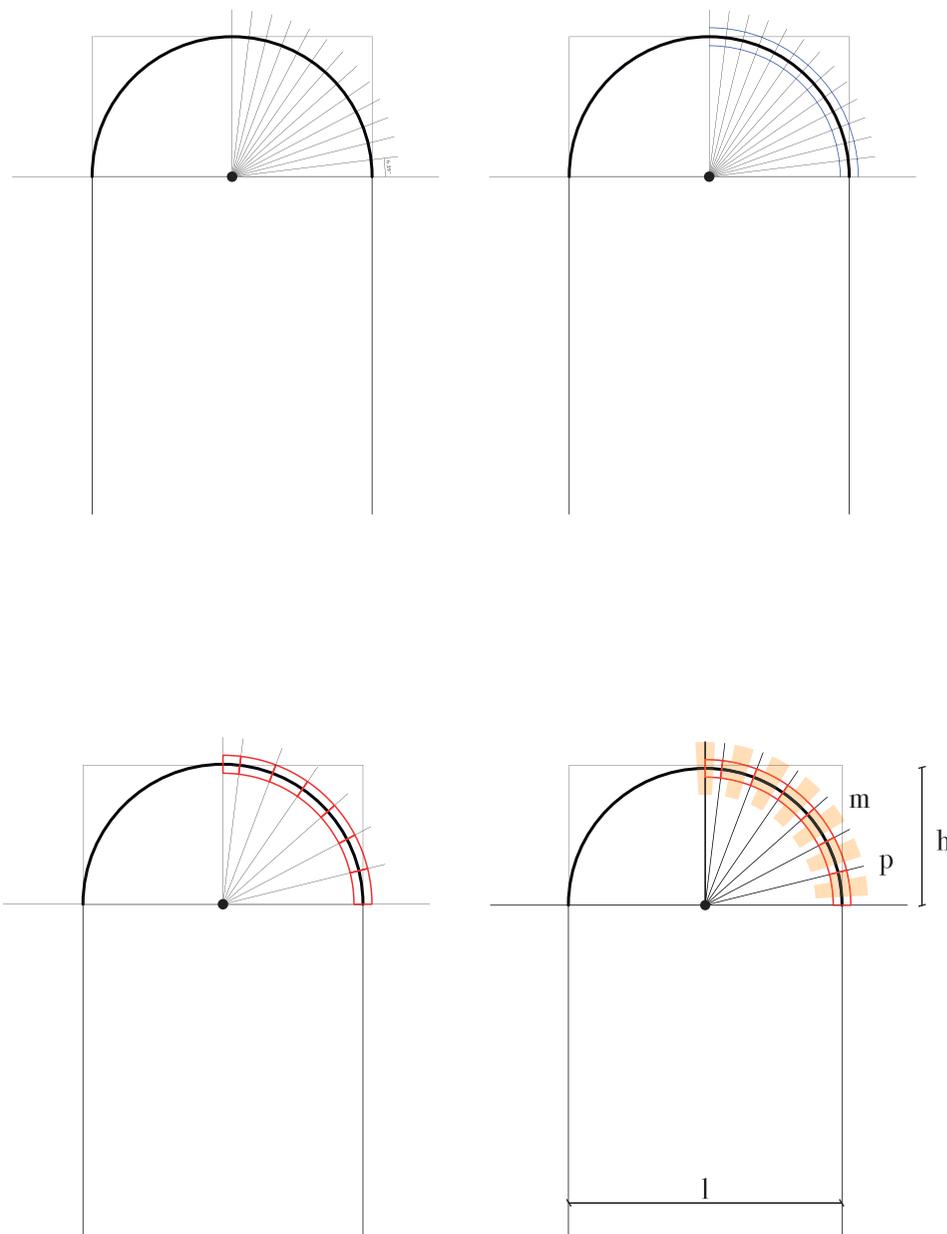
Esempio di luci di volta e linee d’imposta diverse.

Parametrizzazione

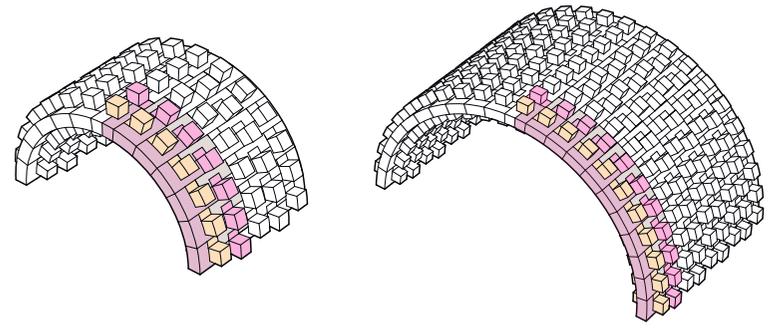
La prima arcata è costituita da un concio di due mattoni diversi, posti in direzione trasversale tra loro, ottenuti dalla suddivisione dell'arco a tutto sesto in base alla luce (**l**), della dimensione desiderata del mattone (**m**) e del passo (**p**) da tenere tra un mattone e l'altro. Dal centro dell'arco vengono tracciati dei segmenti che definiscono la ripartizione dei mattoni lungo l'arco. *Essendo un arco a tutto sesto, a sezione semicircolare unica e completa (180°), per comodità posso prendere in considerazione metà dell'arco e poi copiare specularmente i mattoni ricavati per completare la copertura.* Lo spessore dei mattoni viene dato partendo da un estremo dell'arco, una volta verso l'esterno e una volta verso l'interno. Per il secondo tipo di mattone, perpendicolare al primo, il primo segmento ad essere preso in considerazione per definire l'area limite del mattone (in prossimità dell'incastro) è quello che passa per il punto medio del primo mattone. *Questo avviene perché si è deciso di creare un passo diverso per ogni arcata che compone la copertura, dando quindi ai mattoni trasversali un'alternanza diversa.*

La stessa cosa viene fatta per le altre luci. *Deve essere tenuto di conto che se si vuole ottenere la stessa altezza (**h**) del modulo precedente e quindi utilizzare lo stesso passo per la disposizione dei mattoni, questo deve essere considerato a priori, nella definizione delle linee che delimitano la dimensione del concio di mattoni.* In questo caso, per poter ottenere dei moduli con altezza, mattoni e passo il più possibile vicini a quella dell'altro arco, le curve limite del concio vengono prese verso l'interno della luce di volta. Ottenuta la suddivisione dell'arco a tutto sesto in parti uguali, procedo con la definizione dei segmenti limite che determinano la lunghezza e l'altezza del mattone. La stessa cosa viene fatta per i mattoni trasversali, partendo dal punto medio del mattone precedente. *Questa volta, non parto dalla linea d'imposta ma leggermente sopra, per poter creare lo sfalsamento tra i mattoni.*

La seconda arcata è costituita, anch'essa, da un concio di due mattoni diversi, posti in direzione trasversale tra loro. *Trattandosi della seconda fila di mattoni, per poter ottenere l'effetto di sfalsamento tra un mattone e l'altro, non parto dal primo punto della linea d'imposta ma faccio un "salto" che dovrà riempire il vuoto creato dal concio della prima arcata.*



Schemi che illustrano il concetto di parametrizzazione.

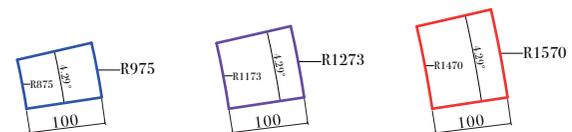
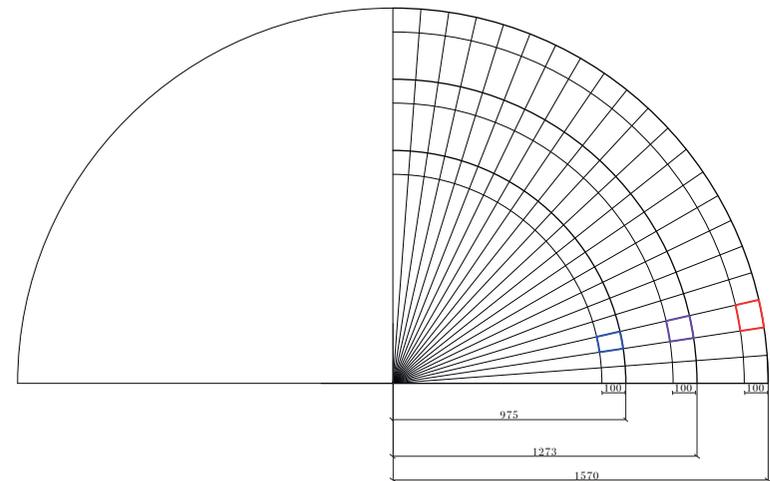
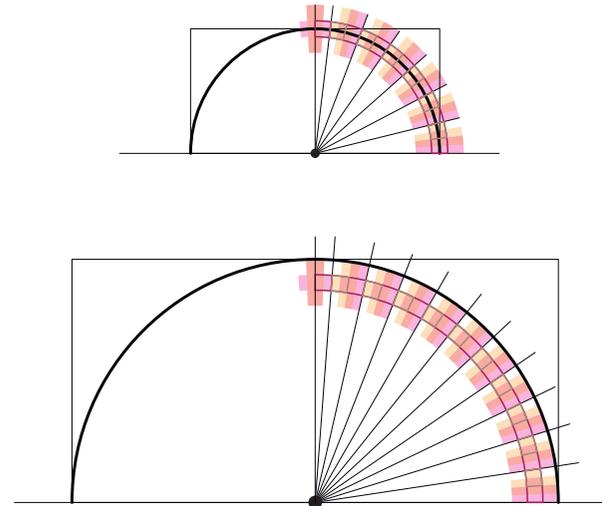


Lo spessore dei mattoni viene dato partendo da un estremo dell'arco, una volta verso l'esterno e una volta verso l'interno. Per il secondo tipo di mattone, perpendicolare al primo, il primo segmento ad essere preso in considerazione per definire l'area limite del mattone (in prossimità dell'incastro) è quello che passa per il punto medio del primo mattone. Come si vede, la ripartizione avviene dalla linea d'imposta per poter coprire il vuoto creatosi con il concio della prima arcata.

Visione finale delle due coperture

*Le volte hanno luci diverse
ed i conci non sono uguali*

“Sebbene, infatti, le due coperture possano sembrare, a prima vista, una la scala ingrandita dell'altra nella realtà dei fatti non lo sono. **Non è, infatti, possibile creare luci diverse a partire dallo stesso concio.** I conci, che apparentemente possono sembrare uguali, sono, in realtà, diversi nella dimensione e nella inclinazione delle facce. La verifica grafica può essere fatta costruendo archi concentrici di diversa luce tutti dello stesso spessore. Mantenendo infatti invariato lo spessore e il numero dei conci (ad es. 100 mm - *figura a fianco*) la costruzione porta ad avere blocchi diversi sia in termini di curvatura dell'intradosso che dell'estradosso oltre che di dimensioni diverse. Nel caso del prototipo oggetto di tesi una verifica di fattibilità può essere effettuata tentando di costruire un arco di luce maggiore con un blocco non pensato per quella determinata luce. **Si otterrebbero inevitabilmente delle situazioni approssimate rispetto all'intradosso e all'estradosso dell'arco** che, nel caso dei blocchi progettati, creerebbero delle interferenze tra i blocchi stessi ed una impossibilità tecnica di agganciarli con i tasselli”. (Davide Prati, 2019)



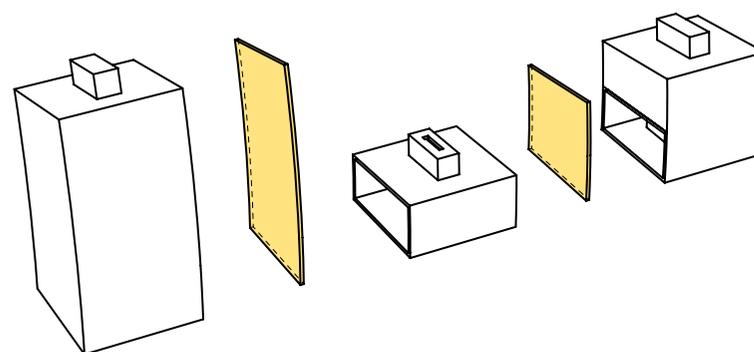
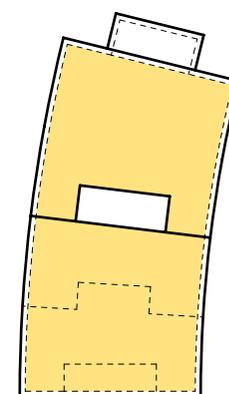
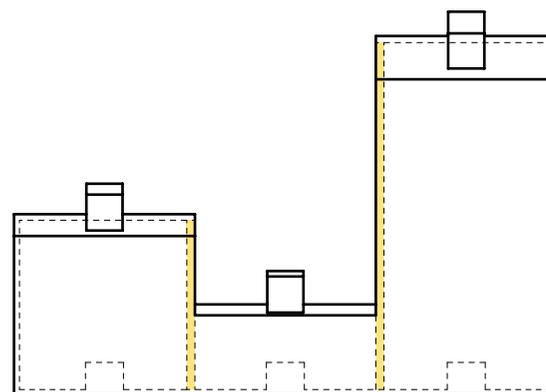
in alto a destra
Coperture e schemi costruttivi.
in basso a destra
Verifica delle proporzioni dei mattoni.

I supporti interni ai mattoni

Uno dei punti fondamentali del progetto è stato definire la composizione dei mattoni ed il loro relativo peso. Confermata la possibilità di ottenere facilmente pezzi diversi, in serie, in materiale bio-based attraverso lo stampaggio a iniezione si è dovuto stabilire le criticità del pezzo e procedere col trovare una soluzione economica, versatile e possibilmente realizzabile in fase di produzione aggiungendola al processo produttivo associato ai mattoni e non in una fase di post-produzione. Questo passaggio, ci consente di ottimizzare di gran lunga i tempi e i costi. Inoltre, si può intervenire in fase di progettazione e dunque anche il concetto di parametrizzazione viene rispettato.

I mattoni, leggeri e cavi, hanno uno spessore di soli 3 mm e rischiano di non supportare i carichi. In una prima variante (la seconda viene proposta nel capitolo 2. *Studio approfondito del sistema costruttivo proposto*) ha previsto l'aggiunta di supporti interni dello stesso spessore per garantire una maggiore stabilità dell'intera struttura sotto l'azione dei carichi ed evitare fenomeni di **torsione**. Per fare questo, vengono inserite in fase di progettazione delle "lastre" di spessore 3 mm in corrispondenza della zona di incastro, la zona più fragile e sotto carico.

Inoltre, gli innesti maschio-femmina di ancoraggio fra i mattoni, dovendo resistere a taglio (più che alle azioni di compressione e cioè ai carichi normali, che comunque saranno limitati) hanno una dimensione adeguata a sorreggere il peso e garantire un buon sistema di incastro. Questi sono parallelepipedi di misure 2x5x2 cm.



involucro esterno
W 10 H 24 D 30

involucro interno
W 7 H 21 D 27

tasselli ancoraggio
W 2 H 2 D 5

LEGENDA
WIDHT larghezza
HEIGHT altezza
DEPHT profondità
centimetri

2. Studio approfondito del sistema costruttivo proposto

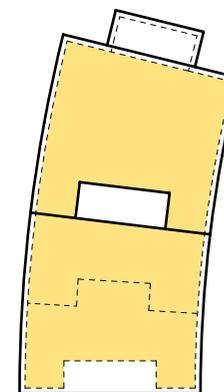
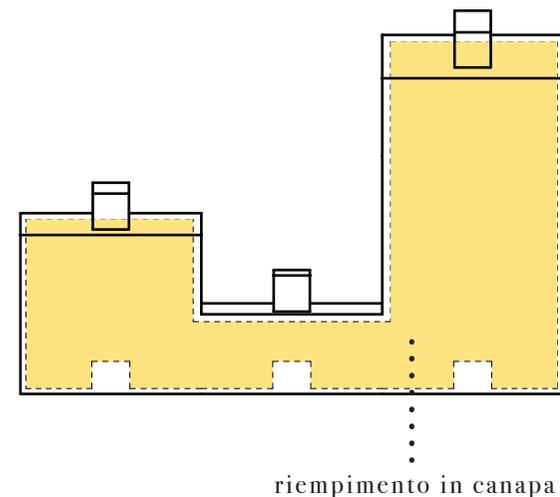
2.1 Concept

Una prima implementazione al progetto è stata fatta per risolvere le questioni legate alle prestazioni energetiche in regime invernale e all'aumento del peso dei singoli blocchi per garantire la resistenza ai carichi, senza raggiunta di supporti interni. Per poter offrire una soluzione adatta anche ai climi più rigidi, l'attenzione si è spostata sul materiale di isolamento interno piuttosto che sull'involucro del mattone. Da qui, parte una ricerca di tutti quelli che sono i materiali ecosostenibili utilizzati come isolanti termici o "cappotti" interni in architettura e edilizia. Di seguito, sono riportati alcuni dei riempimenti presi in considerazione, per poi giungere alla scelta finale.

Tra i materiali di origine naturale utilizzati come isolanti termici nell'edilizia troviamo:

- agglomerati di funghi;
- agglomerati di paglia;
- agglomerati di canapa;
- mattoni in paglia e cemento: completamente ignifughi, impermeabili, resistenti a termiti e parassiti, isolanti, fonoassorbenti, privi di emissioni nocive ed estremamente versatili;
- mattoni in calce e canapa, un esempio sono quelli del marchio *Hempcrete®*: materiale bio-composito composto da calcare, sabbia e canapa. Questi sono la scelta finale per il riempimento dei mattoni. "*Hempcrete®*" rappresenterebbe una scelta intelligente per l'assorbimento di CO₂ che, secondo il Green Building Council degli Stati Uniti, viene emessa per il 38% dagli edifici americani. La canapa assorbe CO₂ e rilascia ossigeno durante la sua crescita, oltre ad assorbire più CO₂ a causa del calcare e ad essere lentamente pietrificante (la sua densità è bassa e infatti deve essere usato in combinazione con un telaio di un altro materiale che può supportare il carico verticale nella costruzione dell'edificio) è resistente al fuoco, ignifuga, impermeabile, agisce come un buon isolante, non marcisce se usato in superficie ed è riciclabile al 100%. In più, nella sua demolizione, può essere usata come fertilizzante.

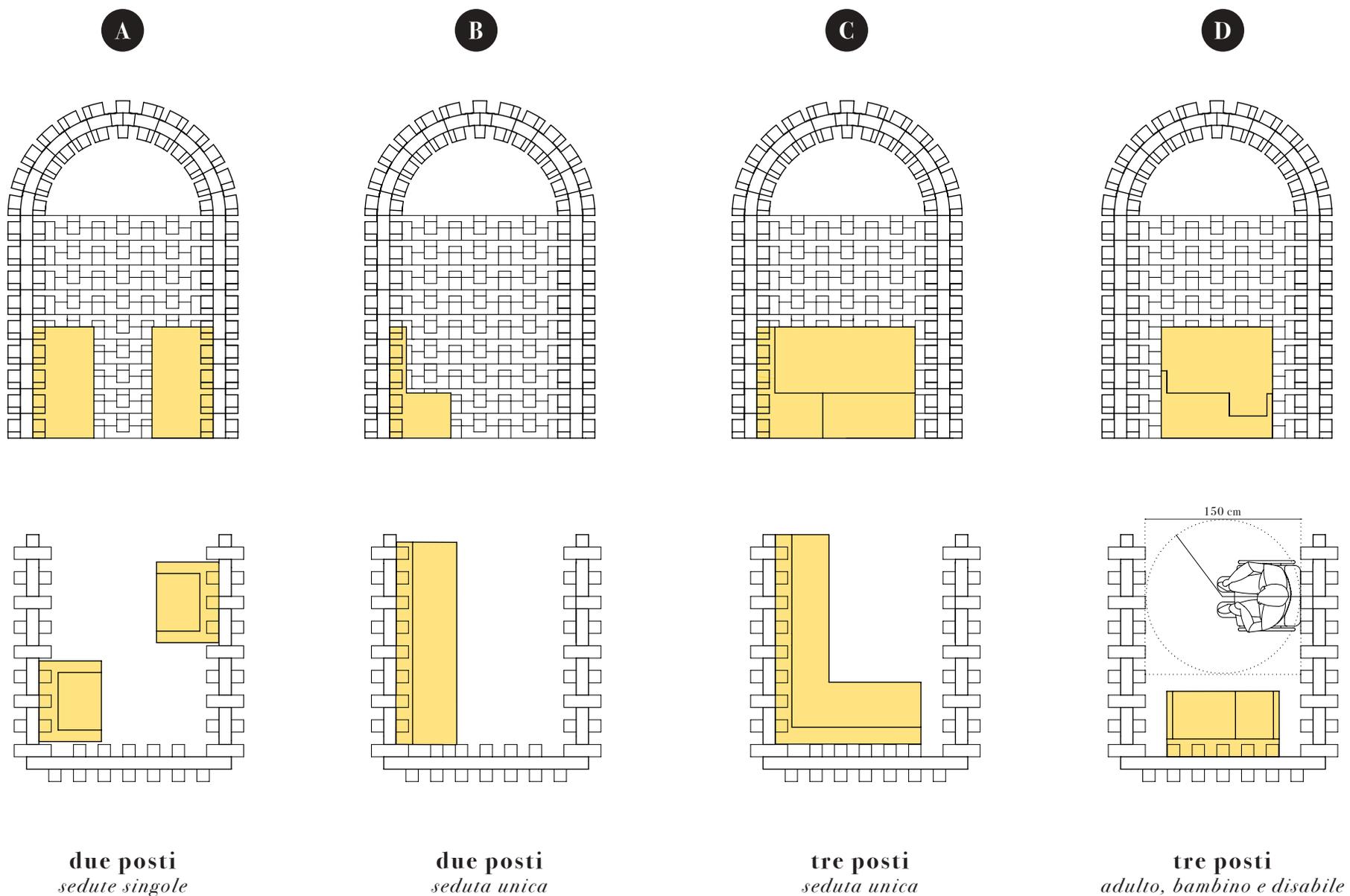
Tutto ciò si aggiunge al fatto che regola l'umidità e respira naturalmente, quindi non ingenera problemi legati alla formazione di muffa o all'umidità che spesso emergono durante le attività di costruzione". (Caira, 2014). Il riempimento in canapa (anche in aggiunta di calce) garantisce un buon isolamento dal freddo e dall'umidità e appesantisce il mattone che quindi diventa resistente ad altri agenti atmosferici (ventilazione elevata, tempeste, neve). Un aspetto fondamentale che garantirebbe l'introduzione del "cappotto" interno in canapa è, dunque, il contributo che darebbe nella riduzione di emissioni ad alto impatto ambientale. Nel caso in esame, la canapa rappresenta solo un rinforzo quindi non è necessario aggiungere la calce.



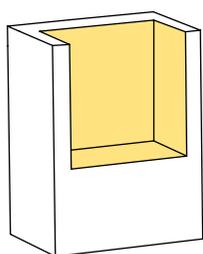
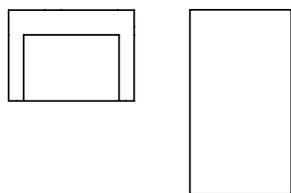
Le sedute

La seconda componente aggiuntiva al progetto risiede nell'offrire più varianti di sedute per il modulo che si vuole utilizzare come sala di lettura. Queste sono inglobate alla struttura e si adattano in base al numero di persone che deve ospitare. Tutti gli arredi del progetto sono completamente integrati con le pareti "bugnate" dei moduli e si caratterizzano per la loro modularità. Ciò significa che in base a quanti e a quali target di persone si vogliono rendere disponibili le sale di lettura, si potranno scegliere di conseguenza gli arredi più appropriati. Nel caso della micro sala per la lettura sono state studiate quattro tipologie di sedute per quattro differ-

enti target: bambino, adulto, anziano e disabile. Tutte le sedute hanno schienali alti e variano le loro geometrie in base al target. La tipologia *D*, ad esempio, può ospitare fino ad un massimo di tre persone ed è pensata per tre target diversi: un adulto, un bambino e un disabile. Lo si può capire dalle diverse altezze, dimensioni ed ingombri che assume. La porzione di panca più ampia è certamente per una persona adulta; nella porzione più piccola e più bassa può sedersi con facilità un bambino (2 - 5 anni); mentre lo spazio rimasto può accogliere una carrozzina per disabili dati gli spazi di manovra sufficienti (150x150 cm).

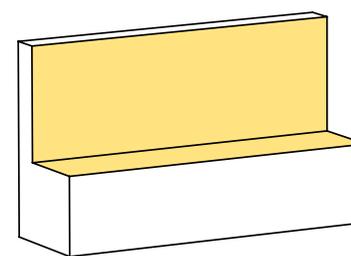
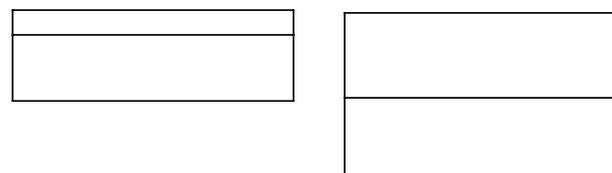


A



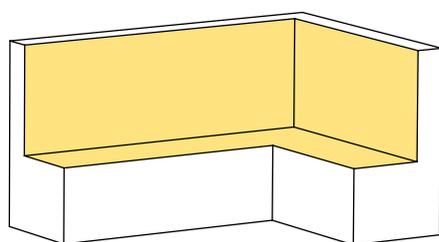
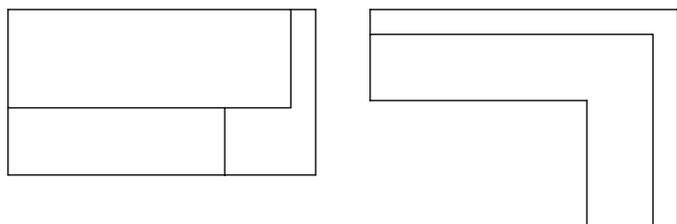
W 76 H 100 D 55

B



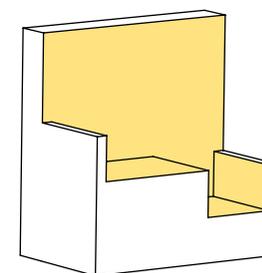
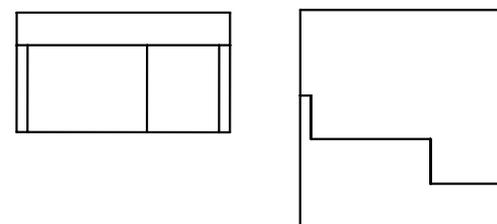
W 170 H 100 D 45

C



W 186 H 100 D 55

D

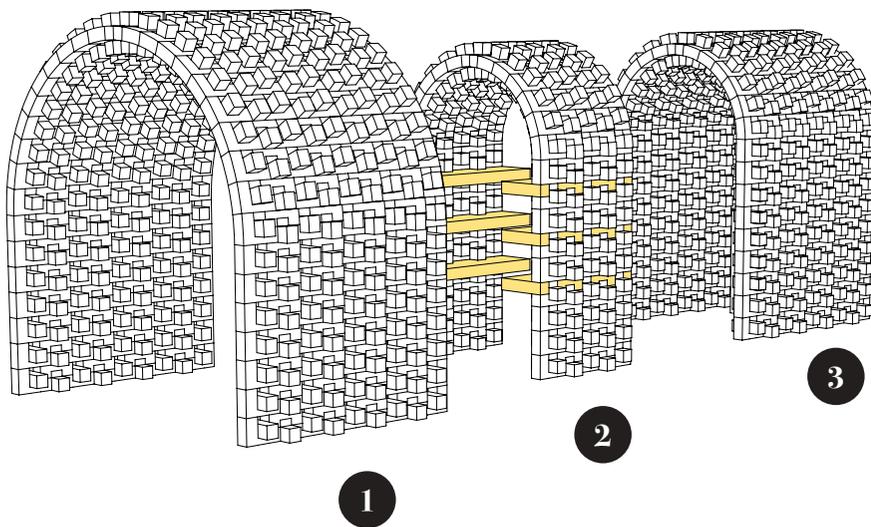


W 980 H 100 D 55

LEGENDA
WIDHT *larghezza*
HEIGHT *altezza*
DEPHT *profondità*
centimetri

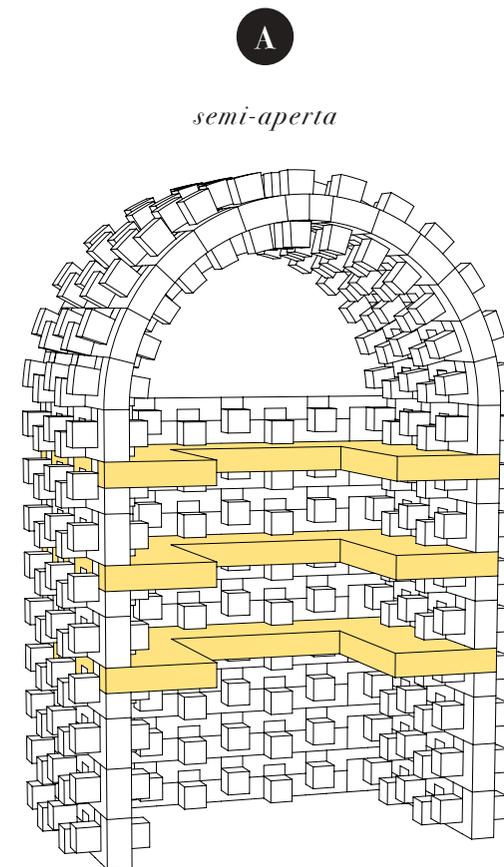
La scatola di libri

Un ulteriore sviluppo del progetto è quello inerente la scatola di libri o espositore. In base alle condizioni climatiche e alle richieste del determinato sito nel quale andranno disposte le scatole di libri, si possono avere due varianti aggiuntive a quella di base (completamente chiusa e senza entrate/uscite). La prima versione è chiamata “semi-aperta” e prevede l’apertura su un lato, quello frontale, per consentire all’utente di entrare all’interno del modulo e uscire dal solito lato. La versione “aperta” invece è priva di chiusure e consente il passaggio attraverso il complesso entrando da un lato ed uscendo dall’altro. In questa versione, le scaffalature non sono più a “C” ma sono mensole che si ancorano al resto della struttura e sono parte integrante del sistema costruttivo. L’espositore completamente aperto può essere previsto per quelle località caratterizzate dal clima mite e poco piovoso dato che la pioggia, specialmente se aggiunta a una forte ventilazione, potrebbe entrare facilmente all’interno limitando il buon mantenimento degli oggetti esposti. Dove previsto, quindi, il progetto può prevedere una diversa disposizione del modulo, eventualmente collocandolo in modo che rappresenti un “ponte” di passaggio da un modulo ad un altro.

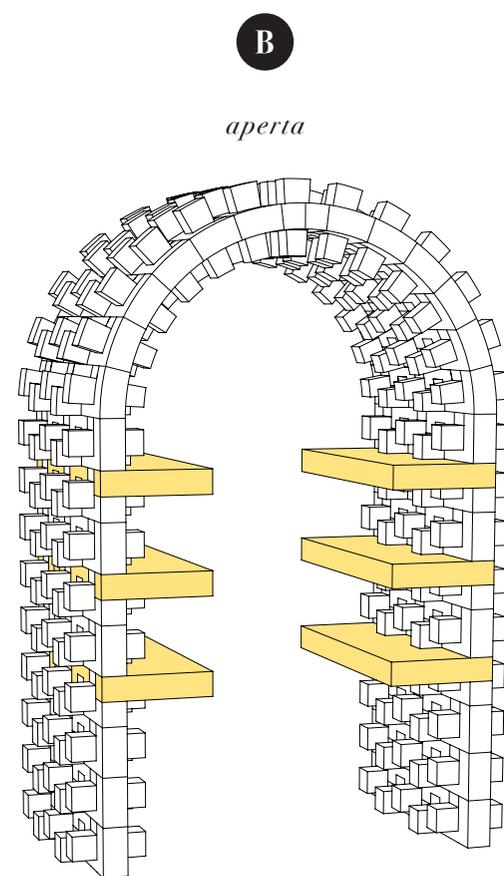


Creare esperienze d'uso

- 1** parcheggio bici
- 2** scelta libro
- 3** lettura



A
semi-aperta



B
aperta

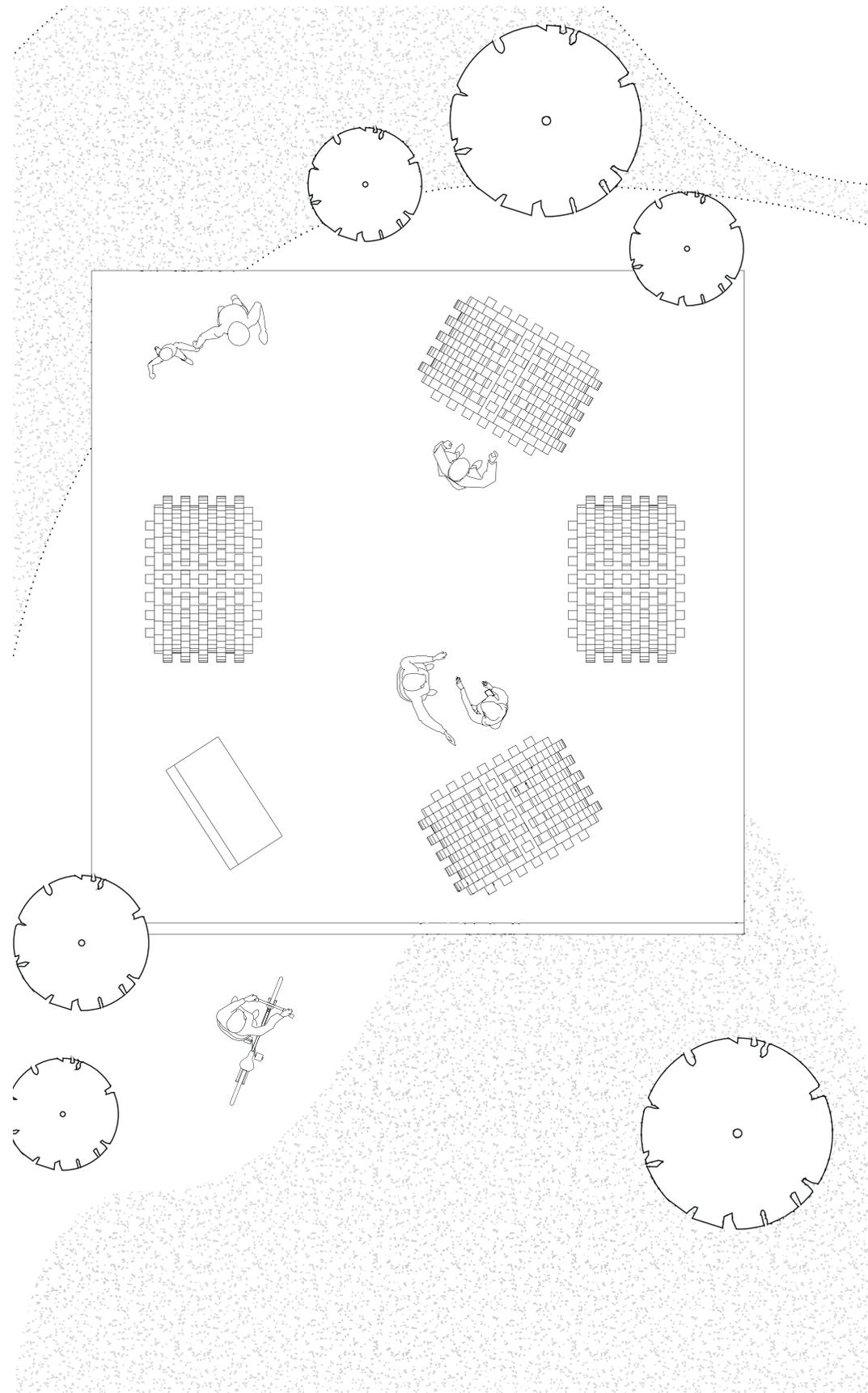
2.2 Strategie

Variabilità nella disposizioni dei moduli

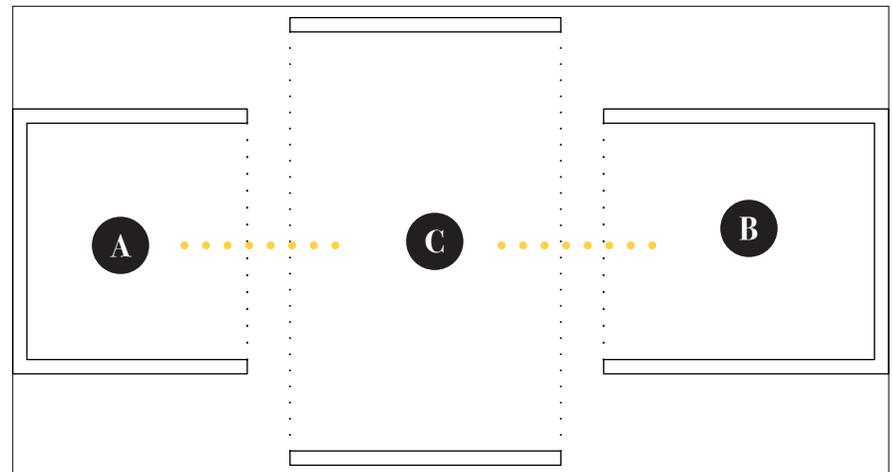
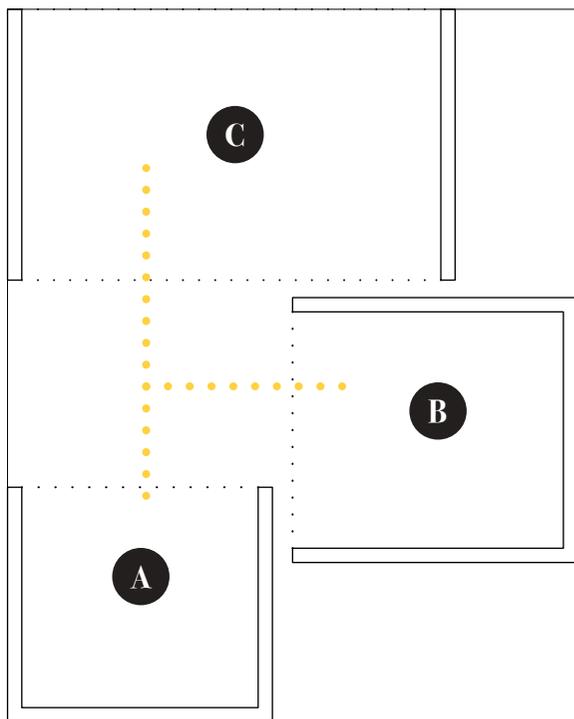
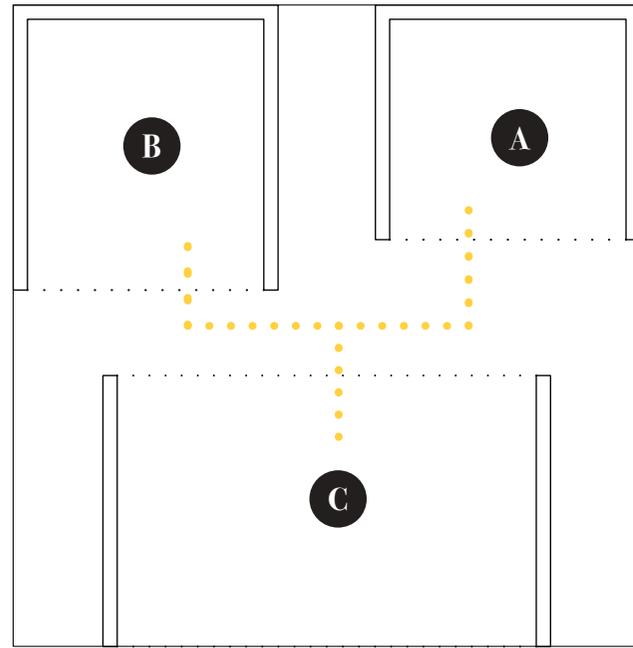
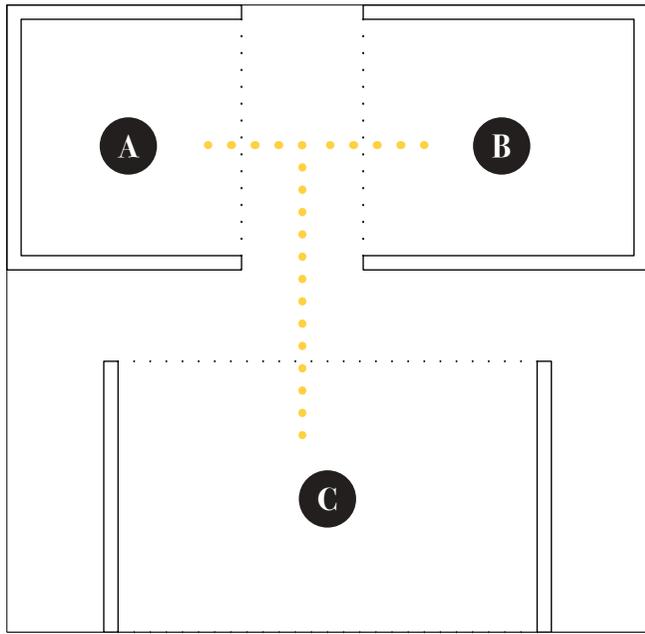
La collocazione dei moduli all'interno dei 20m² suggerita per il concorso è solo una delle infinite variabili che si possono avere. Come illustrato nei disegni a fianco, se si prendono in considerazione tre moduli di misure 3, 4 e 6 m², si possono ottenere varie configurazioni, pur rimanendo nei limiti sopra citati. La collocazione delle strutture, all'interno dello spazio limite a disposizione, avviene sempre con una logica: è importante considerare gli spazi di manovra e spazi di passaggio da un modulo all'altro. Inoltre, c'è una distinzione da non trascurare che riguarda il riparo o meno: nel caso in cui non si voglia un riparo dalla pioggia, non è necessario che i moduli siano posti ad una certa distanza tra loro; nel caso in cui, invece, si volesse realizzare un percorso coperto, la distanza che separa un modulo dall'altro diventa significativa. Per questo, quando si organizzano le disposizioni, bisogna verificare il sistema di **percorsi e aperture per la comunicazione fra i vari moduli**, così come i punti di ingresso e uscita. Le diverse varianti di disposizione dei moduli aumentano al variare delle dimensioni e degli ingombri massimi da rispettare. Nel caso in cui, ad esempio, l'area di intervento fosse maggiore (addirittura indefinita) i moduli possono essere disposti in modo da creare davvero una sorta di padiglione di grandi dimensioni.

Modularità e reversibilità

Non si escludono casi in cui ci sia il bisogno di avere molti utenti da accogliere o spazi per esporre/allestire in occasione di fiere o eventi periodici. In questo caso, basterà aumentare il numero di strutture, come ad esempio il portabici, e farne un altro uso. Questo, ad esempio, potrebbe svolgere non più la funzione di "stazione di sosta" per bici ma essere semplicemente uno spazio espositivo usato con un altro scopo. Anche le sale di lettura possono essere moltiplicate e rese parte di uno spazio che ospita un alto numero di utenti per eventi dove richiesto. Infine, ma non per importanza, la scatola di libri: è un modulo che può assumere le più svariate funzioni, con o senza scaffalature, ma l'uso più semplice che ne può essere fatto è come espositore. Il sistema progettato si conferma, ancora una volta, come soluzione per allestimenti temporanei e punti di incontro e socializzazione a basso impatto ambientale e distribuibili in base alle esigenze da soddisfare.



Esempio di una possibile variante dispositiva dei moduli.



..... *percorsi*
 *aperture*
 ——— *area limite*

A *modulo 3m²*
B *modulo 4m²*
C *modulo 6m²*

Interazione sociale ed esperienze d'uso

Dalla diversa disposizione dei moduli si possono ottenere molteplici esperienze d'uso. Negli esempi a fianco, sono stati ipotizzati due diversi contesti, entrambi a Bologna. La città "rossa" è famosa, tra le altre cose, per i suoi **portici** che rappresentano un importante patrimonio architettonico e culturale per la città e ne sono simbolo insieme alle numerose torri. Per via della loro rilevanza artistico-culturale, i portici bolognesi sono un bene culturale italiano candidato come "patrimonio dell'umanità" dell'UNESCO. Solamente il portico di San Luca misura 3.796 metri e consta di 666 arcate, rappresentando il portico più lungo del mondo. Il progetto *C'era una volta* si colloca bene in questo scenario: le volte creano un tutt'uno con i portici bolognesi e sono la loro rivisitazione moderna e innovativa. Il primo esempio può essere visto come un'esposizione per la presentazione di un tema/prodotto oppure può essere utilizzata come "biblioteca temporanea"; il secondo contesto, sotto, è un luogo di raccolta nei pressi di un parco pubblico o di una piazza. I moduli presi in considerazione in questo esempio sono gli stessi del progetto proposto: la scatola di libri di 3 mq e la sala per la lettura di 4 mq. Ciò che cambia è la quantità (nel primo caso sono quattro espositori, e non uno, mentre nel secondo caso sono tre). Il basamento, fondamentale per l'ancoraggio dei moduli, cambia a seconda delle dimensioni del padiglione. Non cambia, però, la sua composizione in travi in legno. Per ognuno dei due esempi sono state scelti due siti che potrebbero, idealmente, ospitare i due padiglioni temporanei.

La biblioteca temporanea ai Giardini Margherita a Bologna

Il padiglione contenente scatole di libri sparse per i Giardini ha come obiettivo quello di rappresentare una piccola biblioteca temporanea per poter scambiare libri e leggerli rilassandosi sui prati immensi del centro di Bologna. In passato, un padiglione era un piccolo edificio circolare, spesso a una sola stanza, situato all'esterno di un edificio principale. La biblioteca temporanea ne rispetta il principio: i moduli sono disposti seguendo un cerchio chiuso e definito che li rende comunicanti tra loro. Sebbene oggi, con il termine "padiglione" si intenda più genericamente una costruzione, provvisoria o definitiva, a volte modulare, il concetto che sta alla base rimane comunque la possibilità di utilizzarlo a posteriori, quindi in aggiunta ad un edificio già esistente, a formare un complesso utilizzato in avvenimenti fieristici o mostre. La biblioteca nasce come istituzione culturale finalizzata a soddisfare bisogni informativi come lo studio e l'aggiornamento professionale realizzato sulla base di una raccolta organizzata di sup-

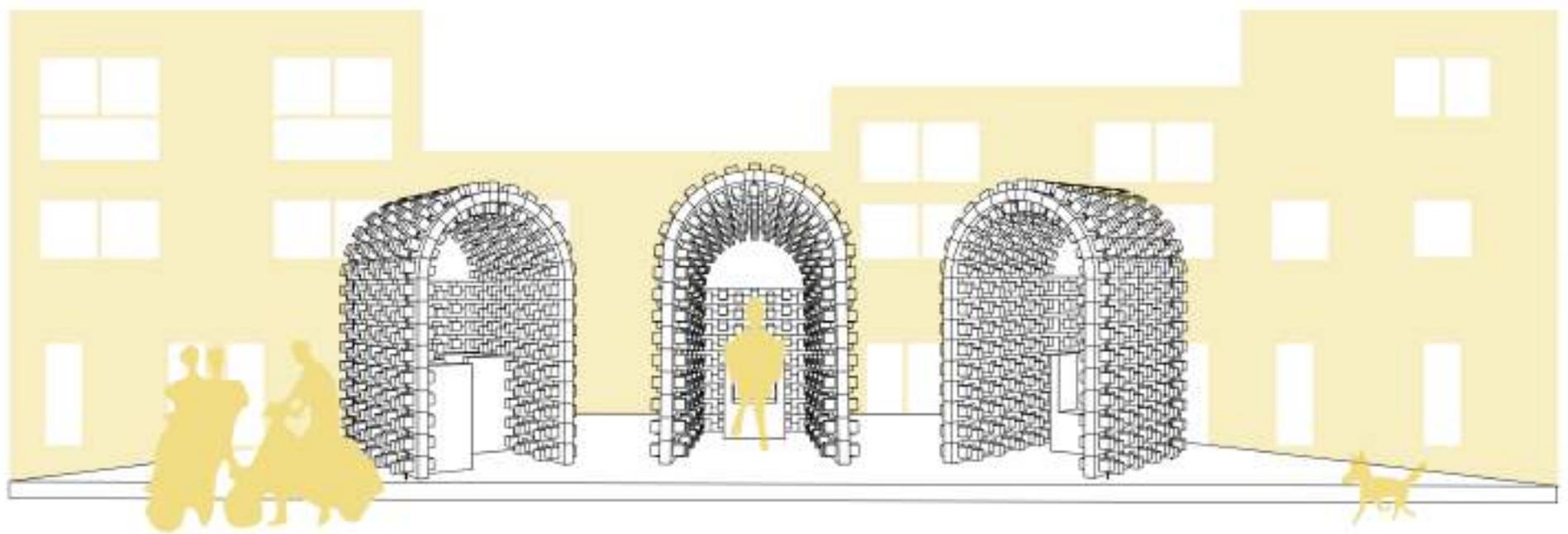
porti delle informazioni, fisici (libri) o digitali. Nonostante l'avvento della tecnologia e la forte influenza che ha soprattutto sui giovani, le biblioteche rimangono un luogo molto frequentato per svariati motivi: la documentazione attraverso bibliografie di ogni genere, l'istruzione all'uso delle raccolte e dei servizi, la conservazione e fruizione di aule studio o addirittura le generiche attività culturali che si possono trovare all'interno. Per questo, la biblioteca temporanea si propone come luogo di scambio e sapere aperto a chiunque.

Il centro sociale in Piazza Verdi a Bologna

I centri sociali sono strutture gestite da organizzazioni volte a dare servizi socialmente utili, ricreativi o culturali. La maggior parte delle volte, nascono dopo l'occupazione di uno spazio pubblico, privato o abbandonato, per dare supporto a gruppi di minoranza come i senzatetto o i rifugiati, fornendo attività ed iniziative più disparate come il servizio bar, il free-shop, libero utilizzo di computer, graffiti, servizi collettivi e pernottamento gratuito per viaggiatori. I servizi offerti da un centro sociale sono spesso determinati dalle necessità del quartiere e dalle possibilità e capacità offerte da chi vi partecipa. In alcuni casi, essi rappresentano anche fenomeni di aggregazione politica. Molto spesso i centri sociali nascono dalla cosiddetta "riappropriazione (o liberazione) degli spazi", che consiste nell'occupazione di stabili spesso dismessi. In tempi più recenti gli enti locali hanno cominciato a legalizzare alcuni centri sociali occupati affidandoli agli occupanti stessi (oppure ad assegnare stabili ad associazioni senza dimora che ne fanno uso), in modo da responsabilizzarne i "gestori". Ben Franks e Ruth Kinna hanno scritto che "lo sviluppo dei centri sociali, che sono un perno per la cultura e per le attività culturali tanto quanto le più comuni sedi per l'organizzazione politica convenzionale, ebbero un ruolo stabile (e crescente) nella scena della politica radicale britannica, spesso guidata dagli architetti". (B. Franks, R. Kinna, 2014). Il progetto vuole rivalorizzare le piazze e i centri storici degradati. Piazza Verdi a Bologna è forse la piazza più malfamata nonostante sia utilizzata, nel periodo estivo, per manifestazioni culturali all'aperto. "Il problema", come afferma Matteo Lepore, assessore dell'Economia e della promozione della Città, "è la sicurezza. Vi sono tre maggiori criticità: un'alta conflittualità, un'offerta culturale solo chiusa nei palazzi e il problema dello spaccio. [...] Se la collocazione dei bar non ha funzionato, penso possa esserci più spazio per la cultura con mostre e musica. **Si potranno fare iniziative culturali, ristorazione, mostre, attività che oggi non sono immaginabili perché è giusto un vincolo che lambisce il teatro**". (F. Blesio, 2019)

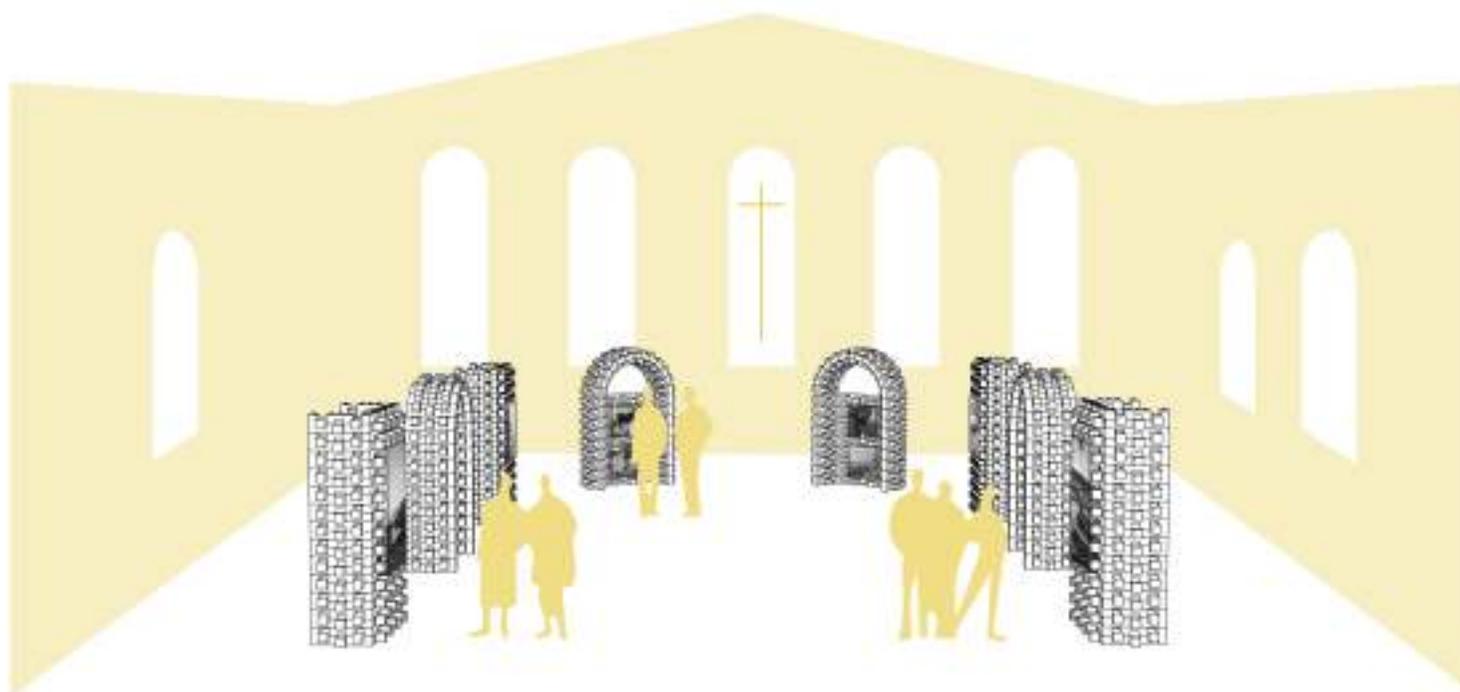


La biblioteca temporanea ai Giardini Margherita



Il centro sociale in Piazza Verdi

in alto e in basso
Esempi di interazione sociale ed esperienze d'uso.

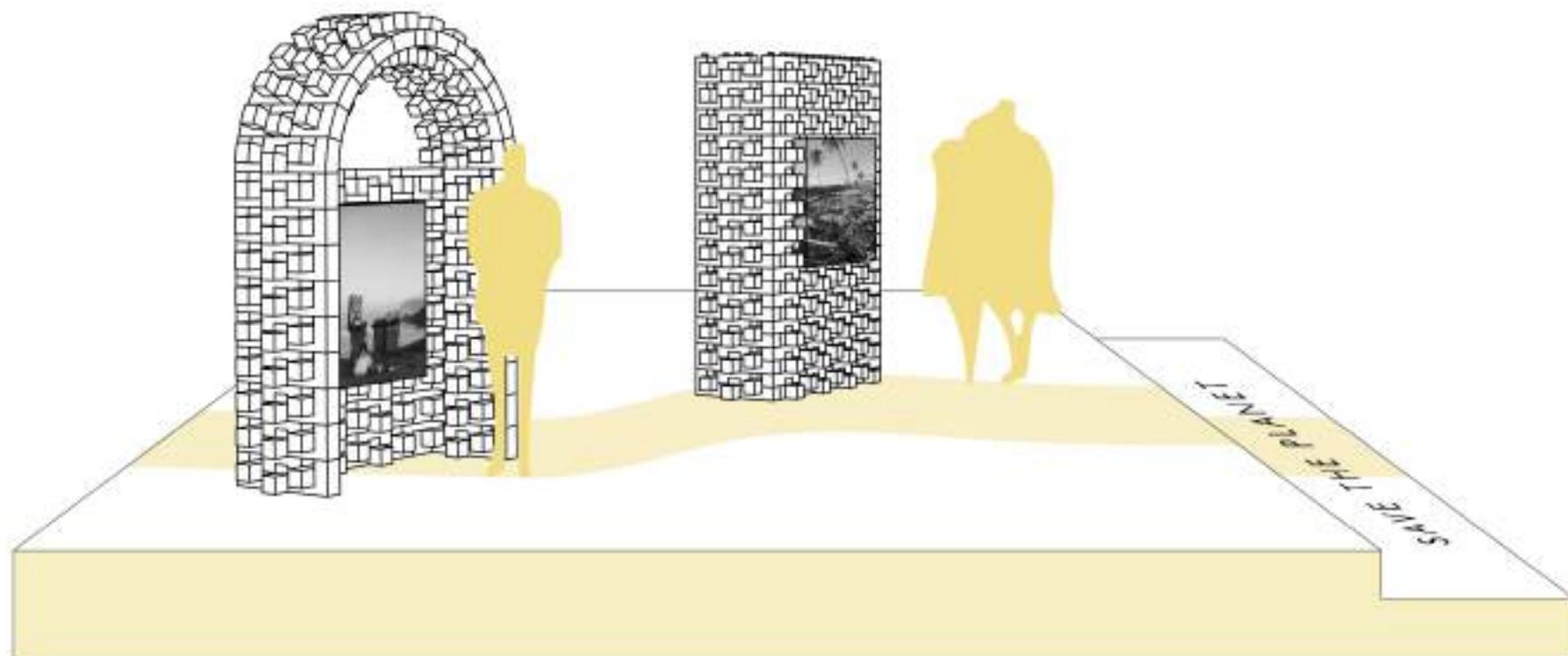


in alto
Foto dell'interno della Pieve di San Giovanni Battista.
in basso
Esempio dell'allestimento per una mostra fotografica.

La mostra fotografica nella Pieve di San Giovanni Battista a San Giovanni Valdarno

Come possiamo vedere dalla reversibilità della struttura, i moduli a volta non sono collocabili solamente all'esterno ma anche in ambienti chiusi, come l'interno di una chiesa, di un oratorio, di una vecchia fabbrica, di una manifattura o di un complesso adibito ad eventi culturali e fieristici. San Giovanni Valdarno, in provincia di Arezzo, è la città natale di Masaccio ed è una piccola cittadina in cui gli eventi culturali e musicali non mancano. Si è pensato di offrire un sistema alternativo ma valido all'allestimento di eventi all'interno della Pieve di San Giovanni Battista. Questa è un edificio sacro situato in piazza Cavour, nel centro della città. Eretta nel 1312, è stata più volte ristrutturata nel corso dei secoli e presenta una semplice facciata introdotta da un portico a tre arcate, rialzato su gradini. L'interno, molto semplice e spoglio, è ad unica navata rettangolare con soffitto a capriate lignee. L'associazione Pro Loco di San Giovanni Valdarno nasce nel 1998, con lo scopo di "valorizzare la città con iniziative culturali, sociali, turistiche, tradizionali ed economiche. È un'associazione composta da cittadini, fondata principalmente sul volontariato e che svolge

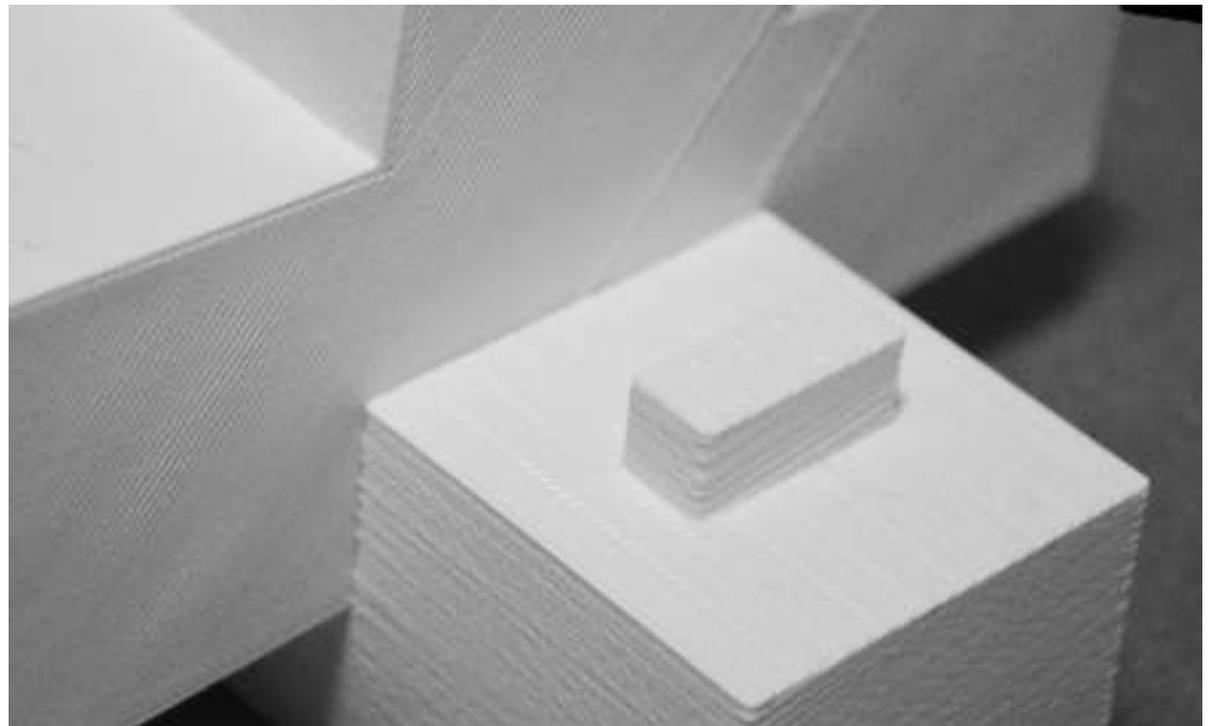
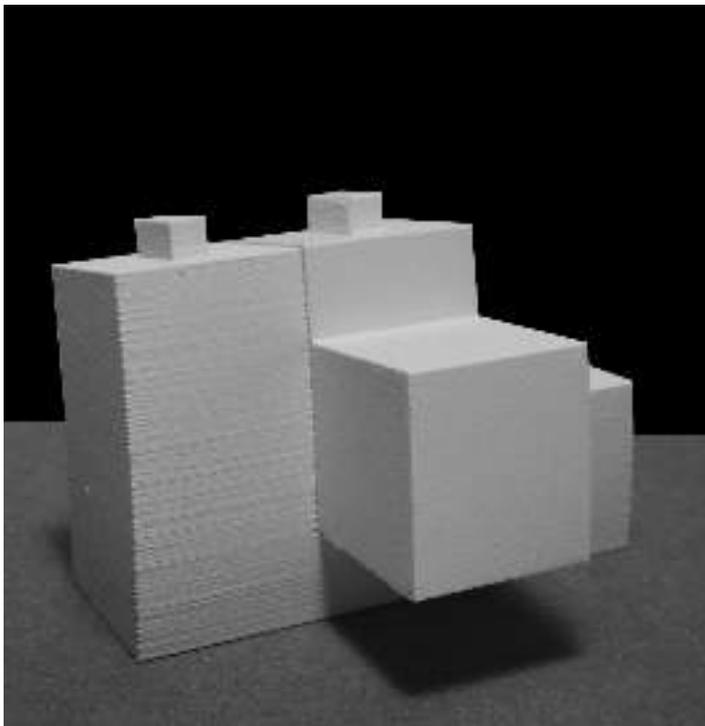
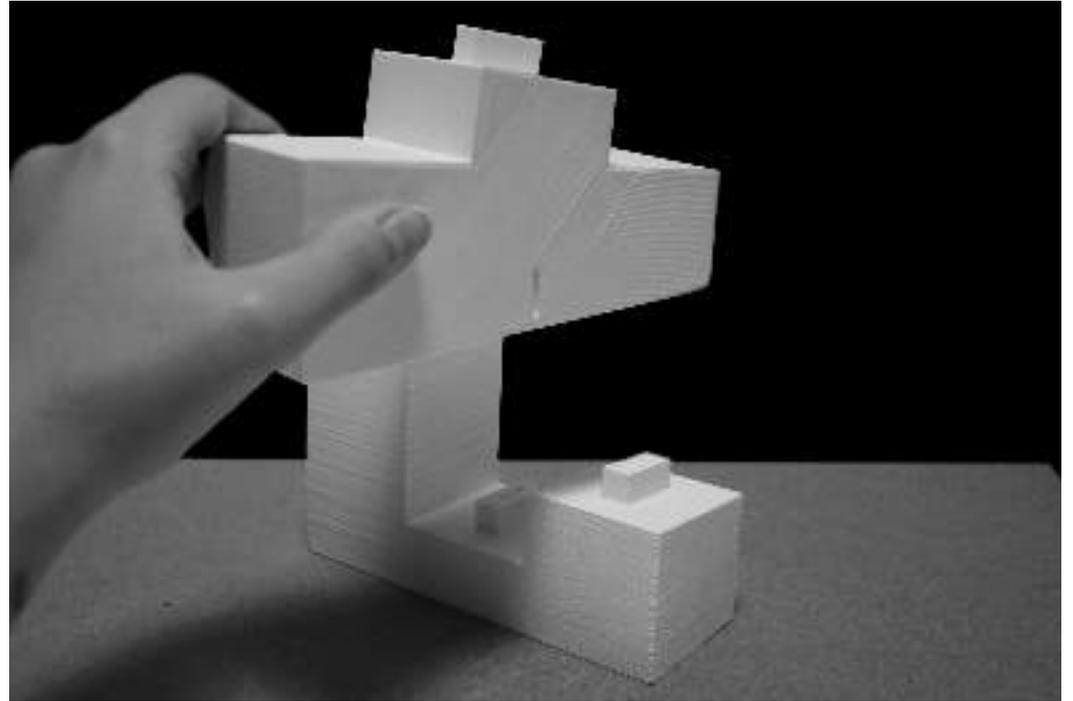
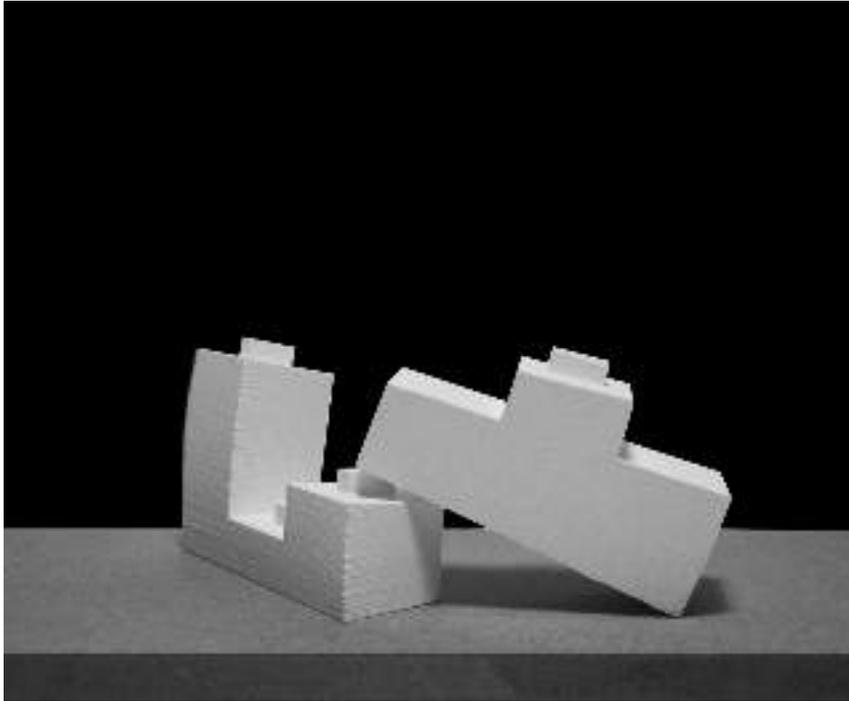
attività ricreative, culturali e turistiche finalizzate alla valorizzazione del territorio e della popolazione. La Pieve è uno dei luoghi scelti più spesso dall'Associazione per organizzare concerti di musica o mostre fotografiche poiché, ad oggi, non è più utilizzata per funzioni religiose ma è stata trasformata in spazio espositivo. Proponiamo un possibile allestimento in occasione di una mostra fotografica, chiamata "Save the Planet", utilizzando le pareti verticali, traforate e non, come espositori a cui appendere le fotografie o le cornici. Nel caso in esame, è stato preso in considerazione il modulo della Sala di lettura e quello del Portabici. Fondendoli, ne risultano due espositori diversi tra loro: il primo è una parete verticale con pareti trasversali per garantire stabilità, mentre il secondo è un espositore chiuso con la copertura ad arco. Le fotografie, o le cornici, potranno essere facilmente appese agli stessi mattoni assicurandosi di realizzare pannelli cavi sul retro. Anche qui può essere previsto un basamento per l'ancoraggio dei tiranti e sul pavimento un tratto che evidenzia la successione dei moduli e indichi il percorso da seguire lungo la mostra.



Dettaglio della variante d'uso dei moduli per la mostra fotografica *Save the planet*.

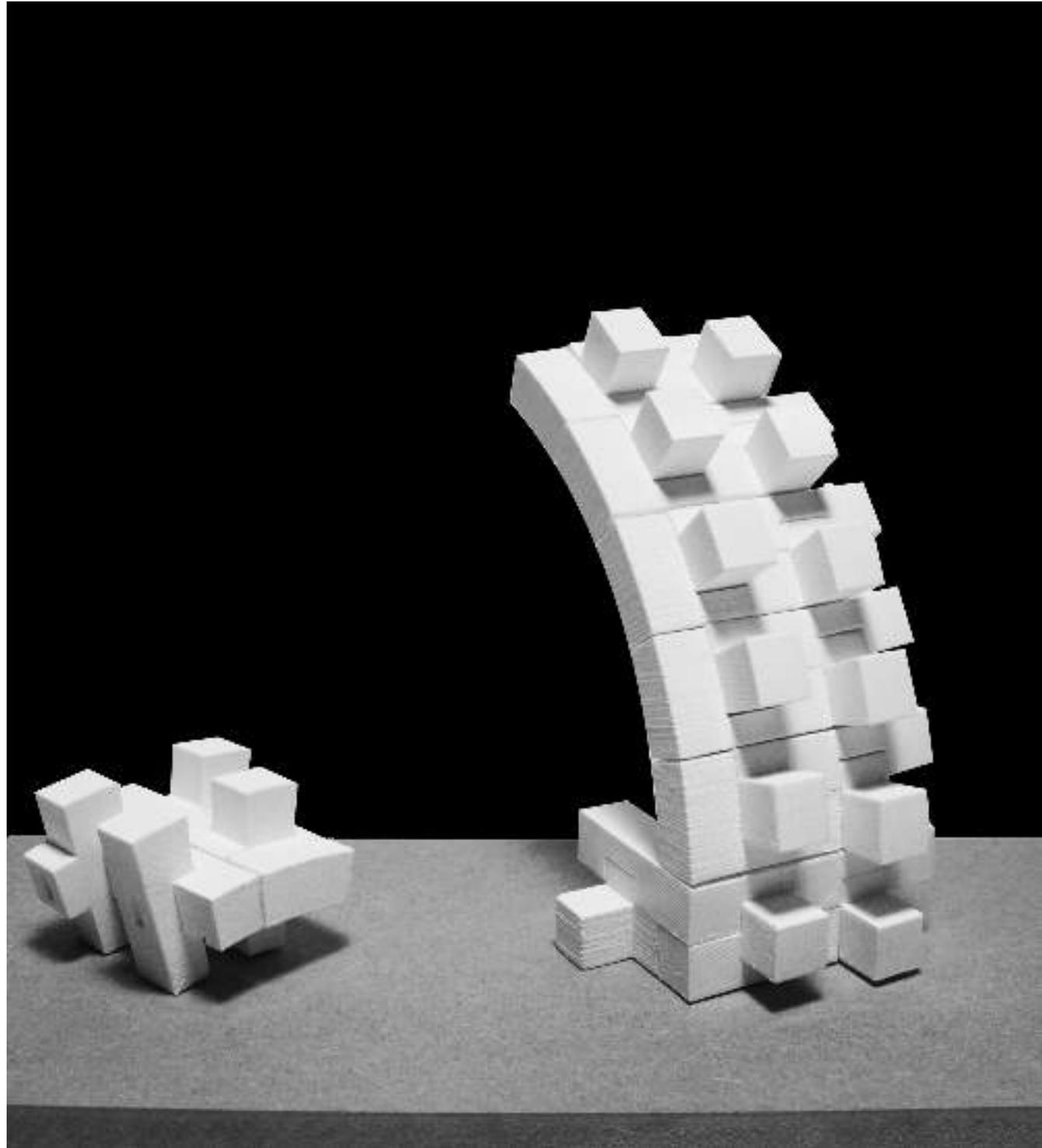
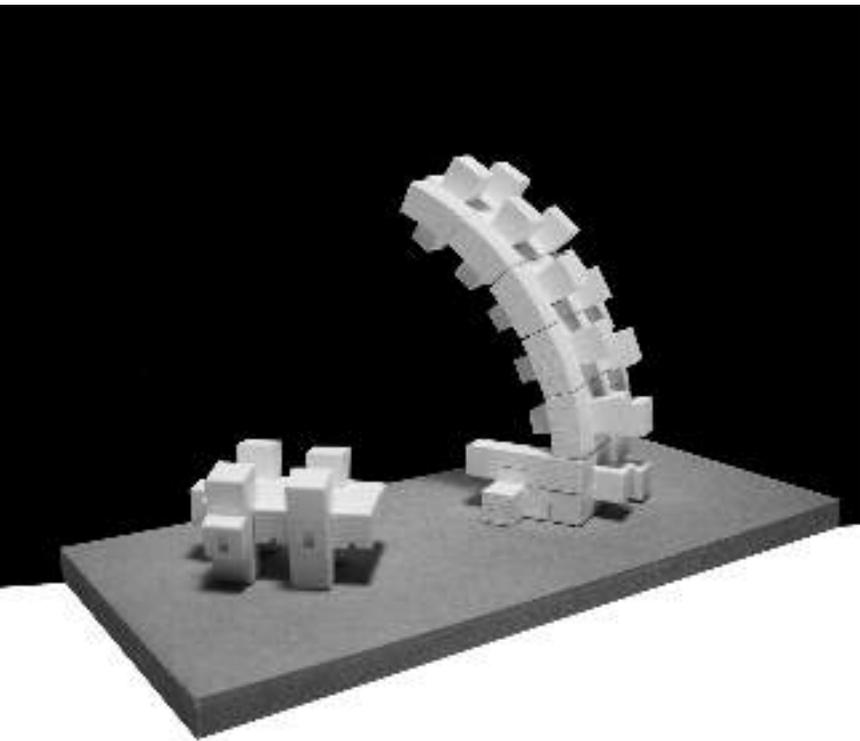
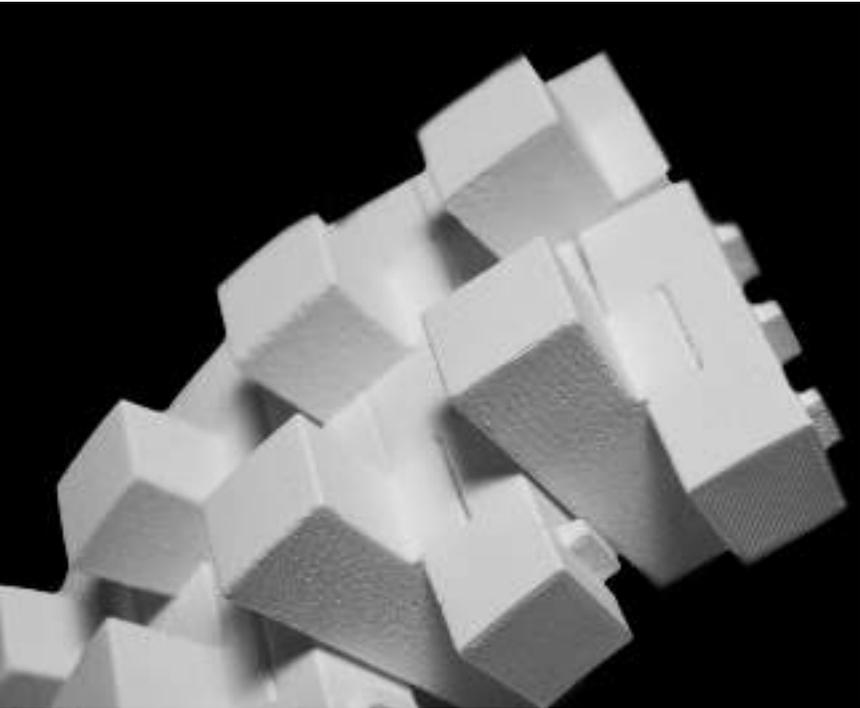
Prototipazione

1. Realizzazione del prototipo in scala 1:2



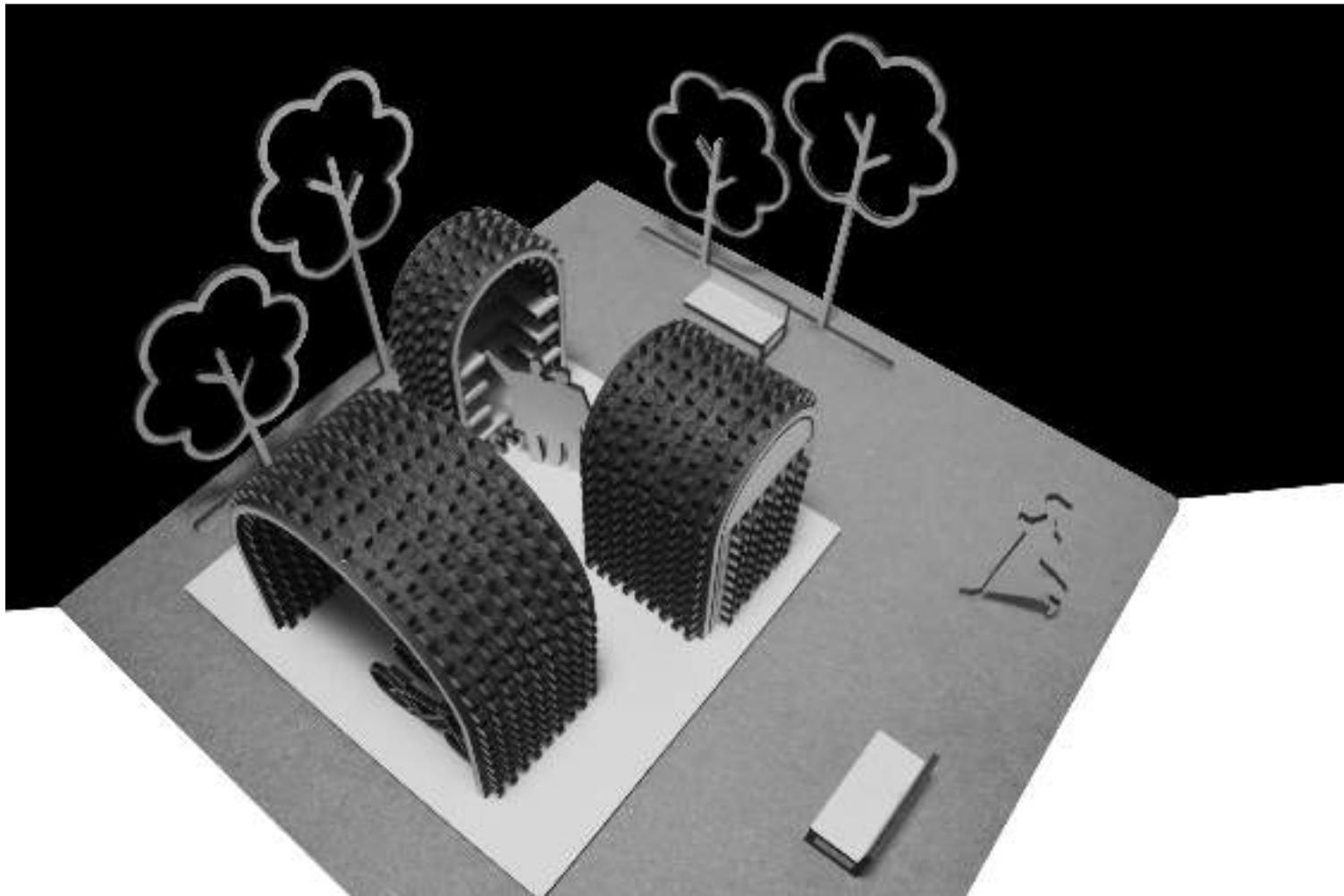
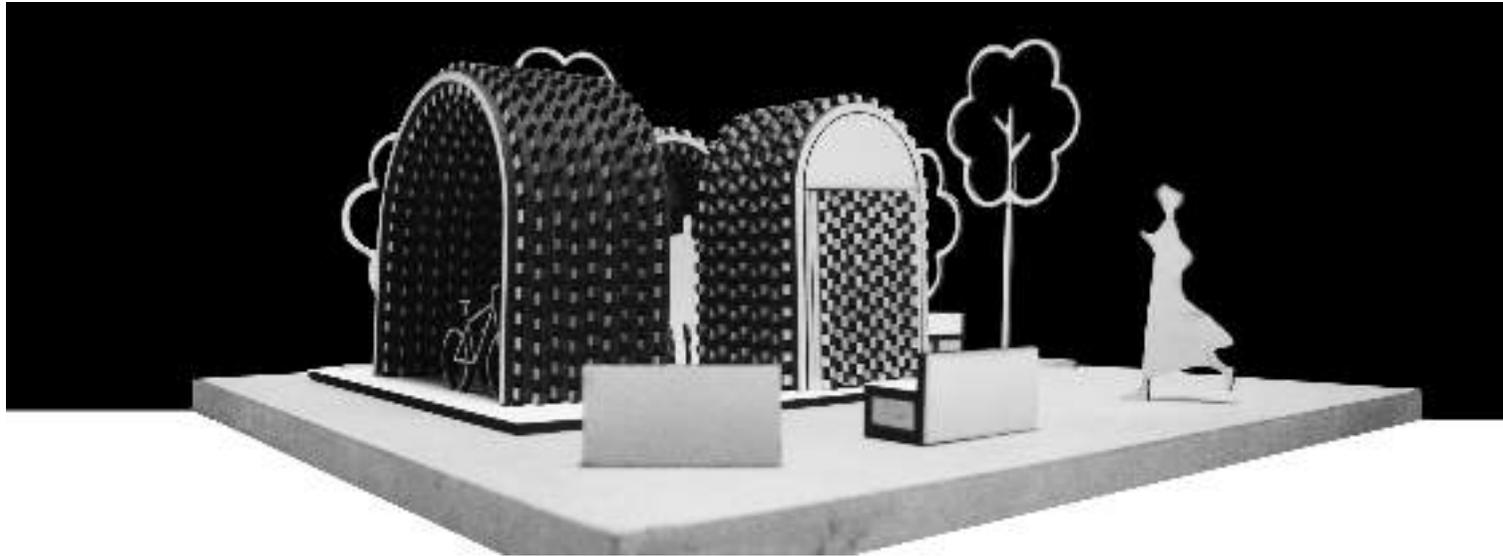
Prototipi di mattoni in PLA realizzati con 3D printing in scala 1:2.

2. Realizzazione del prototipo in scala 1:5



Prototipi di mattoni in PLA realizzati in 3D printing in scala 1:5.

3. Realizzazione del plastico in scala 1:20



Aggregazione di moduli in cartongesso in scala 1:20.

4. Verifica di fattibilità e messa in opera

Ciclo di produzione

Dalla progettazione CAD del sistema costruttivo e del complesso, si passa ad una prima prototipazione degli elementi che lo compongono. La prototipazione è utile per verificare che il sistema progettato sia fattibile e compatibile con la produzione reale, in serie, e per capire quali siano gli ingombri e le dimensioni generali. Questa viene fatta solitamente con la stampante 3D, che consente di ottenere i prodotti disegnati in poco tempo e con una discreta precisione, ad un costo decisamente basso. Il primo prototipo non è necessariamente realizzato con il materiale effettivo.

Il passo successivo consiste nella verifica della resistenza del mattone e di eventuali difetti progettuali (in particolare, la resistenza sotto l'azione dei carichi e la resistenza all'usura). Per questo serve un prototipo che sia delle dimensioni effettive e realizzato con il materiale finale scelto. La verifica viene fatta con appositi strumenti studiati per mettere il provino sotto ad uno sforzo costante a temperature e tempi determinati. Si ottengono indici di snervamento e sforzi a rottura che indicano se il prodotto è consono alla produzione in serie oppure no. Se il prototipo risponde ai requisiti prefissati, si può passare alla produzione. Nella produzione vera e propria, in scala reale, per poter ottenere finiture e colori che si avvicinino al modello pensato e progettato, si procede con l'assegnazione del colore seguendo la scala di colori RAL, la più utilizzata come riferimento dei colori per lo stampaggio di materie plastiche. L'assegnazione può essere attribuita andando a vedere quali sono i codici che più si avvicinano ai colori definiti in fase di progetto e facendo una verifica di stampa.

Nota: lo stampaggio a iniezione assistito da gas prevede la realizzazione di uno stampo in metallo (o alluminio, più economico, nei casi in cui il numero di pezzi da stampare non sia elevato) cui costi sono piuttosto alti, soprattutto se si considera il numero di stampi diversi da realizzare (30 mattoni diversi). Questo, però, va aggiunto al fatto che di stampi ne servirebbero solamente 30 che non realizzano pezzi unici, bensì una serie di mattoni che sono nell'ordine delle migliaia (se si considerano tre moduli, parliamo di 1757 pezzi). Il materiale, tra l'altro, costa molto poco ed è facilmente reperibile, quindi compensa il costo dello stampo. Siamo pienamente in tema "produzione in serie su larga scala", per

cui possiamo confermare che il processo nell'insieme, se preso in considerazione per produzioni in serie su larga scala, è il più idoneo e conveniente.

Analisi indicativa dei costi

Non sapendo quale possa essere il costo di produzione dei mattoni in serie, ci siamo basati sui dati noti circa il costo del materiale [€/Kg] e il peso dei singoli mattoni [Kg] per fare una stima del costo totale dell'opera.

Il HDPE bio-based costa il 50% in più del PE convenzionale (che a sua volta viene venduto a 1€/Kg) quindi il prezzo del materiale bio-based è di 1,50€/Kg. Per poter calcolare il costo di un solo mattone (manodopera esclusa) è necessario sapere il peso dell'oggetto. Per comodità, prendiamo a riferimento un mattone specifico, quello allungato che chiude la copertura, che misura circa 30x10x15 cm e che ha le seguenti caratteristiche:

mattone pieno

dimensioni 30x10x15,6 cm
volume di 4680 cm^3

mattone interno (ridotto di 3mm di spessore)

dimensioni 29x9,4x14,9 cm
volume di 4062 cm^3

mattone cavo (differenza) volume di 618 cm^3

peso $618 \text{ cm}^3 \times 0,9 \text{ Kg/cm}^3 = 550 \text{ gr}$ (peso del mattone cavo)

costo mattone cavo singolo $0.550 \text{ Kg} \times 1,50\text{€} = 0,80\text{€}$

totale mattoni (tre moduli di 3, 4 e 6 m²) = 1757 pezzi

Nel costo indicativo non vengono presi in considerazione i seguenti fattori: costi di produzione, costo dei tiranti e costo della manodopera per l'assemblaggio in situ. Considerando, quindi, un complesso composto da tre moduli delle dimensioni di cui sopra, possiamo stimare un costo complessivo dell'opera in soli mattoni di circa

1.405,60€

Lotti della parete verticale

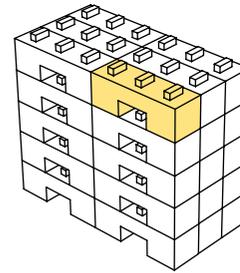
Packaging

Per poter rendere semplice e intuitivo l'assemblaggio dei mattoni in situ è stato pensato un metodo di classificazione e raggruppamento dei singoli pezzi per *porzione* di modulo (ad es. parete verticale/copertura portabici) che vengono imballati e trasportati nella luogo di destinazione. In questo modo, il sollevamento e il trasporto dei lotti non è invasivo e la messa in opera dei pezzi è chiara e veloce. Ogni lotto è identificato da una lettera (*A, B, C* ecc..) che corrisponde alla porzione di modulo di cui fanno parte i mattoni. Ad esempio, il lotto *A* è quello che contiene i mattoni numero *1* della parete verticale; il lotto *B* è costituito dai mattoni numero *2*, sempre della parete verticale. L'addetto all'assemblaggio troverà scritto, nel manuale di istruzioni, che i mattoni *1* del lotto *A* corrispondono ai mattoni *2* del lotto *B*. E così via.

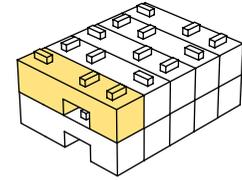
Messa in opera

La messa in opera dei mattoni ha come obiettivo quello di essere il meno dispendioso di tempo possibile. Questo è possibile creando un "*manuale di istruzioni*" che l'addetto all'assemblaggio potrà consultare per velocizzare il lavoro che, dato il numero elevato di pezzi, rischierebbe di diventare lungo e stancante.

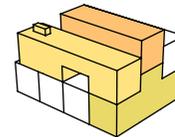
Una volta che i lotti di ogni modulo giungono a destinazione, ha inizio la fase di assemblaggio, che avviene in situ. Ogni mattone è classificato con un numero che non è unico ma coincide con quello di un altro mattone, ossia il suo corrispondente. Nell'esempio mostrato di fianco, si possono vedere le classificazione dei mattoni di un lotto qualunque e la loro corrispondenza. Il mattone *1* viene incastrato al mattone *1* (del lotto, ad esempio, chiamato *A*) in modo da ottenere il concio *1*. La stessa cosa viene fatta con i pezzi che seguono, secondo un ordine ovviamente, fino ad ottenere tutti i concii suddivisi per lettera che daranno l'intera porzione di modulo (in questo caso, la parete verticale).



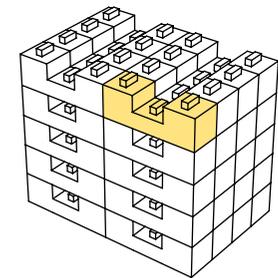
A



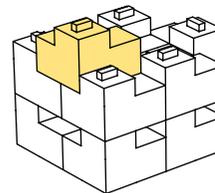
E



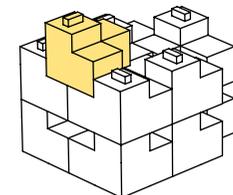
B



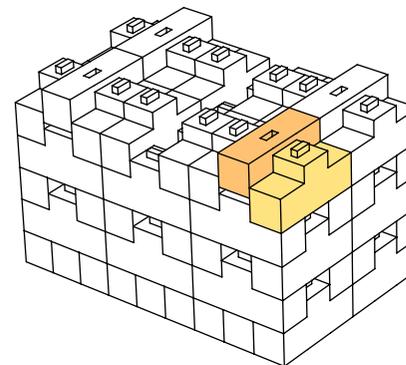
F



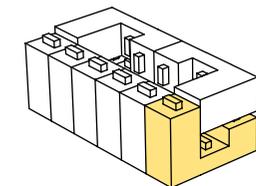
C



G

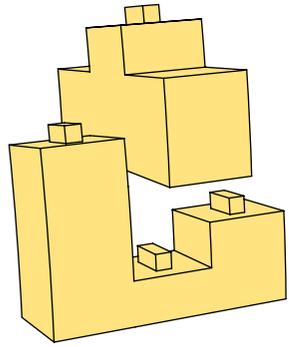


D

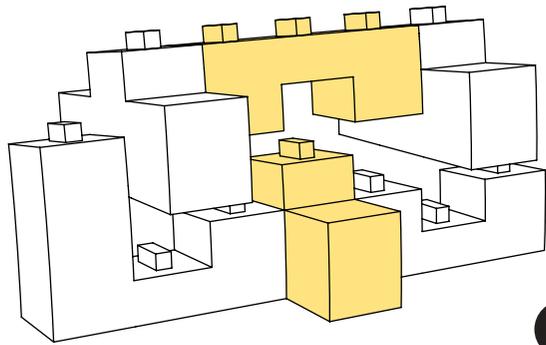


H

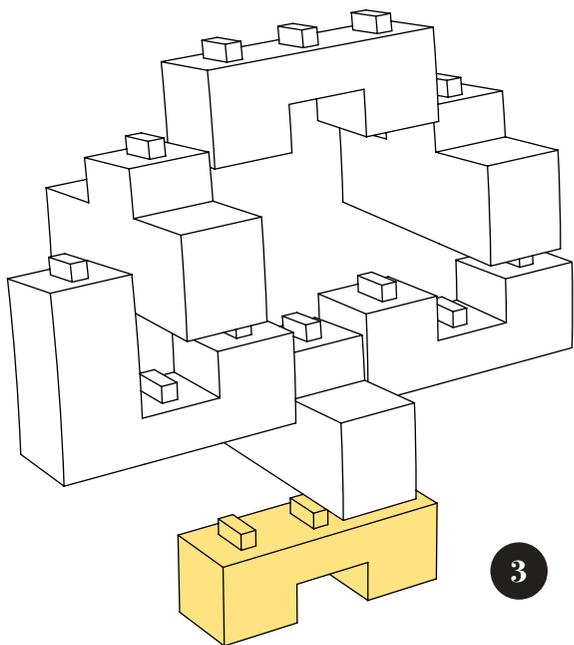
Classificazione



1 + 1

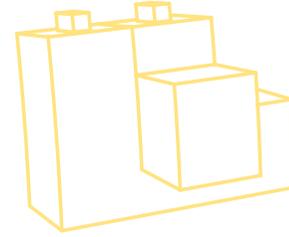


2 + 2

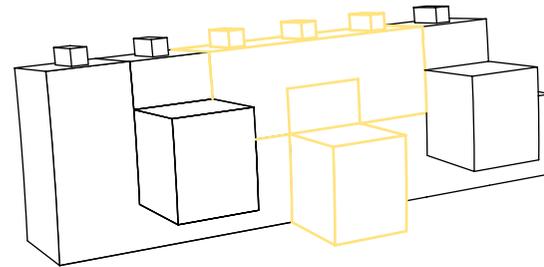


3

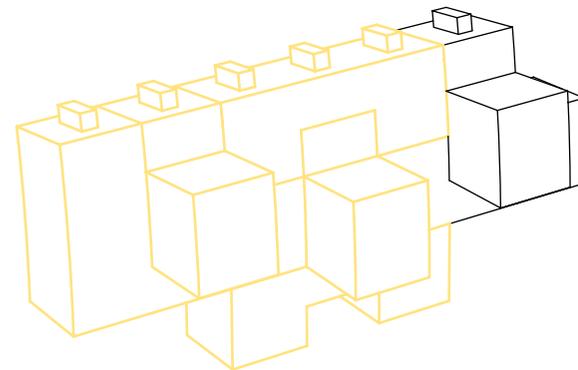
Assemblaggio



concio 1



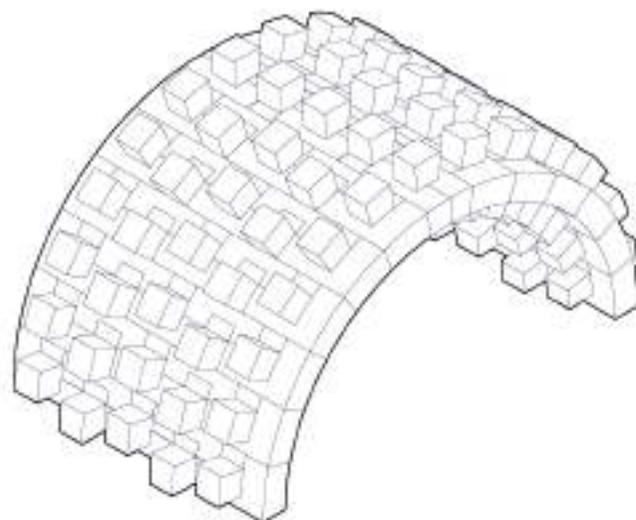
concio 2



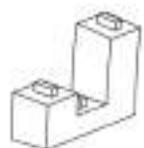
concio 1 + 2 + 3

ISTRUZIONI DI MONTAGGIO

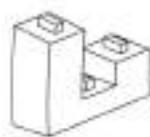
copertura scatola di libri



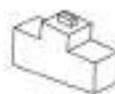
ABACO DEGLI ELEMENTI



LEMI
12x



LEM2
12x



LEM3
60x



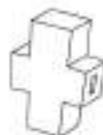
LEM4
24x



LEM5
12x



LEM6
6x



LEM7
2x

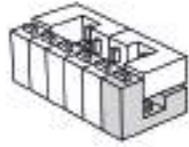


LEM8
3x

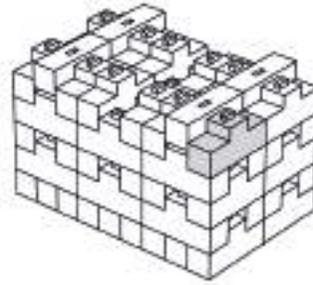
C'era una volta

1

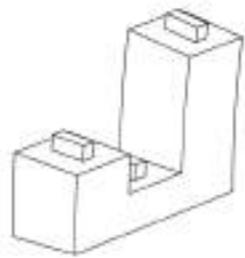
LAM1
+
LCM3



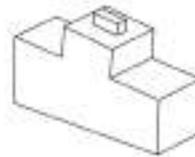
LA



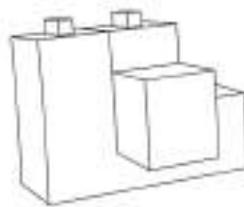
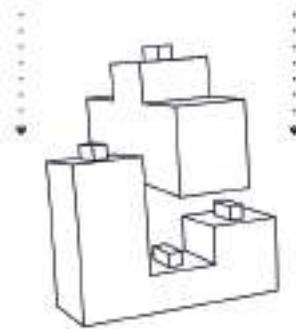
LC



LAM1



LCM3



C'era una volta

Conclusioni

Il progetto si colloca nel contesto del design per l'interazione sociale. Tra i punti di forza principali va sicuramente citata la facilità con cui si possono ottenere situazioni, e dunque esperienze, diverse grazie alla reversibilità della struttura. Potremmo citare George Mead, sociologo e psicologo statunitense, il quale sosteneva che il comportamento umano non fosse semplicemente un insieme di reazioni passive a premi e punizioni fisiche, ma basate sull'attrazione. Il design ha l'importante compito di sorprendere, in senso positivo, e spingere l'utente ad entrare in contatto con esso. La creatività ci permette di immaginare il modo in cui vorremmo che la società interagisse con gli oggetti e la sfida non è altro che facilitare e rendere possibile il rapporto tra uomo e tecnologia. Per poter comunicare il progetto all'utente è fondamentale trasmettere le infinite combinazioni interattive che questo assume. Laddove la struttura si rende reversibile e adattabile a più contesti è possibile creare continuamente esperienze diverse. Il carattere innovativo del progetto può essere visto sotto il profilo dei materiali impiegati per il contesto in cui si colloca, quello delle strutture temporanee, e quello del metodo costruttivo. Se infatti, il problema dell'inquinamento ambientale dovuto alle plastiche negli oceani viene sostituito dall'impiego dei biopolimeri, anche le difficoltà di assemblaggio di strutture temporanee viene superato grazie alle soluzioni alternative offerte dai sistemi costruttivi parametrici.

La tesi si propone come sostenitrice delle nuove scoperte nell'ambito della chimica dei materiali e illustra un modo per venire incontro alla natura senza rinunciare alle prestazioni tecniche esistenti. Un primo sviluppo del progetto potrebbe essere quello di aggiungere installazioni *no plastica* nei pressi della struttura. Queste potrebbero essere pensate come dei container o comuni bidoni trasparenti dalla forma cilindrica con un'apertura frontale e un messaggio chiaro come "Save the planet". Uno slogan per incitare i cittadini a contribuire contro l'inquinamento da plastica e renderli partecipi nel progetto di innovazione dei materiali ecosostenibili per l'architettura. L'idea potrebbe sia sensibilizzare adulti e bambini sul tema, sia creare dei giochi di interazione tra gli utenti. Ulteriori sviluppi potrebbero generare altre strutture parametriche dalle infinite forme e combinazioni. I mattoni stessi, potrebbero essere pensati con un illimitato numero di geometrie diverse in base al tipo di costruzione che vogliamo andare a realizzare. Per fare alcuni esempi, potremmo prendere in considerazione la parete verticale e la copertura a volta. La prima, può essere rivista in due modi diversi:

il primo prevede l'uso della parete così com'è ed utilizzarlo come espositore di fotografie o dipinti nel caso di una mostra fotografica o un evento artistico; il secondo tipo di utilizzo potrebbe essere fatto andando a collocare la parete verticale in direzione orizzontale. In questo modo, otterremmo una copertura piana completamente chiusa. Allo stesso modo, anche la volta può essere uno spunto per poter creare, ad esempio, un piccolo anfiteatro. Nel caso di un evento sociale o culturale, una struttura circolare e aperta si presterebbe molto bene come centro di aggregazione, dove le persone possono raccogliersi. Dal momento che la struttura parametrica in esame viene ottenuta per costruzione e non per algoritmo, realizzare un piccolo anfiteatro con le pareti curve risulterebbe possibile. A questo proposito, potrebbe rivelarsi interessante anche la proposta di un impianto di illuminazione in modo che le strutture possano essere utilizzate anche di notte o in località dove la luce del sole viene meno molto presto (vedi i Paesi Nordici). Non è possibile prevedere dei mattoni "auto-illuminati" perché non si possono inserire LED nel sistema progettato dato che la tecnologia di produzione non prevede aperture o saldature successive alla stampa.

Successive implementazioni dovrebbero quindi prevedere dei sistemi che non agiscano sui mattoni ma sulla struttura: strisce LED da applicare sulle coperture, lampioni lungo il perimetro dell'intero complesso o luci incastonate nel basamento. Quello dell'illuminazione è sicuramente un aspetto molto importante da considerare che però non rientra nel progetto in esame; la ricerca, infatti, ha come obiettivo quello di studiare un'alternativa ai tradizionali sistemi costruttivi che sia ecosostenibile e reversibile, con particolare attenzione a quelli che sono basati sull'impiego di materiali biopolimerici. Lo studio delle geometrie, dei materiali e dei processi è risultato molto ampio e complesso per cui il progetto di un sistema di illuminazione per esterni riguarderebbe un altro tipo di ricerca distaccato da questa. Infine, un possibile sviluppo del progetto potrebbe essere fatto nell'ambito della chimica dei materiali. Se, infatti, il sistema è bio-based e riciclabile, una variante ancora più ecosostenibile potrebbe essere fatta rendendolo biodegradabile. Esistono ricerche già affrontate che mostrano come materiali derivati da fonte rinnovabile e biodegradabili vengano già impiegati nel settore agroalimentare del packaging. Sarebbe interessante poter proiettare questo tema anche nel mondo dell'edilizia e delle strutture temporanee. In via teorica, i sistemi creati non potrebbero essere esposti all'esterno, bensì in ambienti chiusi. La sfida è provare che ciò, invece, è possibile.

Sitografia e bibliografia

Concorsi di design

Bee Breeders, Competition, 2019. Tratto da <https://beebreeders.com/architecturecompetitions/readingrooms>

Archhive Books. Tratto da <https://archhivebooks.com/>

La plastica negli oceani

Plastiche in mare: la soluzione è l'economia circolare, 2019. Tratto da <https://www.sergioferraris.it/plastiche-in-mare-la-soluzione-e-l-economia-circolare/>

Seabin, il cestino che pulisce il mare dai rifiuti, 2018. Tratto da <https://www.lastampa.it/tuttogreen/2018/11/12/news/seabin-il-cestino-che-pulisce-il-mare-dai-rifiuti-1.34059704>

Pete Ceglinski. Anche un solo Seabin può fare la differenza per rimuovere la plastica dagli oceani, 2018. Tratto da <https://www.lifegate.it/persona/news/seabin-pete-ceglinski-plastica-oceani>

Le più belle foto del 2019 dedicate al Pianeta. Tratto da <https://www.vanityfair.it/news/foto/2019/09/28/pianeta-foto-ambiente-concorso>

Plastic Monument, YAC, 2019. Tratto da <https://www.youngarchitectscompetitions.com/competition/plastic-monument>

Planet or Plastic, mostra a Bologna, 2019. Tratto da <https://www.ilrestodelcarlino.it/bologna/cosafare/mostra-plastica>

Elsevier, Empowering Knowledge. Tratto da <https://www.elsevier.com/>

La plastica nel design e nell'architettura

Ecobirdy, 2019. Tratto da <https://www.ecobirdy.com/>

La plastica riciclata in edilizia: un vantaggio per l'ambiente e per l'economia, 2019. Tratto da <https://www.infobuild.it/approfondimenti/riciclo-plastica-soluzione-ridurre-inquinamento/>

Il materiale del futuro nel campo dell'edilizia? La risposta vi sorprenderà, 2014. Tratto da <http://www.corrieredellepuglie.com/index.php/2014/08/il-futuro-nelcampo-delledilizia/>

Inaugurata a Billund la LEGO House di Bjarke Ingels Group, 2017. Tratto da <https://www.architetti.com/lego-house-big-bjarke-ingels.html>

Tulum Plastic School. Art, wellness, environment, 2019. Tratto da <https://www.archstorming.com/tulumplasticschool.html>

Economia circolare e riciclo

Francesco Pittau, Guillaume Habert, Giuliana Iannaccone, *The renovation of the building stock in Europe: an essential opportunity to store carbon in buildings*, TEMA, 2019

G. Kaur, K. Uisan, K. Lun Ong, C. SzeKi Lin, *Recent Trends in Green and Sustainable Chemistry & Waste Valorisation: Rethinking Plastics in a circular economy*, Elsevier, 2018

How Do You Measure the Emissions Locked in Fossil Fuel Reserves?, 2015. Tratto da <https://www.wri.org/blog/2015/02/how-do-you-measure-emissions-locked-fossil-fuel-reserves>

Vita, il portale della sostenibilità economica e ambientale del mondo non profit. Tratto da <http://www.vita.it/it/>

Economia circolare: definizione, importanza e vantaggi, 2018. Tratto da <https://www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circolare-definizione-importanza-e-vantaggi>

Che cos'è l'economia circolare. Tratto da <https://www.economicacircolare.com/cose-leconomia-circolare/>

Rifiuti. Il grande bluff del riciclo, 2018. Tratto da <https://www.panorama.it/scienza2/green/rifiuti-grande-bluff-del-riciclo-plastica-ambiente-ecologia/>

Rifiuti di plastica nel calcestruzzo al posto della sabbia per sostenere edilizia indiana, 2018. Tratto da <https://notiziescientifiche.it/rifiuti-di-plastica-nel-calcestruzzo-al-posto-della-sabbia-per-sostenere-edilizia-indiana/>

Nuovo processo di riciclaggio combina plastica e fonti rinnovabili per creare materiale innovativo, 2019. Tratto da <https://notiziescientifiche.it/nuovo-processo-di-riciclaggio-combina-plastica-e-fonti-rinnovabili-per-creare-materiale-innovativo/>

La nuova collezione di H&M è di plastica riciclata, 2017. Tratto da <https://www.inabottle.it/it/tendenze/collezione-h%26m-plastica-riciclata>

Polimeri bio-based e biodegradabili

Braskem. Tratto da <https://www.braskem.com.br/>

Braskem, *I'm green™ Polyethylene. Innovation and differentiation for your product*. Fascicolo informativo tratto da www.braskem.com.br, 2015

Braskem, *High Density Polyethylene SGE7252. Data Sheet*, Fascicolo tecnico - informativo tratto da www.braskem.com.br, 2015

FKur. Plastics - made by nature! Tratto da <https://fkur.com/it/>

Y. Li, X. Luo, S. Hu, *Bio-based polyols and polyurethanes*, Springer, 2015

Alessandra Lorenzetti, *Uso di polioli "bio-based" nelle industrie del poliuretano*, Dipartimento di Ingegneria Industriale Università di Padova, 2013

Davide Pollon, *Le bioplastiche nel settore packaging. Un tema di attualità ed una nuova opportunità per lo sviluppo del settore*, Proplast. Plastic Innovation Pole

Materiali ecologici ed ecosostenibili

Gabriella Lungo, *Manuale della bioedilizia. Principi di base, materiali, problemi e soluzioni*, Giunti, 2017

Ecco la plastica green: può essere riciclata all'infinito senza inquinare, 2018. Tratto da https://www.repubblica.it/ambiente/2018/04/28/news/ecco_la_plastica_green_puo_essere_riciclata_all_infinito_senza_inquinare-195022689/

Pirelli. Gomma naturale, 2019. Tratto da <https://naturalrubber.pirelli.com/it-it/natural-rubber/>

Il caucciù, 2019. Tratto da <http://caucciù.it/>

Florian Florian. La casa dal cuore bio. Tratto da <https://www.florianflorian.it/isolamento-del-sottofondo/>

Resinex. Gomma naturale, 2019. Tratto da <https://www.resinex.it/tipi-di-polimeri/natural-rubber.html>

GBL S.r.l., *Gomma Naturale NR. Technical Data Sheet*, 2019. Tratto da www.gblrubber.it

Sistemi prefabbricati e assemblaggio a secco

Saverio Liconti, *Una testimonianza*, Gangemi Editore, 1986.

Gino Zani, *La casa asismica economica*, 1923. Tratto da https://www.ginozani.org/documenti/Gino_Zani_La_casa_asismica_economica.pdf

M. Brocato, L. Mondardini, *A new type of stone dome based on Abeille's bond*, Elsevier, 2012. Tratto da <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020768312001382?via%3Dihub>

Massimo Perriccioli, *La questione dell'assemblaggio. La città del progetto*, Liguori, Napoli, 1999

Mario Zaffagnini, *Manuale di progettazione edilizia*, Volume 4, Hoepli, Milano, 1992

Alvar Aalto, *Le Corbusier, Walter Gropius, and Other Architects Designed This Community in Berlin*, 2016. Tratto da <https://www.architecturaldigest.com/gallery/alvar-aalto-le-corbusier-walter-gropius-berlin>

Enrico Mandolesi, *Edilizia*, vol. 1-4, UTET, 1978

Cantine vinicole a Vauvert (1998) di Gilles Perraudin, 2008. Tratto da <http://www.architetturadipietra.it/wp/?p=1507>

Le costruzioni a secco: elementi costruttivi, 2019. Tratto da <https://www.promozioneacciaio.it/cms/it/5829-le-costruzioni-a-secco-elementi-costruttivi.asp>

Mausoleo di Teodorico, 2019. Tratto da <https://www.ravennantica.it/mausoleo-di-teodorico/>

Mausoleo di Teodorico, 2019. Tratto da <http://www.polomusealeemiliaromagna.beniculturali.it/musei/mausoleo-di-teodorico>

Architetture temporanee

Victor Papanek, *Progettare per il mondo reale*, A. Mondadori Editore, 1973

Il Post. Com'è fatto il padiglione del Giappone di Expo, 2015. Tratto da <https://www.ilpost.it/2015/05/15/padiglione-giappone-expo-2015/>

Expo 2015 architettura: ecco il padiglione del Giappone, 2015. Tratto da <http://biblus.acca.it/expo-2015-architettura-padiglione-giappone/>

Padiglione Giappone a Expo Milano 2015: approfondimenti e intervista ai progettisti, 2015. Tratto da <https://www.ingegno-web.it/4904-padiglione-giappone-a-expo-milano-2015-approfondimenti-e-intervista-ai-progettisti>

Interaction design

Ben Franks, Ruth Kinna, *Contemporary British Anarchism*, Review LISA/LISA e-journal, 2014.

Interazione sociale, Wikipedia, 2019. Tratto da https://it.wikipedia.org/wiki/Interazione_sociale

Intesys Journal, UX Designer: il paladino delle esperienze felici, 2016. Tratto da <https://www.intesys.it/journal/design/ux-designer-paladino-delle-esperienze-felici/>

Corriere di Bologna, Il problema è la sicurezza. Il progetto cultura va avanti, 2019. Tratto da https://corriedibologna.corriere.it/bologna/cronaca/19_luglio_30/problema-sicurezza-il-progetto-cultura-va-avanti-624e73c6-b290-11e9-a558-805a5dcab665.shtml

Processi di produzione

Rosaplast. Stampaggio a iniezione di materie plastiche. Tratto da <https://www.rosaplast.it/it/stampaggio>

Maspi. Plastic technology solutions, 2019. Tratto da <http://www.maspi.it/it/Stampaggio-con-Gas-Moulding.html>

Plasticfour. Costruzione stampi e stampaggio materie plastiche, 2019. Tratto da <https://www.plasticfour.com/#!/stampaggio>

SPM. Gas assisted moulding, 2019. Tratto da <http://www.spm-mould.it/stampaggio-ad-iniezione-ad-alta-pressione/>

Riferimenti tecnici e costruttivi

EN 12195-2, le cinghie di tessuto di fibra chimica, 2019. Tratto da <https://sicurezzadelcarico.it/index.php/leggi-e-norme/norme-tecniche/en-12195-2/>

Riferimenti normativi

Biblus-net, Strutture temporanee e manufatti leggeri, quando occorre il permesso di costruire?, 2015. Tratto da <http://biblus.acca.it/permesso-di-costruire-per-strutture-temporanee-e-mobili>

Icaro Daniele, *Strutture temporanee. Progettazione - Verifica - Comportamento*, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2015

Riferimenti progettuali

Il nuovo museo di Yves Saint Laurent. Linee cubiste, pizzi di terracotta, spazi vellutati e una collezione di abiti che ha fatto la storia. In Marocco gli architetti di Studio KO inaugurano il museo dedicato a Saint Laurent, 2017. Tratto da <http://living.corriere.it/city-guide/musei-gallerie/museo-yves-saint-laurent-marrakech/>

MUKAarquitectura, Casa Piedrabuena, 2017. Tratto da <https://mukaarquitectura.com/casa-piedrabuena-piedrabuena-house/>

Piedrabuena House / MUKAarquitectura, 2017. Tratto da <https://www.archdaily.com/piedrabuenahousemukaarquitectura/>

Jacopo Mascitti, *Bio-Inspired Design. Le prospettive di un design per la sostenibilità ambientale guidato dalla natura*, Altralinea Edizioni, 2018

Mokulock, Japan. Tratto da <https://mokulock.biz/>

Indice delle figure

Introduzione

pag. 14, L'immagine emblematica di un cavalluccio marino avvinchiato a un cotton fioc. Tratto da *www.ilrestodelcarlino.it*

pag. 16, Centro di raccolta della plastica in Bangladesh. Tratto da *www.youngarchitectscompetitions.com*

pag. 17, Pete Ceglinski, co-fondatore del Seabin Project. Tratto da *www.lifegate.it*

pag. 17, Lo scopo del Seabin Project: pulire gli oceani dalla plastica. Tratto da *www.lastampa.it*

pag. 20, in alto e in basso: Un mare di plastica. Tratto da *www.vanityfair.it*

pag. 23, Interazione tra giocatori di carte. Tratto da *www.unsplash.com*

pag. 24, Luisa Table Party, Ecobirdy. Tratto da *www.ecobirdy.com*

pag. 26, dall'alto in basso: LEGO®. Tratto da *www.unsplash.com*; Mattoncini in legno di Mokulock. Tratto da *www.mokulock.biz*; LEGO House di Bjarke Ingels Group. Tratto da *www.architetti.com*

pag. 27, in alto e in basso: Tulum Plastic School, progetto vincitore. Tratto da *www.archstorming.com*

pag. 29, Locandina del concorso indetto da Archhive Books *Portable Reading Rooms*. Tratto da *www.beebreeders.com*

pag. 32, Non c'è più spazio. Tratto da *www.unsplash.com*

pag. 35, Le Corbusier, Unité d'Habitation, Berlino, 1957. Tratto da *www.architecturaldigest.com*

Analisi dello stato dell'arte

pag. 38, Flacone in polietilene a fine vita. Tratto da *www.unsplash.com*

pag. 40, Bee's Wrap, pellicola in cera d'api per alimenti. Tratto da *www.beeswrap.com*

pag. 43, KO-22, canna da zucchero dell'annata stampa. Stampa d'arte di un'illustrazione antica storia naturale dell'annata, 2019. Tratto da *www.etsy.com*

pag. 44, Santiago Calatrava, World Trade Center, New York, 2016. Tratto da *www.unsplash.com*

pag. 46, Gilles Perraudin, Cantine vinicole, Vauvert (Francia), 1998. Tratto da *www.perraudinarchitectes.com*

pag. 48, a sinistra, in alto e in basso: Mausoleo di Teodorico, Ravenna, 520 d.C. Tratto da *www.ravennantica.it*

pag. 50, in alto: Gino Zani, Dettaglio dei cinque blocchi; in basso: Gino Zani, Dettaglio del blocco speciale. Tratte da *www.ginozani.org*

pag. 51, in alto: Gino Zani, Cantiere per la costruzione di blocchi; in basso: Gino Zani, Casa per impiegati. Solai soffiati con doppia soletta. Tratte da *www.ginozani.org*

pag. 52, in alto a sinistra: Sistema di base della volta di Joseph Abeille. Tratto da *www.geostonedynamics.com*; in alto a destra: Metodo parametrico per sfere geodetiche con parametro di Abeille. Tratto da *www.sciencedirect.com*; in basso: Dettaglio di una nexorade. Tratto da *www.thibaultschwartz.com*

pag. 55, Studio KO, Yves Saint Laurent Musée, Marrakech, 2017. Tratto da *www.living.corriere.it*

pag. 56, in alto: Parete del padiglione del Giappone all'Expo 2015. Tratto da *www.fidanzia.com*; in basso: Dettaglio costruttivo. Tratto da *www.unsplash.com*

pagg. 58-59, Moisés Royo per Mukaarquitectura, Casa Piedrabuena, Piedrabuena (Spagna), 2017. Tratto da *www.mukaarquitectura.com*

pag. 60, Moisés Royo, Pianta e prospetto di Casa Piedrabuena, Piedrabuena (Spagna), 2017. Tratto da *www.archdaily.com*

Progetto

pag. 65, Site plan e informazioni generali. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pagg. 66-67, Site plan in scala 1:50. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pagg. 68-69, Moduli compresi nel complesso di "C'era una volta". *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 70, Prospetto frontale in scala 1:25. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 71, Prospetto laterale in scala 1:25. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pagg. 72-73, Sezione della Sala di Lettura in scala 1:10. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pagg. 74-75, Prospetti frontali dei moduli compresi nel complesso di "C'era una volta". *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pagg. 76-77, Render del complesso in vista prospettica. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pagg. 78-79, Vista assonometrica esplosa della Scatola di Libri. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pagg. 80-81, Render del complesso in vista frontale. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 82, Schema di assemblaggio dei mattoni. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 83, Dettaglio tecnico di un mattone di riferimento. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 85, Abaco dei mattoni: copertura della Scatola di Libri e della Sala di Lettura. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 86, Abaco dei mattoni: copertura del Portabici. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 87, Abaco dei mattoni: pareti verticali. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 88, Abaco dei mattoni: scaffalature. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 89, Abaco dei mattoni: lucernario. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 90, dall'alto in basso: Scala di colori monocromatici sulla base delle tonalità della prima fila. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*;

pag. 91, dall'alto in basso: Scala di colori a quattro toni sulla base delle tonalità della prima fila. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 92, Segnaletica identificativa dei moduli. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 93, Schema costruttivo del basamento in legno. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 94, Dettaglio del tirante in gomma naturale: ramo corto e ramo lungo. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 95, Esploso del tirante e suoi componenti. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 96, Alessandro Scotti, Taglio della gomma naturale. Tratto da *www.naturalrubber.pirelli.com*

pag. 98, in alto: Mareggiata, litorale invaso da rifiuti e plastica. Tratto da *www.gazzettadinapoli.com*; in basso: Legambiente, un mare di rifiuti nelle reti dei pescatori. Tratto da *www.controradio.it*

pag. 102, Dettaglio di una seduta realizzata con stampaggio a iniezione assistito da gas: oggetti cavi e nessuna sbavatura. Tratto da *www.spm-mould.it*

pag. 103, Illustrazione a cura di Andy Gordon, Stampaggio a iniezione assistito da gas. Tratto da *www.pinterest.it*

pag. 104, Esempio di luci di volta e linee d'imposta diverse. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*;

pag. 105, Schemi che illustrano il concetto di parametrizzazione. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 106, in alto a destra: Coperture e schemi costruttivi. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*; in basso a destra: Verifica delle proporzioni dei mattoni. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 107, Dettaglio costruttivo dei supporti interni di un mattone. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 108, Dettaglio costruttivo del mattone con riempimento in canapa. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 109, Varianti di sedute modulari per la Sala di Lettura. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 110, Dettagli tecnici delle sedute della Sala di Lettura. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 111, Varianti d'uso della Scatola di libri. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 112, Esempio di una possibile variante dispositiva dei moduli. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 113, Disposizioni diverse dei moduli. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 115, in alto e in basso: Esempi di interazione sociale ed esperienze d'uso. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 116, in alto: Foto dell'interno della Pieve di San Giovanni Battista. *Fotografia prodotta ed elaborata dall'autore*; in basso: Esempio dell'allestimento per una mostra fotografica. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*. (All'interno dell'illustrazione: fotografie tratte a scopo dimostrativo da *www.unsplash.com*)

pag. 117, Dettaglio della variante d'uso dei moduli per la mostra fotografica. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*. (All'interno dell'illustrazione: fotografie tratte a scopo dimostrativo da *www.unsplash.com*)

Prototipazione

pag. 120, Prototipi di mattoni in PLA realizzati in 3D printing in scala 1:2. *Fotografia prodotta ed elaborata dall'autore*

pag. 121, Prototipi di mattoni in PLA realizzati in 3D printing in scala 1:5. *Fotografia prodotta ed elaborata dall'autore*

pag. 122, Aggregazione di moduli in cartonlegno in scala 1:20. *Fotografia prodotta ed elaborata dall'autore*

pag. 124, Lotti di mattoni di una parete verticale. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pag. 125, Classificazione e assemblaggio di alcuni mattoni. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

pagg. 126-127, Manuale di istruzioni. Istruzioni di montaggio per la copertura della scatola di libri. *Materiale grafico prodotto ed elaborato dall'autore*

Ringrazio

L'Università degli Studi di Bologna e i colleghi di Design,
per l'insegnamento

I professori Cecilia Mazzoli, Davide Prati e Paola Fabbri,
per l'opportunità e i preziosi consigli

Giovanni Bacci e il Laboratorio Silab Fabbricazione,
per il supporto nella prototipazione

Monolith Design di Firenze,
per la realizzazione del plastico

Silvia e Chiara,
per esserci sempre

Irene e Giulia,
per la comprensione e l'affetto

I miei genitori,
per la fiducia, l'amore e il sostegno

Enrico,
per la pazienza e per tutto il resto

