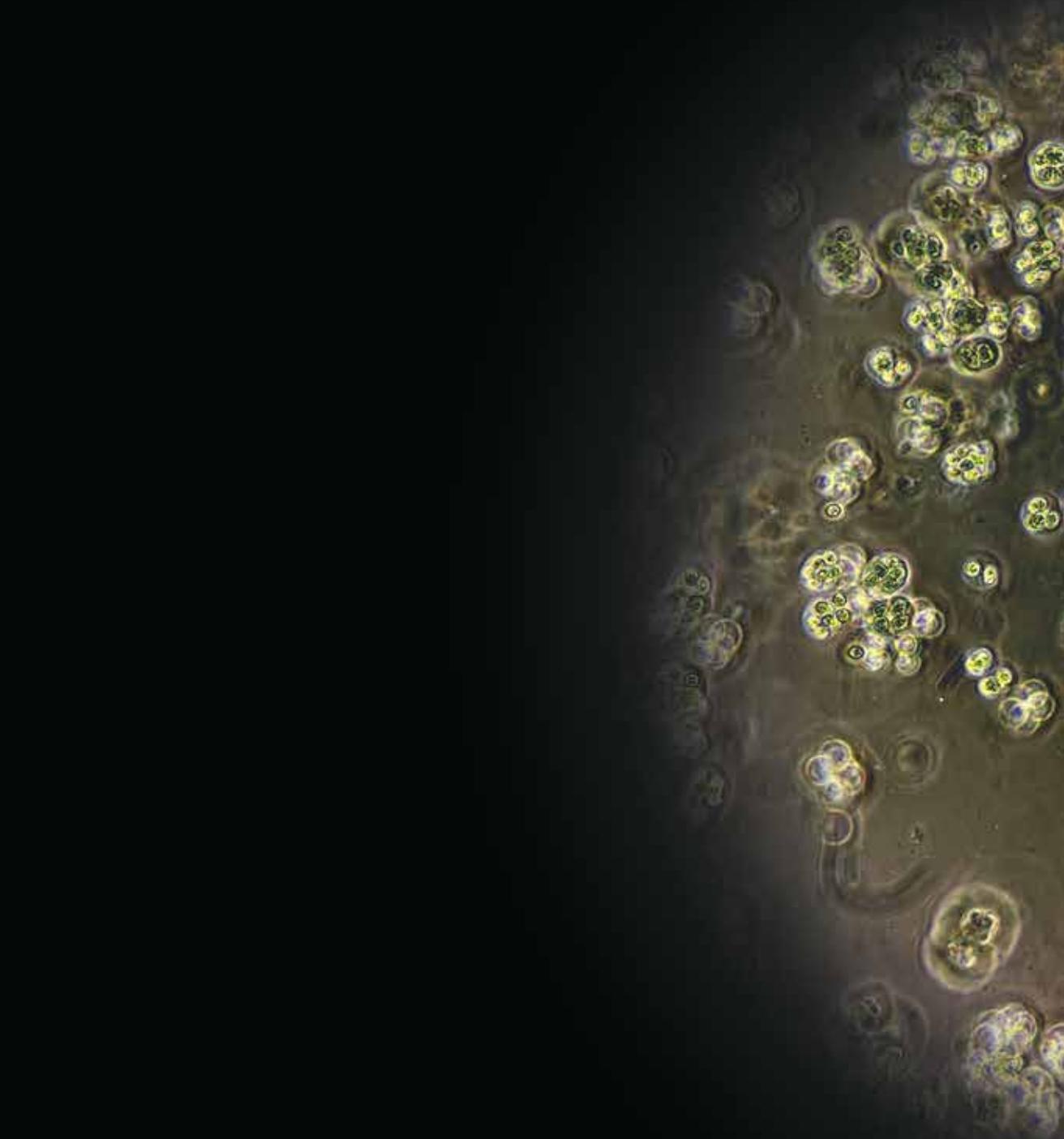


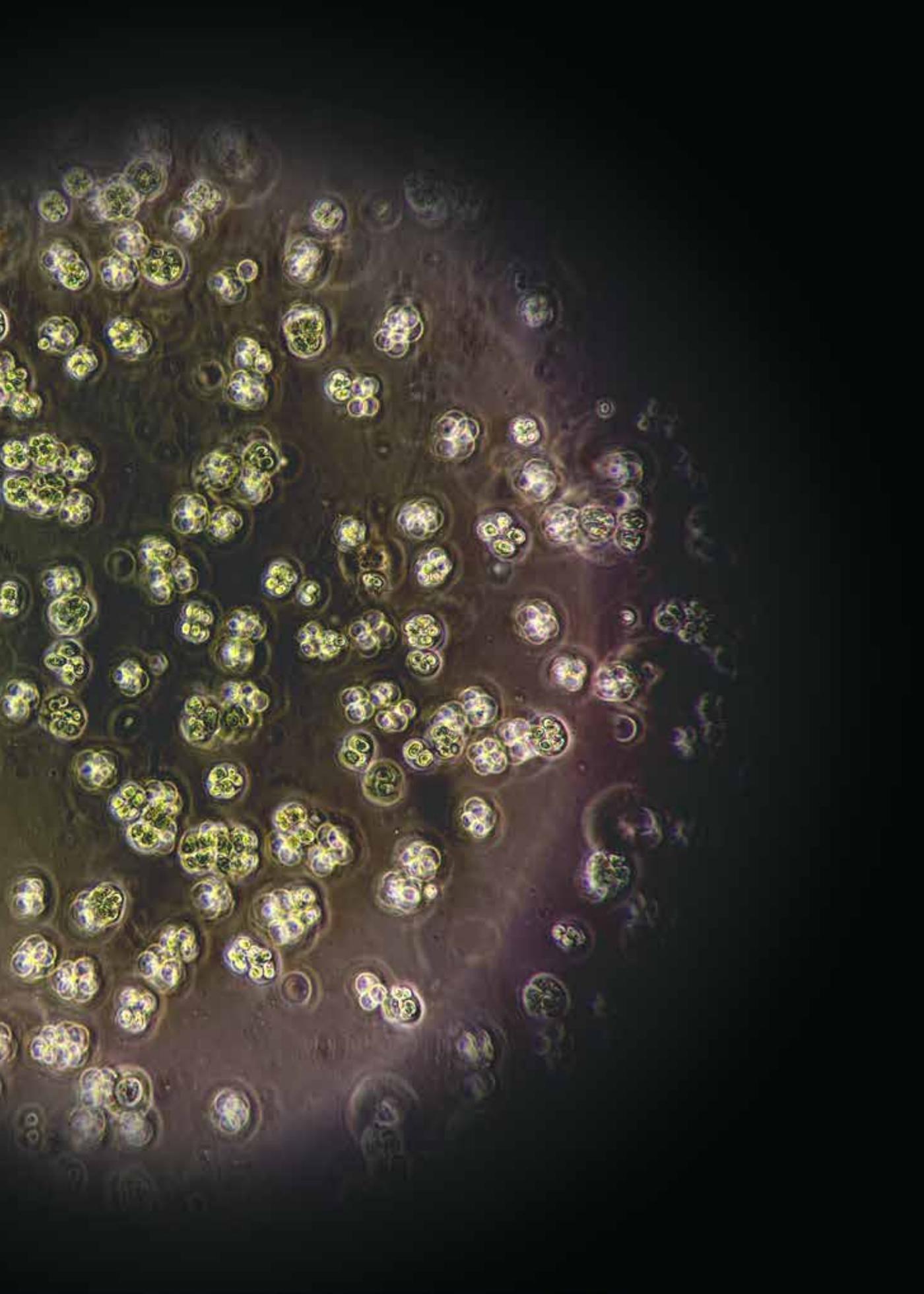
A microscopic view of plant cells, showing a network of cell walls forming irregular, interconnected shapes. The cells are filled with a light greenish-yellow color, and the overall image has a soft, slightly blurred appearance. The word "OSSIGENO" is overlaid in the center in a white, sans-serif font, with a horizontal purple bar behind it.

OSSIGENO



Cianobatterio *Chroococcus Minutus*, Dx1

Foto scattata al microscopio presso il Centro di competenza VALORE "Gino Florenzano"
Dipartimento DAGRI, UNIFI





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

Corso di Laurea Magistrale in Design

Ossigeno

Sistema di arredi urbani biofabbricati per aumentare
la biodiversità e la qualità dell'aria

Candidato | Edoardo Brunelli

Relatore | Prof. Marco Marseglia

Correlatore | Prof.ssa Natascia Biondi

Correlatore | Dott. Francesco Cantini

Anno Accademico | 2022/2023

Indice

Introduzione	8
Abstract	10

Design Multispecies 12

La fine dell'Antropocentrismo	17
Il ruolo del design e designer è cambiato	23
Progettare "With": Alghe, Funghi e Batteri	30

Living Design 46

Tutto scorre niente rimane lo stesso	51
From Assembly to Grown: Rivoluzione Biologica	54
BioDesign	57
Economia Bio-circolare	63
Living/Grown Material	68
Accogliere la vita: Bioreceptive Design	82

Case History 96

Aguahoja	102
Algae Water Bottle	104
The Ephemeral Icon	106
Mycelium Chair	108
Tree Column	110

Indus Algae Tiles	112
The Coral: Home Algae Framing	114
Air Bubble	116
BIT.BIO.BOT	118
La Forma dell'Aria	120
The Alive Pavillon	122
Soil Ink	124
Print Your City	126
Urban Reef	128
Co-Mida	130

Digital Fabbrication 132

Design computazionale	137
Additive Manufacturing	142
Stampa 3D di materiali fluido-densi per oggetti di grandi dimensioni	146

Progetto 150

Concept	160
Bio-Diario	202
Ossigeno	286
Scenario	385

Conclusioni 390

Bibliografia	398
Sitografia	400
Iconografia	402

Ringraziamenti

Introduzione

La natura fa tutto meglio: inventa, progetta, crea, distrugge, ricicla. Nella sua attività progettuale, la natura tiene conto dell'eleganza delle forme e dell'efficienza, ed opera dalla culla alla culla. Se in passato l'imitazione della natura era per lo più incentrata sulle sue forme, oggi come designer dobbiamo impararne i processi e la sapienza a lungo termine, la capacità di eleganza sotto pressione. Ci troviamo in una fase del design che non solo riconosce un diverso sistema di priorità, ma che in più agisce su di esso attraverso la collaborazione con altri protagonisti dell'universo, dai batteri alle piante. Per fare ciò il rapporto fra il design e le altre discipline deve mutare, non devono solo sovrapporsi occasionalmente ma devono interagire costantemente e alimentarsi l'un l'altro.

Seguendo questa direzione, "Ossigeno" è un progetto interdisciplinare che in collaborazione con la biologia pone le basi nella collaborazione interspecie e nella co-creazione al fine di ristabilire la nostra visione della posizione dell'essere umano nell'universo e recuperare il nostro rapporto con la natura, che negli ultimi anni l'uomo con le sue attività ha irreversibilmente reciso, soprattutto quello riguardante le risorse naturali e gli ecosistemi.

In particolare, questa tesi si inserisce all'interno del progetto di ricerca INERTIAL ed esplora le possibilità di materiali biobased, inoltre tramite il processo di biofabbricazione si dà vita ad una serie di arredi urbani co-creati in collaborazione con organismi viventi in cui si mette in relazione essere umano e natura.

Introduction

Nature does everything better: it invents, designs, creates, destroys, and recycles. In its design activity, nature takes into account the elegance of forms and efficiency, and works from cradle to cradle. If in the past the imitation of nature was mostly centered on its records, today as designers we have to learn its processes and long-term wisdom, its capacity for elegance under pressure. We are in a phase of design that not only recognizes a different system of priorities but also acts on it through collaboration with other protagonists of the universe, from bacteria to plants. To do this, the relationship between design and other disciplines must change, they must not only occasionally overlap but must constantly interact and feed on each other.

Following this direction, "Oxygen" is an interdisciplinary project that in collaboration with biology lays the foundations for interspecies collaboration and co-creation to re-establish our vision of the position of the human being in the universe and recover our relationship with nature, which in recent years man has irreversibly severed with his activities, especially that concerning natural resources and ecosystems.

In particular, this thesis is part of the INERTIAL research project and explores the possibilities of biobased materials, furthermore through the biofabrication process a series of street furniture is created, co-created in collaboration with living organisms that connect human beings and nature.

Abstract

Il design è ormai una disciplina riconosciuta nel panorama scientifico ed interagisce con altre scienze, oggi grazie alla diffusione della biotecnologia e di nuovi processi di produzione digitale, si sono aperte nuove opportunità per i designer, che, per natura lavorano sull'innovazione e attraverso il progetto, anche se a volte speculativo è in grado di offrire una visione su ciò che potrebbe essere il futuro e facilita il dissolvimento delle barriere. L'obiettivo generale di questa tesi, che si inserisce all'interno del progetto di ricerca "INERTIAL" è quello di co-progettare la materia tra biologia e design favorendo la connessione disciplinare per dare nuovo valore agli scarti provenienti dalla filiera lapidea che da 'rifiuto' potrebbero diventare una nuova risorsa seguendo un percorso circolare con una logica 'Cradle to Cradle', adottando un approccio multidisciplinare che coinvolge processi biotecnologici microbici per dare nuova vita ai materiali di scarto. In particolare si è sfruttato il processo in cui un microorganismo fotosintetico, cianobatterio *Chroococcus Minutus* Dx1, è in grado di generare polimeri collanti che trasformano, attraverso il processo di biomineralizzazione, il materiale lapideo di scarto (polveri e pezzi di marmo di "varie" dimensioni) in un nuovo materiale adatto alla produzione industriale e in particolare alla stampa 3D, al fine di realizzare con l'ausilio del design computazionale un sistema di arredi urbani biofabbricati, ovvero dove i processi naturali concorrono alla creazione del materiale, con l'obiettivo di stimolare la crescita spontanea, bioreceptive design, e migliorare la qualità dell'aria. Durante il percorso si è indagato sulla possibilità di stampa 3d di questo nuovo biobased material e sulla ricerca del giusto mix tra gli ingredienti per la realizzazione di un prototipo di piastrella biofabbricata e biorecettiva. Ricerche future potrebbero essere volte ad ottimizzare il biobased material Inertial e fornire ulteriori indicazioni con l'obiettivo di avvicinare la ricerca ad un potenziale mercato.

Keywords: biodesign; biomateriale; microalghe; bioreceptive design; arredi urbani; design computazionale; stampa 3d

Abstract

Design is now a discipline recognized in the scientific panorama and interacts with other sciences, today thanks to the diffusion of biotechnology and new digital production processes, new opportunities have opened up for designers who, by nature, work on innovation and through the project, although sometimes speculative, can offer a vision of what the future could be and facilitates the dissolution of barriers. The general objective of this thesis, which is part of the "INERTIAL" research project, is to co-design the material between biology and design by promoting the disciplinary connection to give new value to the waste from the stone supply chain that from 'waste' could become a new resource by following a circular path with a 'Cradle to Cradle' logic, adopting a multidisciplinary approach involving microbial biotechnological processes to give new life to waste materials. In particular, the process was exploited in which a photosynthetic microorganism, the cyanobacterium Chroococcus Minutus Dx1, can generate adhesive polymers which transform, through the biomineralization process, the waste stone material (powders and pieces of marble of "various" dimensions) in a new material suitable for industrial production and in particular for 3D printing, to create, with the aid of computational design, a system of biofabricated street furniture, or where natural processes contribute to the creation of the material, with the aim of stimulate spontaneous growth, bioreceptive design and improve air quality. During the course, the possibility of 3D printing of this new biobased material was investigated and the search for the right mix of ingredients to create a biofabricated and bioreceptive tile prototype was investigated. Future research could optimize the biobased material Inertial and provide further indications to bring research closer to a potential market.

Keywords: *biodesign; biomaterial; microalgae; bioreceptive design; urban design; computational design; 3d printing*

Design Multispecies

La fine dell'Antropocentrismo +
Il ruolo del design e designer è cambiato +
Progettare "With": Alghe, Funghi e Batteri +

"We are all lichens; so we can be scraped off the rocks by the Furies, who still erupt to avenge crimes against the earth. Alternatively, we can join in the metabolic transformations between and among rocks and critters for living and dying well"

La natura sta per riprendersi tutto quello che l'uomo ha devastato con lo sfruttamento sconsiderato delle risorse minerarie, il danno inflitto alle specie animali e vegetali, i disastri causati dai disordini politici e dal capitalismo globale, tutto questo non concederà sconti. Che faremo noi umani?

Quali strategie di sopravvivenza metteremo in campo?

Se vogliamo migliorare la capacità di sopravvivenza in ambienti contaminati, è necessaria un'evoluta presa di coscienza dell'importanza della diversità, in modo da poter sviluppare pratiche di convivenza collaborativa con tutte le specie viventi sul pianeta Terra. Per questo motivo il pensiero deve evolvere, abbandonare la sua forma binaria, in favore di una modalità più tentacolare e multiforme.

***“La collaborazione con
altre specie è l’unico modo
che abbiamo per contrastare
l’avanzata della catastrofe
dell’ambiente naturale”***

Anna Tsing

La fine dell'Antropocentrismo

Il termine Antropocene è collegato alla tesi che la specie umana è diventata una forza geologica, cioè, gli effetti delle sue attività sono così drastici da alterare irreversibilmente gli ecosistemi della Terra. Se prima erano glaciazioni, terremoti o altri fenomeni naturali ad incidere sul pianeta che abitiamo, ora è riuscito a farlo anche l'uomo (Crutzen, 2016). La parola Antropocene, non instaura unicamente un dibattito geologico, ma anche scientifico, culturale, politico e sociale, influenza l'arte, il design e le diverse discipline che si interrogano sul presente e su quello che sarà il futuro. In particolar modo come sostiene Laura Boella, le arti visive e le numerose mostre dedicate a questi temi negli ultimi anni sono diventate un'importante fonte di esperienza e conoscenza dei fenomeni della crisi del pianeta Terra, perché sono riusciti a toccare questo nodo di fondo con intenti e modi diversi. Hanno reso visibile l'invisibile, provocato una sensazione di choc intensificando la sensibilità, hanno permesso il racconto di una realtà sfuggente attraverso esperienze emotive e sensibili (Boella, 2019).

"Siamo riusciti ad aumentare la temperatura sulla Terra "di 0,6-0,9° C, più della variazione naturale totale osservata nell'Olocene. Abbiamo deforestato, portato all'estinzione, trivellato, estratto, fertilizzato, scavato, spianato le cime delle montagne e trasformato il nostro pianeta, e sembriamo intenzionati a fare lo stesso su altri. Abbiamo depositato particelle radioattive che altereranno l'habitat per secoli, inquinato con i pesticidi, soffocato con le emissioni di anidride carbonica. Abbiamo estinto lingue e soppresso tradizioni, abbiamo indottrinato, omologato e decimato la diversità culturale" (Antonelli, 2019, p.19).

Tutto questo a dimostrazione che mai nessuna specie, prima degli uomini, era stata in grado di influenzare, da sola, la composizione del pianeta; emblematico del concetto di Antropocene è un oggetto particolare, da contorni



Fig. 001
Plastiglomerates
Charles Moore, Patricia Corcoran, Kelly Jazvac
Kamilo Beach, Hawaii, 2013

irregolari, colori indefiniti e forme amorfe, un oggetto che, anche se non sembra, viene dalla Terra ed è stato l'uomo a crearlo senza saperlo, rinvenuto per la prima volta sulla spiaggia di Kamilo Beach, sulle isole Hawaii.

A causa delle correnti oceaniche e dei forti venti, tonnellate di rifiuti vengono depositati in quel punto, composti prevalentemente da plastica, tali rifiuti includono contenitori per cibo, bevande, reti da pesca, spazzolini da denti, accendini e una gran quantità di piccoli frammenti di vari colori.

La maggior parte di questi brucia in roghi accidentali, creando quello che la geologa Patricia Corcoran, l'oceanografico Charles Moore (che per primo si è imbattuto in queste sostanze) e l'artista Kelly Jazvac hanno ribattezzato "*plastiglomerato*", un insieme di vari materiali agglomerati: sabbia, conchiglie, pezzi di rocce ed elementi in plastica semifusa. Il termine "*plastiglomerato*" si riferisce più specificamente ad un materiale indurito, multi-composito, reso duro dall'agglutinazione di roccia e plastica fusa (Antonelli, 2019).

Anche la fotografia di Edward Burtynsky, celebrata a livello internazionale, è un esempio emblematico dell'"incorporazione" nell'Antropocene. Burtynsky e i pluripremiati video-documentaristi Jennifer Baichwal e Nicholas de Pencier, hanno unito le forze per generare "*Antropocene*", un'operazione multimediale che comprende una mostra fotografica, un film, video-installazioni e tre fotogrammetrie da esperire grazie alla realtà aumentata al fine di mostrare l'impronta umana sul pianeta Terra. "*Antropocene*" ha quindi lo scopo di catturare l'enorme portata degli effetti umani su cielo, acqua e terra al fine di creare una sensazione di stupore e responsabilità (Burtynsky et al., 2018).

Questo a prova che i nostri rifiuti sono ormai parte del nostro quotidiano e che il nostro modello di sviluppo ha provocato e sta provocando modifiche ambientali sistemiche che influiscono negativamente sul nostro pianeta. Come molti osservatori dell'Antropocene hanno notato, l'umanità stessa è diventata sempre più "carnefice"; il segno più evidente delle pressioni che la nostra società sta esercitando sul nostro pianeta è sicuramente il cambiamento climatico, ma anche la perdita di biodiversità, le disparità sociali, le conseguenti "*wasting relationships*" (Armiero, 2021) e la stessa pandemia da Covid 19 sono importanti e gravi segnali che evidenziano il rapporto sbagliato che abbiamo con il nostro pianeta e gli evidenti limiti di un sistema di sviluppo da sempre insostenibile e la necessità di un'urgente alternativa (Marseglia, 2020).

Il nostro rapporto con il pianeta è formato da una miriade di legami, che negli ultimi due secoli sono stati irreversibilmente recisi, soprattutto quelli riguardanti le risorse naturali e gli ecosistemi. Alcuni di questi potrebbero essere temporaneamente ricostruiti, ma solo con interventi ben ponderati (Antonelli, 2019). Urge quindi un risveglio alla realtà, uno sforzo comune con risposte veloci e incisive per riparare non solo i legami, ma anche la nostra visione della posizione dell'essere umano.

L'installazione *"Interior Landscape - Life within the cracks of Anthropocene"* presentata da Just Felix durante DAE Graduation Show Dutch Design Week 2022, Eindhoven, si interroga su un futuro in cui l'ambiente interno possa trascendere le sue origini antropocentriche e diventare un paesaggio per ricollegare le relazioni danneggiate tra umani e natura. Interior Landscape critica il cubo bianco della modernità abbracciando "i più che umani" che vivono nelle fessure dell'interno, non vedendoli come parassiti ma come partner della riconnessione multispecie. Il lavoro di Felix può essere considerato l'emblema di quanto afferma Donna J. Haraway nel libro *"Staying With The Trouble"*, cioè che la natura sta per riappropriarsi di tutto quello che l'uomo ha devastato negli ultimi decenni con la sua cultura antropocentrica, che ha non solo ignorato ma anche creato muri impenetrabili per la coesistenza fra specie viventi. Oggi l'uomo deve scegliere se evolversi ed abbracciare una visione multispecie, cioè collaborativa con tutte le specie viventi sul pianeta Terra, oppure come dichiara Lewis Mumford, nel testo introduttivo del libro *"Our world from the Air"*, 1952, "... i processi in atto porteranno il nostro intero pianeta alla distruzione. Sarà una distruzione lenta causata dalla rimozione dello strato forestale, l'erosione del terreno, l'abbassamento del livello freatico, lo sfruttamento eccessivo della terra..." (Burtynsky et al., 2018, p.20).

Neri Oxman

"Can we design, not cut trees?"



Fig. 002, in alto
Clearchut #1, Piantazione di olio di palma
Edward Burtynsky
Borneo, Malesia, 2016

Fig. 003, a sinistra
Building Ivory Tusk Mound, 25 Aprile
Edward Burtynsky
Nairobi, Kenya, 2016



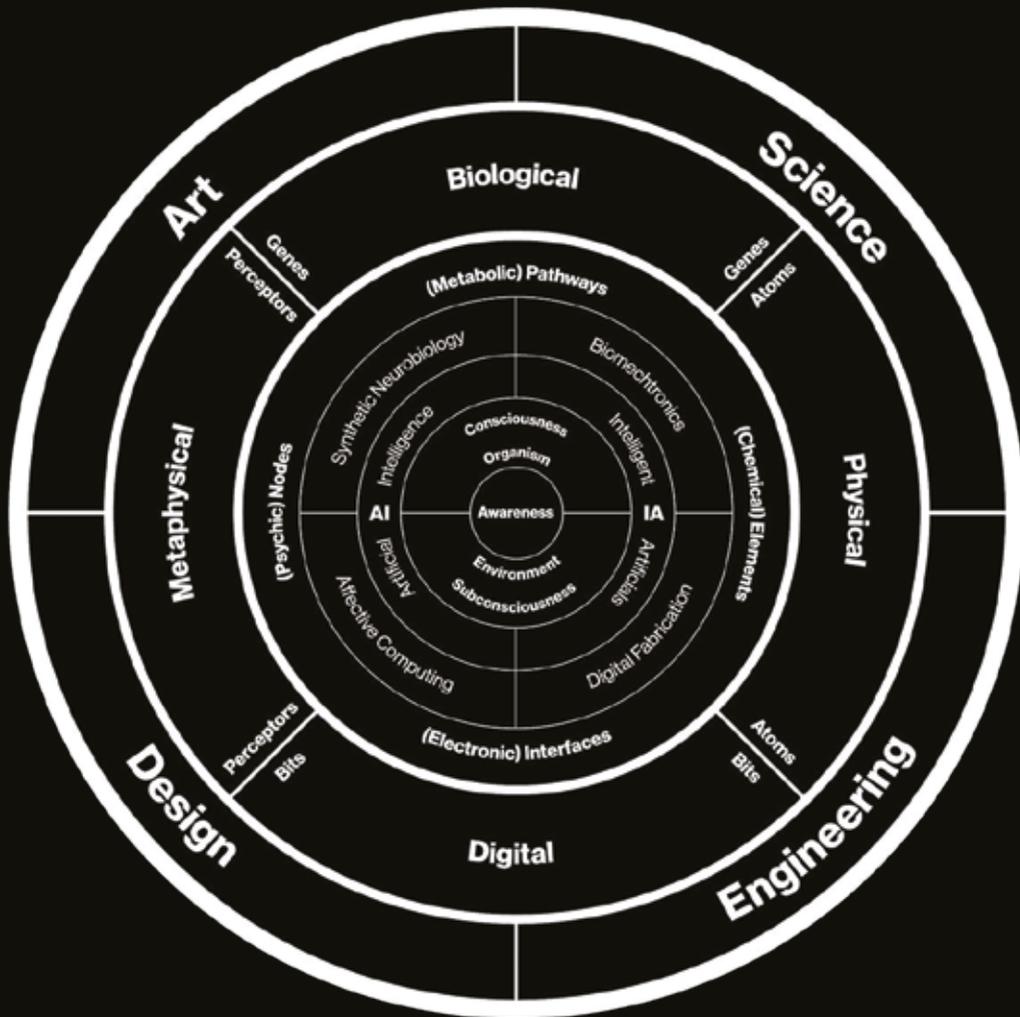
Il ruolo del design e designer è cambiato

Il design esiste da quando esiste l'umanità e con ogni probabilità è sempre stato antropocentrico e si è sempre dedicato ad adattare ed addomesticare l'universo a beneficio della nostra specie. Oggi, nonostante il design sia stato un potente strumento dell'Antropocene, deve invertire la rotta, deve gestire la transizione, si deve evolvere: dal design di oggetti sia fisici che immateriali verso un design sistemico. Questa evoluzione sta spostando il ruolo dei designer, non è più il progettista con un approccio disciplinare tradizionale, ma collabora con le altre scienze e lavora in modo sfumato tra le varie discipline; questo è un cambiamento fondamentale, che richiede un nuovo insieme di valori (Quinz, 2020).

Victor Papanek, pioniere del design sociale e sostenibile, nel suo libro *“Progettare per il Mondo Reale”* nel 1971, afferma *“il design deve diventare uno strumento innovativo, altamente creativo e interdisciplinare per rispondere ai reali bisogni dell'uomo. Una disciplina sensibile, orientata alla ricerca, che deve smetterla di contaminare il pianeta con oggetti e strutture mal progettati”* (Papanek, 1973).

Oggi, come anticipava Papanek, il design è ormai una disciplina riconosciuta nel panorama scientifico ed interagisce con altre scienze, i designer non possono lavorare isolati ma devono impollinarsi e contaminarsi costantemente con le altre discipline, come conferma anche Neri Oxman, con il suo *“Krebs Cycle of Creativity”* (Oxman, 2016), le discipline si alimentano l'una con l'altra e si trasformano definitivamente, ciò permette di superare la divisione del sapere propria del passato e favorisce una visione più ampia sugli urgenti problemi globali. I designers oggi lavorano quindi in gruppi progettuali composti da diverse figure disciplinari.

KREBS CYCLE OF CREATIVITY



Paola Antonelli

**“La nostra unica possibilità
di sopravvivenza è progettare la nostra
stessa estinzione, con eleganza”**

Anticipatoria di questa direzione è stata la mostra *Design and Elastic Minds – MoMA 2008*, curata da Paola Antonelli, la quale racconta la capacità dei progettisti di cogliere cambiamenti epocali nella tecnologia, nella scienza e nel costume e di trasformarli in oggetti e sistemi con i quali quotidianamente interagiamo.

Il design che collabora con la scienza è quindi chiamato a svolgere un ruolo strategico di esplorazione, configurazione e di prefigurazione dei nuovi mondi ibridi generati dalle ricerche scientifiche (Marseglia, 2020).

Secondo Joichi Ito, ex direttore del MIT Media Lab, per far collaborare insieme design e scienza in modo fruttuoso è importante definire il concetto di “antidisciplinarietà”: *“Interdisciplinary work is when people from different disciplines work together. But interdisciplinary is something very different; it’s about working in spaces that simply do not fit into any existing academic discipline—a specific field of study with its own particular words, frameworks, and methods”* (Ito, 2016, p.3)

In passato l’imitazione della natura era per lo più incentrata sulle forme, grazie però ai progressi di scienza, tecnologia e cultura, ci troviamo in una nuova fase del design, una fase che non solo riconosce la natura con diverso sistema di priorità, ma che in più agisce su di esso attraverso la collaborazione con altri protagonisti dell’universo, dai batteri ai bachi da seta alle piante. Un designer deve quindi riconoscere l’errore dell’Antropocene, deve cercare le collaborazioni multispecie, la co-creazione, la mescolanza e la circolarità, soprattutto deve essere consapevole che siamo parte della natura e non i suoi padroni (Antonelli, 2019). A tal proposito la critica Alice Rawston, nella sua recente raccolta di articoli, riprende la celebre formula di Laszlo Moholy-Nagy del 1947 nel libro *“Vision in Motion”* *“design as an attitude”* che Moholy-Nagy descrive in questi termini *“a general valid attitude of resourcefulness and inventiveness which allow project to be seen not in isolation but in relationship with the need of the individual and the community”* (Moholy-Nagy, 1947, p.42).

Emblematica è stata la *Broken Nature: Design Takes on Human Survival*, XVII Triennale di Milano, curata da Paola Antonelli, che evidenzia non solo l'intersezione fra design e scienza ma il costante impegno di designers, ingegneri, biologi, sociologi e altre figure provenienti da discipline diverse a collaborare con l'obiettivo di prefigurare idee di un futuro migliore e possibile. Nella lettura di questa esposizione, oltre ad una presa di coscienza dell'importanza delle questioni sociali e culturali da considerare nel progetto, emerge un rinnovato rapporto uomo-natura. Gli scenari descritti aprono nuove possibilità al design, che per natura lavora sull'innovazione e attraverso il progetto, anche se a volte speculativo è in grado di offrire una visione su ciò che potrebbe essere il futuro e facilita il dissolvimento delle barriere (Marseglia, 2020).

Con lo speculative design, inoltre, si mette in discussione gli approcci pragmatici del design e l'ideologia consumistica dominante di oggi che ha un'idea di futuro ancora legata agli anni '60; il design si apre così a maggiori possibilità esplorative, lavorando sull'individuazione di un problema di progetto piuttosto che solo sulla sua risoluzione, si ha quindi un importante passaggio da problem solving a problem finding (Mitrović et al., 2021).

Progettare quindi è un processo di cambiamento che trasforma il presente in un futuro migliore. Ma come progettisti come possiamo comprendere il futuro migliore che dobbiamo progettare?

"Panetti con riferimento alla Theory U sostiene che qualsiasi processo di cambiamento deve far fronte a tre domande: 'cosa siamo, cosa potremmo essere, 'cosa dovremmo essere'" (Marseglia, 2020, p.14).

Oggi, riassumendo, il buon design deve implicare responsabilità etica, se possibile multispecie, esprimere sollecitudine verso tutti, dall'ambiente, alle persone e verso altri esseri con i quali veniamo a contatto. Il buon design contemporaneo riguarda anche la capacità di connettersi, immedesimarsi e proiettare, e la consapevolezza che ogni oggetto e ogni soggetto rappresentano un nodo in una complessa rete di sistemi complessi. Il design deve sostenere la biodiversità e la diversità culturale, deve infondere significato e vita nei prodotti, sostituendo "consumo" con "adozione" e assumendosi la responsabilità a lungo termine per ogni oggetto che tocchiamo.

Se i governi non considerano con sufficiente serietà l'impellenza delle problematiche ambientali, i designers possono essere i veri capofila del cambiamento.

Il design può offrire non solo creatività tattica ma anche messa a fuoco e strategia. L'obiettivo è riconsiderare il nostro rapporto con la natura al di là di una devozione ossequiosa e di un'ansia inconcludente, a favore di un atteggiamento di indebitamento più costruttivo.

Anche a chi crede che la specie umana si estinguerà in futuro, il design offre i mezzi per pianificare una fine più elegante, ne è esempio emblematico l'installazione "*Capsula Mundi*", di Anna Citelli e Raoul Bretzei, la quale afferma che la prossima specie dominante deve ricordarsi di noi, come essere dignitosi e premurosi, se non intelligenti (Antonelli, 2019).

Il design è e sarà sempre un fattore di progresso, nel bene e nel male, come afferma Paola Antonelli nel libro *Design and the Elastic Mind*, i designers stanno tra le rivoluzioni e la vita quotidiana, hanno la capacità di cogliere i cambiamenti epocali nella tecnologia, nella scienza e nel costume e di trasformarli in oggetti ed idee che le persone possono capire ed usare (Antonelli, 2008).



Fig. 005
Capsula Mundi
Anna Citelli e Raoul Bretzei, 2003



MANIFESTO

SPECULATIVE DESIGN

A

Affirmative
Problem solving
Provides answers
Design for production
Design as solution
In the service of industry
Fictional functions
For how the world is
Change the world to suit us
Science fiction
Futures
The “real” real
Narratives of production
Applications
Fun
Innovation
Concept design
Consumer
Makes us buy
Ergonomics
User-friendliness
Process

B

Critical
Problem finding
Asks questions
Design for debate
Design as medium
In the service of society
Functional fictions
For how the world could be
Change us to suit the world
Social fiction
Parallel worlds
The “unreal” real
Narratives of consumption
Implications
Humor
Provocation
Conceptual design
Citizen
Makes us think
Rhetoric
Ethics
Authorship

Progettare “With”: Alghe, Batteri e Funghi

Nongblai è un piccolo villaggio situato sul fondo di una valle circondata da ripide colline e foreste, nei Monti Khasi Orientali nello stato del Meghalaya (India), qui abita la tribù dei War-Khasi. La vita degli abitanti del villaggio è strettamente legata alle foreste circostanti, poiché il sostentamento di molte famiglie dipende proprio da queste: dal cibo che vi cresce e dalle piante che vi vengono coltivate, raccolte e in seguito scambiate al mercato. Per portare avanti le loro attività, è fondamentale per loro poter camminare facilmente nei boschi e attraversare crepacci e fiumi. Tuttavia, mentre in primavera i fiumi sono tranquilli, durante la stagione dei monsoni le acque scorrono impetuose e i tradizionali ponti di bambù o i moderni ponti in cemento, rischiano di venire trascinati via dalla forza della corrente. Da secoli, la necessità di trovare una soluzione al problema dell'attraversamento dei fiumi ha portato i Khasi a sviluppare strategie alternative per la costruzione dei ponti, ideando quelli che oggi sono in gran parte conosciuti come “ponti viventi”, cioè costruiti con le radici aeree degli alberi di caucciù (*Ficus elastica*), i quali creano un “dialogo con loro” crescendo fino ad essere dei veri e propri ponti, variegati in termini di forma e dimensioni che si snodano principalmente su alte rupi o in fondo a ripide valli sugli argini dei fiumi.

I War-Khasi si rapportano con la natura in un modo totalmente diverso dal nostro. I Khasi sono tradizionalmente una società animista: credono che ogni elemento della natura sia “vivo”; quindi, in grado di agire intenzionalmente; completamente diverso dalla nostra tradizione economica che vede le risorse come entità passive, che vengono strategicamente utilizzate dall'uomo per i suoi scopi (Domus, 2021).

Questo esempio di progettazione multispecie nella costruzione dei ponti viventi ci fornisce uno strumento utilissimo per immaginare il futuro del nostro pianeta e può essere un importante fonte di ispirazione per molti designer, che, in questo futuro post-antropocentrico, cercano di ri-considerare



Fig. 006
Silk Pavillon I
Neri Oxman, 2013



Fig. 007
Silk Pavillon II
Neri Oxman, 2020

il reciproco e fragile rapporto tra specie diverse, prendendo in considerazione modalità differenti come: adattamento, convivenza, collaborazione, mimesi.

Se vogliamo uscire dall'era in cui l'uomo ha condizionato e pressoché distrutto l'ecosistema terrestre dobbiamo puntare ad una coesistenza tra specie e allargare gli orizzonti.

Come cambierebbero i nostri spazi di vita e le nostre abitudini quotidiane se includessimo anche altre specie nella progettazione? Che scenari futuri di collaborazione potrebbero delinearsi all'interno dei nostri modi di vivere?

In questa direzione la pratica di Neri Oxman è una potente anticipazione di un futuro migliore possibile, la designer e il suo team tessono pazientemente connessioni tra discipline e tra specie, sposando le ultime tecnologie per ripensare il design in ottica di un futuro di completa sinergia tra natura e umanità. Oxman propone la creazione di soluzioni progettuali da, per e con la Natura mentre fa avanzare l'umanità. Questo approccio olistico richiede un progetto su scale e regni per un impatto a livello di sistema.

Oxman invita ad un cambio di paradigma da human-centric-design a nature-centric-design, cioè ad un design che vede ogni costruzione progettuale come un intero sistema, intrinsecamente connesso al suo ambiente attraverso interrelazioni eterogenee e complesse che possono essere mediate proprio attraverso il design. Rappresenta il passaggio dal consumo della natura come risorsa geologica al suo nutrimento come risorsa biologica. Riunendo la generazione di forme dall'alto verso il basso con la crescita biologica dal basso verso l'alto, i progettisti hanno il potere di inventare nuove possibilità di design dinamico, dove i prodotti e le strutture possono crescere, guarire e adattarsi.

Uno dei progetti più famosi firmati da Neri Oxman e il The Mediated Matter Group, è "*Silk Pavillion I*"; il quale indaga come gli esseri umani possono collaborare con altre specie per creare nuovi materiali e strutture senza esaurire le risorse naturali. Il progetto esplora le relazioni tra costruzione digitale e biologica, proponendo metodi che uniscono il tessuto biologico e il tessuto robotico. Ispirato alla capacità del baco da seta di generare un bozzolo tri-dimensionale da un singolo filo di seta, il "*Silk Pavillion I*" si è formato come

Neri Oxman

**“How can humans collaborate
with other species to create new materials
and structures without
depleting natural resources?”**

una cupola biologica, larga tre metri, costruita in tre settimane da 6.500 bachi da seta vivi assistiti da un braccio robotico e posizionati su una struttura di base composta da 26 pannelli poligonali realizzati con fili di seta posati da una macchina Computer-Numerically Controlled (CNC). Studiando come il comportamento di filatura del baco da seta è informato dalle condizioni spaziali e ambientali, si è stati in grado di guidare il loro movimento su fogli bidimensionali piuttosto che bozzoli tridimensionali (Antonelli, Burckhardt, 2020).

Questo esempio a dimostrazione che il design non è più quello di una volta, ma in un momento di evoluzione tecnologica accelerata e drammatiche preoccupazioni politiche, ambientali, demografiche ed economiche, il design riguarda davvero la vita e sono, soprattutto gli esperimenti con i biologi ad aver raccolto lo slancio più forte, ed una nuova forma di design organico si sta rapidamente evolvendo: il biodesign.

Questa nuova pratica di design, di cui proprio la dalla stessa Neri Oxman ne parla durante TED Talk 2015 in Vancouver, intreccia biologia e design, impiegando organismi viventi per sviluppare sinergicamente materiali e prodotti. Negli ultimi anni sempre più progetti di ricerca, mostre e conferenze affrontano le sfide tecniche e metodologiche del biodesign nonché sfruttano tutto il suo potenziale per la creazione di sistemi ibridi biologici e digitali per un futuro migliore; questo a dimostrazione che la rotta sta cambiando, si sta cercando di costruire una nuova linea responsabile e veramente sostenibile sulla quale costruire un universo vivace e creativo con condizioni di vita migliori per tutti.

Gli organismi viventi che svolgono un ruolo in queste iniziative includono *funghi, batteri e alghe*.

Il **fungo** è il più grande organismo vivente sulla terra e costituisce un regno unico separato da quello degli animali, delle piante e dei batteri; cresce su diversi substrati organici, formando reti aggrovigliate di fibre ramificate chiamate micelio.

Il micelio, che è la parte vegetativa del fungo, è un materiale fibroso composto, composto principalmente da polimeri naturali come chitina, cellulosa e proteine (D'Olivo, Karana, 2021). Il fungo assorbe energia e sostanze nutritive attraverso il micelio, svolgendo un ruolo essenziale nella decomposizione della materia organica nel suolo. Il micelio può decomporre una grande varietà di sostanze dal suolo, compresi gli idrocarburi come i prodotti petroliferi e altri inquinanti ambientali, rilasciando materie prime essenziali nell'ecosistema. Per questo motivo i ricercatori stanno sperimentando l'uso del micelio per rimuovere i contaminanti, oltre ai rifiuti radioattivi dai corsi d'acqua e dal suolo. Il potere di questi organismi viventi è immenso, è un vero e proprio riciclatore naturale. Il micelio rappresenta la rigenerazione e ha il potenziale per cambiare il nostro approccio al modo in cui i materiali vengono acquistati, realizzati ed utilizzati.

Il micelio può essere utilizzato per creare materiali con una varietà di proprietà simili a quelle dei materiali sintetici come la plastica. A differenza delle plastiche tipiche, che utilizzano combustibili fossili non rinnovabili, il micelio è completamente atossico e biodegradabile. Il micelio è inoltre incredibilmente versatile, può essere coltivato in stampi, assumendo qualsiasi forma o dimensione, è isolante, resistente all'umidità ed estremamente resistente, può essere reso rigido o elastico e sono necessari solo cinque giorni per far crescere materiale di micelio utilizzabile (Solanki, 2019).

Giorgia Marino

**“Alieni tra noi, e in noi. Onnipresenti,
eppure in gran parte
ancora sconosciuti”**

Caskia/Growing a MarsBoot 2017

Officina Corpuscoli

Fig. 008

Il progetto commissionato dal MoMa, per l'esibizione *"Items: Is Fashion Modern?"*, affronta le restrizioni che caratterizzano i viaggi spaziali e la necessità di ottimizzare le esigenze logistiche riducendo al minimo la quantità di materia richiesta (spore di micelio fungine) caricate nella navicella spaziale al momento del lancio e in seguito coltivando materiali e strumenti lungo il viaggio spaziale verso Marte. Il sudore dell'astronauta viene filtrato, alimentando la cultura fungina per la creazione di materiali biofabbricati. Il progetto consiste in uno scarpone spaziale biofabbricato.

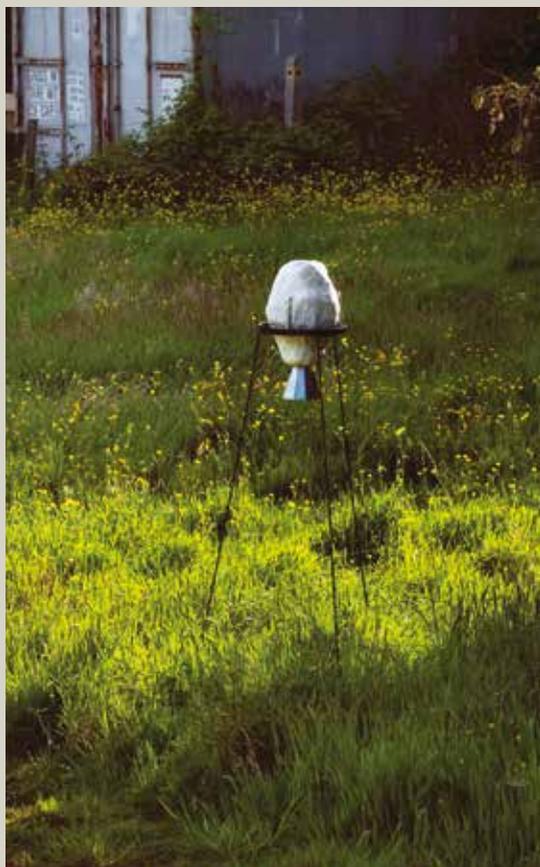


Living with Wildflower 2022

Suzie McMurtry

Fig. 009

Progetto speculativo che oltre ad avere una forte funzione narrativa funge da “piano assicurativo antincendio decentralizzato su piccola scala”. In combinazione con la naturale capacità dei funghi di stabilizzare i suoli e prevenire l’erosione, il progettista li utilizza per mitigare i danni causati dagli incendi. McMurtry ha progettato un “cannone a spore”, le quali sono protette all’interno di un “guscio” realizzato in micelio, sfruttando le sue naturali proprietà ignifughe. In caso di incendio, l’acqua all’interno evapora e aumenta la pressione, lanciando infine il tappo nell’aria e facendo galleggiare le spore in lungo e in largo nella speranza che possano mettere radici nelle aree in cui il fuoco si è placato. Il contenuto di umidità del suolo indica quanto bene le spore si impiantano effettivamente nel suolo.



Mycelium + Timber 2017

Sebastian Cox, Ninela Ivanova

Fig. 010

Il progetto comprende una serie di lampade e sgabelli, realizzati utilizzando il legno scartato dalla produzione di Sebastian Cox, reso micelio con la specie *Fomes fomentarius*. Ogni pezzo è stato creato dal micelio che crescendo attorno all'oggetto ha legato i diversi scarti di legno. Il risultato è un design leggero, incredibilmente resistente e completamente compostabile.



I **batteri** sono microrganismi procarioti unicellulari diffusi in natura, nel suolo e sulle piante. Si ritiene che siano la prima forma di vita emersa sulla nostra terra. Si trovano ovunque nell'ambiente, come l'aria, il suolo, l'acqua e il nostro corpo. Anche gli ambienti estremi possono essere la patria di batteri, dai laghi glaciali allo spazio esterno. I batteri sono utili a noi come esseri umani; svolgono un ruolo vitale nel nostro sistema di digestione, nella produzione di vitamine e nel nostro sistema immunitario. Formaggio, yogurt, miso, kimchi, aceto e salame, solo per citare alcuni dei tanti cibi che ci piacciono su base giornaliera che vengono prodotti con l'aiuto di batteri. Grazie alle moderne tecniche igienico-sanitarie di filtraggio dell'acqua, ai trattamenti termici e alla conservazione degli alimenti come il frigorifero, siamo riusciti a spingere batteri e microbi fuori dalla nostra vita. La diminuzione della presenza di batteri ha portato all'aumento delle allergie alimentari, dell'asma tra gli altri. Da un impatto negativo a un impatto positivo, i batteri possono produrre molto cibo e materiali. Dall'inchiostro alla pelle artificiale, i batteri possono fare tutto, sono inoltre facili da coltivare in una varietà di ambienti, intervalli di temperatura e condizioni di pH e si replicano rapidamente assorbendo i nutrienti dai rifiuti e dalle risorse rinnovabili. È facile smantellare e manipolare geneticamente i batteri per il miglioramento del ceppo (D'Oliveo, Karana, 2021).

Emma van der Leest

**“Ultimately the role of the future designer
is to explore how nature’s biodesigned
materials could become
tomorrow’s consumer products”**

BioBricks 2017

Biomason

Fig. 011

Ginger Krieg Dossier utilizza i batteri calcite per produrre un mattone sostenibile per l'industria delle costruzioni. Utilizza sabbia che si lega all'urina e ad un batterio che è responsabile della crescita dei coralli. Questo avviene grazie ad un processo biochimico noto come: precipitazione di carbonio microbico. I batteri separano l'urea delle urine e formano il carbonato di calcio. I ponti solidi che tengono insieme la sabbia si formano in 5 giorni a temperatura ambiente, risultando in un composito stabile e color grigio chiaro.



BioCouture 2014

Suzanna Lee

Fig. 012

Una collezione per l'industria della moda e del lusso realizzate in biomateriali prodotti da batteri (biofabbricazione). Utilizzando un mix simbiotico di lievito e batteri, viene prodotto un materiale simile alla pelle che ha somiglianze con la pelle di mammifero. Il mix fa crescere la pelle batterica in un processo di fermentazione, allo stesso modo in cui vengono prodotti birra e formaggio. Nel corso del tempo, i capi di abbigliamento cambiano colore, che diventa sempre più scuro in base al processo di biodegradazione, alla fine, può essere buttarlo insieme agli scarti vegetali.

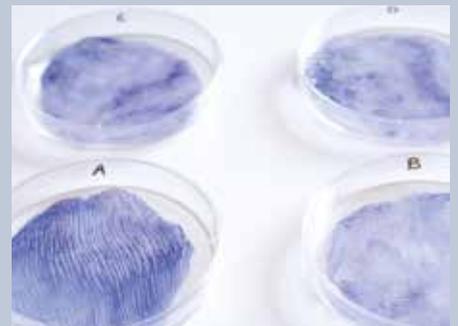


Living Colour 2017

Laura Luchtman, Ilfa Siebenhaar

Fig. 013

Questo progetto di ricerca sperimenta la colorazione tessile con microrganismi, nella fattispecie i batteri che producono pigmento colorato. Sottoponendoli a certe frequenze, vengono fatti crescere seguendo delle trame specifiche. Grazie alla realizzazione di un'installazione sonora i batteri vengono fatti 'danzare', così da non crescere casualmente. Le frequenze sonore aiutano ad accelerare la produzione di pigmento, quelli non sottoposti al suono creano semplici sfumature sul tessuto mentre gli altri danno origine a vere e proprie tinte uniformi.



Le **microalghe** sono costituite da fitoplancton e alghe terrestri. I microrganismi fitoplanctonici vivono in ambienti acquatici mentre le alghe terrestri possono crescere su superfici di suolo, roccia e così via. Questi microrganismi fotosintetici utilizzano l'energia della luce per convertire l'acqua e l'anidride carbonica (CO₂) in composti organici come lipidi, carboidrati, proteine, pigmenti e altri prodotti preziosi. Le alghe, uno dei primi organismi fotosintetici sulla Terra oltre 3 miliardi di anni fa, sono state i polmoni del pianeta, fissando CO₂ e generando ossigeno attraverso il loro processo fotosintetico altamente efficiente. Si stima che esistono centinaia di migliaia di specie di microalghe e negli ultimi decenni sono emersi sul mercato molti bioprodotto a base di microalghe. Le microalghe sono state coltivate per vari usi nelle industrie bioenergetiche, agricole, acquicole, farmaceutiche e alimentari a causa del loro rapido tasso di crescita e di un potenziale elevato contenuto di composti nutrizionali e bioattivi. Le microalghe vivono ovunque dall'acqua dolce, salmastra e salata al deserto, artico, pietra, suolo e sulle piante. Le loro dimensioni vanno dai pochi micrometri di una singola cellula alle gigantesche alghe marine lunghe oltre 100 piedi. Le alghe possono essere raggruppate in macroalghe (es. alghe) e microalghe (es. fitoplancton) a seconda della loro fisiologia. Sebbene la biomassa algale sia circa un decimo di tutte le piante terrestri, esse contribuiscono a circa la metà di tutto l'ossigeno prodotto sulla Terra (Kim, 2022).

Claudia Pasquero

“The great thing about nature-based solutions is that what for us is polluting for algae is food”

Algae Geographies 2019

Eric Klarenbeek, Maartje Dros

Fig. 014

I due designer olandesi hanno sviluppato una bioplastica a base di alghe, ritenendo che il polimero di alghe possa essere utilizzato per fare di tutto, dalle bottiglie di shampoo alle stoviglie o ai bidoni della spazzatura, sostituendo alla fine interamente le materie plastiche a base di olio fossile. Insieme coltivano alghe viventi, che poi asciugano e trasformano in un materiale che può essere utilizzato per stampare oggetti in 3D. Per creare prodotti vengono utilizzate alghe locali immaginando un'autoproduzione locale.



Light on Lives 2022

Fengfan Yang

Fig. 015

E' una luce notturna alimentata da microalghe, vincitrice del premio Isola design 2022. Le microalghe come generatore di energia non generano molta elettricit , ma lo stoccaggio quotidiano di elettricit    perfetto per una luce notturna. La lampada non ha bisogno di essere collegata ad una fonte di alimentazione o ricaricata, solo l'acqua deve essere cambiata regolarmente. Per questa lampada, l'impianto   la fonte di elettricit . La lampada   composta da sei provette e una piastra rotonda assemblati insieme per formare la base, che collegata alla lampadina tramite un pulsante di collegamento elettrico magnetico posizionato in alto al centro. E' presente inoltre una batteria ricaricabile all'interno della lampadina per immagazzinare energia, cos  se durante il giorno viene risparmiata abbastanza energia, la lampadina pu  essere raccolta e utilizzata separatamente.



Biobombola 2020

ecoLogicStudio

Fig. 016

E' un prodotto di giardinaggio speculativo che invita individui, famiglie e comunità a coltivare un giardino di alghe domestiche, una fonte sostenibile di proteine vegetali. Biobombola assorbe l'anidride carbonica e ossigena l'ambiente domestico in modo più efficace delle piante comuni, promuovendo al contempo un'interazione quotidiana appagante con la natura. Ogni Biobombola è composto da un singolo fotobioreattore personalizzato, un contenitore di vetro di laboratorio alto un metro, riempito con 15 litri di ceppo fotosintetico vivente di Spirulina (alghe blu-verdi). Biobombola può essere facilmente assemblata e smontata, il fotobioreattore si adatta a qualsiasi ambiente ma deve essere installato in un punto con luce solare.



Living Design

Tutto scorre niente rimane lo stesso +

From Assembly to Grown: Rivoluzione Biologica +

BioDesign +

Economia Bio-circolare +

Living/Grown Material +

Accogliere la vita: Bioreceptive Design +

*“Watching objects grow and, after the first impulse,
letting nature, the best among all engineers and architects,
run its course”*

L'integrazione della vita nel design non è una bacchetta magica per risolvere immediatamente i problemi della Terra, non sarà esente da passi falsi e presenta potenziali rischi dovuti all'utilizzo della biologia sintetica; ma i potenziali benefici e la necessità di riformare le pratiche attuali verso un approccio più in sintonia con i sistemi biologici superano di gran lunga questi rischi. Inoltre, l'abbraccio della natura da parte del design è atteso da tempo e rappresenta la via più promettente per il futuro.

“I imagine that over the next decade humans will form a kind of symbiosis with the plant kingdom where bioengineered plants change colors to signal the presence of pollutants in the air, land, and waterways”

Harpreet Sareen

Tutto scorre, niente rimane lo stesso

Il titolo di questo paragrafo riprende una delle citazioni filosofiche più famose di sempre, *“Everything changes and nothing stands still”* di Eraclito, nella sua filosofia infatti niente rimane fermo ma tutto è in divenire costante.

Come afferma anche Paola Antonelli nel libro *“The Neri Oxman Catalogue”* *“change touches each creature, community, and system uniquely; to each, it manifests at distinct speeds and scales and in different cycles. For instance, most entities glaciers, plankton, clouds, tigers, or dandelions go with the flow, adapting and evolving over time to accommodate change and accept its aftermath, however unfortunate. Not humans. Except for the faithful or the wisest among us, most human beings either resist, pursue, seek to control, or amplify change. We take pride in our ability to interfere with and even manipulate the flow. In so doing, we create consequences—not only for us, but for all species. So much have we tinkered that we seem to have lost control of the mutation, which now ever accelerates, like a cancerous growth”* (Antonelli, Burckhardt, 2020, p.12).

In questa direzione la pratica di Neri Oxman è stata anticipatoria di un futuro migliore e possibile, in cui il design, con un approccio interdisciplinare, si abbandona alla ricerca di nuove morfologie ispirate al vivente, dove la materia viva detta la forma. Spunti interessanti su questa evoluzione che sta abbracciando il design sono arrivati dalla mostra *“La Fabrique du Vivant. Mutation/Creations”*, tenutasi al Centre Pompidou di Parigi nel 2019, nella quale viene esplorata una nuova materialità vivente e sono state messe in mostra le creazioni ed innovazioni di artisti e designer, tra cui Studio Formantasma, EcologicStudio e Neri Oxman, che attingono al mondo della biologia sintetica per sviluppare nuove ecologie sociali e politiche basate sulla questione del vivente, infatti la maggior parte delle opere presenti erano coinvolte in un

processo di crescita o degenerazione: opere mutanti, in continua evoluzione.

L'attenzione si concentra sulla materia stessa, il 'vivente' abbraccia il campo fisico della materia e l'immaterialità del mondo digitale, artisti e designer sfruttano il campo delle biotecnologie per ricreare l'abitare.

Esempio è il progetto, *Semi-human Vase I e II*, 2015 e 2019, del designer giapponese Hongjie Yang, il suo lavoro è una riflessione concettuale sul potenziale di progettazione di queste tecnologie e sullo scioglimento dei confini tra esseri umani e oggetti; infatti, il progetto presenta cellule umane HeLa che crescono su un'impalcatura tridimensionale stampata in 3D a forma di vaso.

Anche il progetto "*The Red Honeycomb Vase*", 2018, del designer slovacco Tomas Libertiny, il quale collabora con le api sfidando la produzione di massa e permettendo alla natura di creare quello che sarebbe considerato un prodotto fabbricato dall'uomo. Grazie all'utilizzo di un'impalcatura e dopo aver trascorso mesi a imparare dagli apicoltori il funzionamento interno della natura, Libertiny ha invitato colonie di api a partecipare alla creazione di forme scultoree con il progetto "*Made by Bees*", iniziato nel 2005, per esplorare nuovi metodi di produzione, spingendo sempre più lontano i confini tra design e vivente.



Fig. 017
The Red Honeycomb Vase
Tomas Libertiny 2018

From Assembly to Grown: Rivoluzione Biologica

“For centuries, we’ve been taught to sketch, model, and build in three static dimensions, X, Y, Z. But the natural world offers much more dimensionally complex and dynamic contexts. They include environmental dimensions, such as heat, light, and humidity, and epidemiological dimensions associated with viral load, influencing urban immunity”(Oxman, 2021).

Dal nostro “divorzio” dalla natura avvenuto con la Rivoluzione Industriale, il mondo del design è stato dominato dal rigore della produzione in serie, le catene di montaggio hanno imposto un mondo fatto di parti, influenzando e inquadrando il pensiero dei designer, che sono stati educati a progettare i loro oggetti come un insieme di componenti assemblati con funzioni distinte. Tuttavia la natura non opera in questo modo, quando pensi al mondo biologico, ma anche a quello vegetale, questi non sono fatti da assemblaggi ma da parti eterogenee che cambiano costantemente le sue proprietà, inoltre gli esseri viventi non vengono scolpiti o assemblati, ma crescono, nelle cellule, le nostre unità viventi più piccole, ci sono tutte le informazioni necessarie ad ogni altra cellula per funzionare e riprodursi (Oxman, 2021).

“Between the chisel and the gene, between machine and organism, between assembly and grown, between Henry Ford and Charles Darwin”(Oxman, 2015).

Con questa frase, pronunciata da Neri Oxman durante il TED Talks 2015, la designer cerca di rappresentare quale è la sua visione del mondo e quella di quei designer che oggi vogliono andare oltre l’assemblaggio, oltre la “macchina”, che è stata la protagonista delle rivoluzioni industriali precedenti. I designer si trovano divisi tra il digitale e il biologico, tra lo scalpello, cioè la macchina e il gene, cioè l’organismo, la crescita. I designer oggi devono cercare di integrare queste due visioni del mondo, allontanandosi dal concetto di assemblaggio e avvicinandosi a quello della crescita: *From Assembly to Grown* (Oxman, 2015).

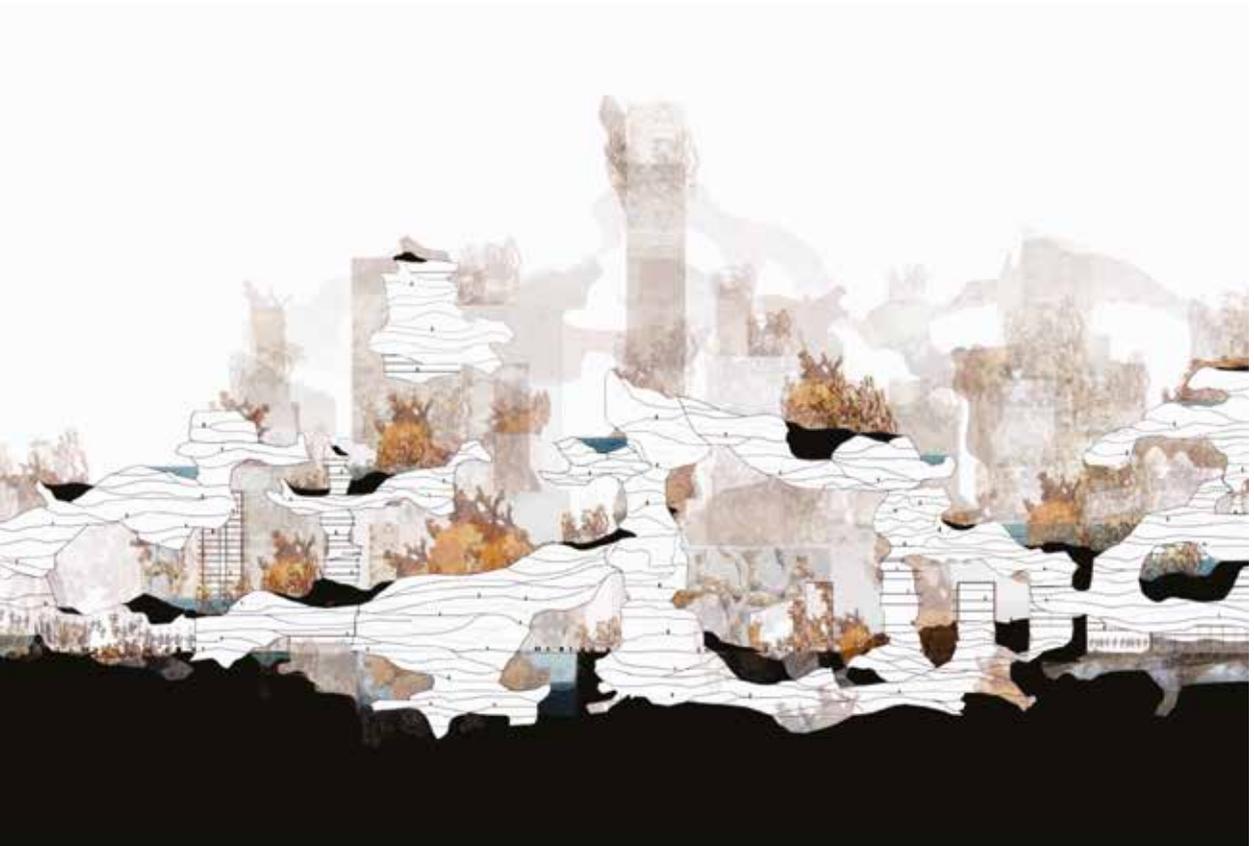
Neri Oxman

**“Between the chisel and the gene,
between machine and organism,
between assembly and grown,
between Henry Ford and Charles Darwin”**

Perché adesso? Perché viviamo in un periodo storico speciale, un periodo in cui la confluenza di quattro campi sta fornendo ai designers degli strumenti, che mai prima d'ora avevano avuto a disposizione; questi strumenti sono: design computazionale, che permette di creare forme complesse partendo da semplici formule, additive manufacturing, che ci consente di produrre parti aggiungendo materiale invece di sottrarlo, ingegneria dei materiali che studia il comportamento dei materiali e la biologia sintetica, che ci permette di dare vita a nuove funzionalità agendo sul DNA (Oxman, 2015).

E' proprio la collaborazione con i biologi che può fornire ai designers una diversa visione della vita, introducendo un nuovo mondo di possibilità, intorno al quale fare design; proprio grazie a questa collaborazione, la designer Suzanne Lee ha “sfruttato” la biofabbricazione, cioè “costruire” con la biologia, che significa: “instead of processing plants, animals or oil to make consumer material we might grown materials directly with living organism” (Lee, 2020) per dare vita al suo progetto *Bio-Cuture*, utilizzando batteri per creare/crescere in laboratorio in pochi giorni, un materiale simile alla cellulosa. Così, quella che molti stanno nominando “Quarta Rivoluzione Industriale”, incluso il fondatore del World Economic Forum, Klaus Schwab, è un'era di cambiamento, in cui ogni processo è informato da considerazioni organiche, in cui la cultura è diventata consapevole della biologia e degli ecosistemi (Antonelli, Burckhardt, 2020). La stessa Oxman ha notato questo preciso cambiamento: *“Unlike the Industrial Revolution, which was ecology-agnostic, this new approach tightly links objects of design to the natural environment”* (Antonelli, Burckhardt, 2020, p.30). Secondo il pensiero di Suzanne Lee la “Quarta Rivoluzione Industriale” porterà alla creazione di nuove fabbriche come se fossero cellule viventi, in cui i nostri strumenti provengono dalle biotecnologie: batteri, alghe e funghi (Lee, 2020).

Fig. 018
The Sponge Manifesto
From now to then, 2017



Winy Maas

**“What if we create a new layer on the Earth
that incorporates **growing human
habitation and consumption?**”**

BioDesign

“Biodesign is about curiosity, about understanding what it means to be alive and about what else life can be” (Telhan, 2020).

Il mondo ha un disperato bisogno di un nuovo pensiero progettuale, abbiamo bisogno di team interdisciplinari che progettino non solo per gli esseri umani, ma per il resto del pianeta vivente. Quando i materiali del design sono esseri viventi o tessuti organici anziché plastica, legno, ceramica o vetro, ogni progetto solleva implicazioni che si spingono molto più in là dell'equazione forma/funzione, così come di qualsiasi idea di comfort, modernità e progresso. Il design trascende i suoi limiti tradizionali e le sue implicazioni puntano dritto al cuore della sfera morale, fino a confrontarsi con le nostre convinzioni più profonde (Myers, 2012).

L'emergere delle biotecnologie e la loro integrazione in contesti di utilizzo incentrati sull'uomo ha portato ad un nuovo paradigma di design, noto come BioDesign, che include l'integrazione di processi biologici in una vasta gamma di campi del design, tra cui, ma non solo, architettura, fashion design, product design ed interaction design (Dade-Robertson, 2020).

Myers nel suo libro *Bio Design: Nature Science Creativity*, afferma: *“Biodesign goes further than other biology-inspired approaches to design and fabrication. Unlike biomimicry, cradle to cradle, and the popular but frustratingly vague ‘green design,’ Biodesign refers specifically to the incorporation of living organisms as essential components, enhancing the function of the finished work”* (Myers, 2012, p.10).

Il BioDesign si trova all'intersezione tra biologia e design, che unendosi possono dare vita a diversi approcci, come augmented biology, biodesign fiction, digital biofabrication e growing design. In augmented biology, i progettisti cercano la re-ingegnerizzazione delle cellule per progettare nuovi

organismi biologici che possano aiutarci a far fronte alle sfide della società contemporanea, come carestie, malattie e carenze energetiche. Un esempio è il progetto “*E. chromi: Living Colour from Bacteria*”, dei designer Alexandra Daisy Ginsberg e James King in collaborazione con un gruppo di biologi della Cambridge University, un toolkit di autodiagnosi che impiega un ceppo ingegnerizzato di *E. coli* Bacteria, che, una volta ingerito dal paziente sotto forma di bevanda probiotica, può emettere pigmenti in risposta all’individuazione di malattie e spingere le persone all’autodiagnosi precoce. Nel biodesign fiction, i designer mirano a discutere le implicazioni dei futuri biotecnologici prima che accadano, il risultato è quindi una speculazione, uno scenario progettato per far interagire le persone con il futuro immaginato. In altri casi, i progettisti accoppiano strumenti biologici con tecnologie informatiche avanzate, in un approccio di digital biofabrication. Ad esempio, i ricercatori del The Mediated Matter Lab hanno sviluppato un metodo di fabbricazione a base d’acqua per stampare biomateriali in 3D, sfruttando la crescita di microrganismi per completare la forma della struttura stampata. Rispetto agli approcci sopra elencati, il quarto approccio, Growing Design, è caratterizzato da una attività pratica, incentrata sullo sviluppo di nuovi materiali per il design del prodotto. L’esito di questo processo è spesso realistico, da applicare nei prodotti di consumo nel prossimo futuro (Karana, Camere, 2018).

Il lavoro dei biodesigner deve dare la priorità al processo rispetto al prodotto, favorendo il design speculativo rispetto a quello finalizzato e completamente implementato al fine di generare visioni che possono affrontare le nostre convinzioni più profonde (Oxman, 2022).

I biodesigner lavorano con i sistemi viventi, alcuni lavorano con organismi visibili come piante e animali, altri con batteri e cellule, altri ancora perseguono la creazione di nuovi sistemi viventi manipolando il DNA, questo, per realizzare nuovi prodotti, rispondere ai problemi e criticare il modo in cui la biotecnologia viene utilizzata oggi e potrebbe essere utilizzata in futuro.

Pirjo Kääriäinen

**“The changes we’ve caused to the climate
and environment are now compounding
crises; biodesign offers a glimmer of hope
that we might face these global problems
without triggering a slew of new ones”**

NATURE X HUMANITY

NINE COMMANDMENTS FOR A NEW DESIGN PRACTICE

Rethoric \ Subject	What	Why	How
NU ¹	I Nature as co-client	II Nature-centric design	III Activist design
NA ²	IV Growth over assembly	V System over object	VI Technology over typology
NU NA ³	VII Difference over repetition	VIII Integration over segregation	IX Decay over disposal

NUTRIZIONE [NU]. Chiediamo un cambiamento nel modo in cui percepiamo la clientela e la redditività commerciale, trasformando la natura in un co-cliente all'interno della pratica del design [I]. Il design incentrato sulla natura invita alla creazione e alla fornitura di soluzioni di design al servizio della natura mentre avanza l'umanità [II]. Il design attivista utilizza la partecipazione tecnologica per sollecitare le società in servizio ad attuare valori incentrati sulla natura in tutte le industrie di progettazione, costruzione e produzione [III].

NATURING [NA]. Promuoviamo pratiche di progettazione che danno priorità alla crescita rispetto all'assemblaggio [IV]. Il design incentrato sul sistema considera qualsiasi costruito di progettazione - indossabile, prodotto o edificio - un sistema di interrelazioni quantificate tra domini naturali, biologici e digitali [V]. Le tecnologie di piattaforma sono i mezzi per posizionare il metodo scientifico e l'innovazione tecnologica come il nucleo della pratica architettonica, rivisitando le tipologie consumate dal tempo [VI].

NU/NA. Daremo la priorità alla differenza rispetto alla ripetizione e alla personalizzazione rispetto alla produzione di massa [VII]. La progettazione gerarchica su larga scala integra flussi di lavoro di progettazione in cui la materia viene consumata attraverso l'ecosistema che l'ha germogliata. [VIII] La decomposizione programmata è il quadro in cui il decadimento è progettato codificando i materiali per ricongiungersi al ciclo delle risorse di un ecosistema al fine di alimentare una nuova crescita. Questo, a sua volta, potenzia i cicli delle risorse dell'ecosistema piuttosto che esaurirli [IX].

Vedono il potenziale della biotecnologia e la sua capacità di plasmare il mondo vivente, i biodesigner riconoscono l'enorme responsabilità che deriva dallo esercitare un potere che potrebbe un giorno creare nuove specie o cancellarne altre. Il biodesign presenta quindi un allontanamento radicale dalla prospettiva ristretta ed a breve termine della nostra vita quotidiana, pensando ai sistemi e vedendo come partner gli organismi con cui i biodesigner lavorano e che i loro prodotti potrebbero influenzare (Grushkin, 2021). Con questa disciplina si avrà l'opportunità di modellare le proprietà per progettare materiali che influenzano le pratiche sociali e culturali legate al consumo. Un tale approccio sfrutterà quindi tutto il potenziale della rivoluzione biotecnologica, integrando un cambiamento non solo nel sistema produttivo, ma anche nell'esperienza delle persone nei confronti dei materiali e delle culture che ne derivano (Karana, Camere, 2018).

In un'intervista per Biodesigned, Neri Oxman ci parla di tre approcci al biodesign, ognuno distinto per la sua relazione con la natura: nature-inspired, nature-informed e nature-grown (Oxman, 2022). Proprio il design di Neri Oxman è stato protagonista della mostra *SFMOMA, Nature x Humanity, 2022*, curata da Jennifer Dunlop Fletcher al San Francisco Museum of Modern Art; con le sue opere, la designer americano-israeliana, fornisce una provocazione vitale per il design e l'architettura nell'era del cambiamento climatico, collegando scienza, ingegneria ed arte, i suoi progetti incoraggiano uno spettatore a considerare alternative alle pratiche edilizie odierne che stanno contribuendo ad un habitat malsano ed insostenibile; la mostra include progetti che utilizzano nuovi biomateriali e tecniche di fabbricazione come la stampa 3D, insieme a modelli che ci chiedono di immaginare paesaggi urbani trasformati che funzionano con la natura e non contro.

La richiesta di progettare in modo diverso per portare la produzione e la costruzione in un rapporto più integrato con i processi naturali sta crescendo e accelererà le collaborazioni tra designer e biologi. Costruire con batteri e altri organismi sta diventando contemporaneamente una possibilità tecnologica ed una necessità. Il biodesign dovrebbe essere il prossimo paradigma del design, in cui i processi biologici e biomimetici sostituiscono quelli che oggi sono meccanizzati e digitalizzati (Myers, 2012).

"The next decades of biodesign will transform both what it means to design and what it means to be human with respect to each other. It will be one of the most important disciplines to help us identify the root causes of design problems, while also providing the tools and technologies to act on them" (Telhan, 2020).



Fig. 019
Totem
Neri Oxman
SFMOMA, Nature X Humanity, 2019

BIOTECHNOLOGY IS A TECHNOLOGY OF LOVE

There is a feeling I have sometimes

Something about the unfurling of the universe.

About entropy - family - fraternity - vitalism - biophilia - love.

I have 'the feeling' in the Louvre wandering rooms filled with medieval relics and paintings. I have it watching our girls tip their toes in and out of the water on the shores of Lake Huron. I have it often when I am making art. A feeling like I am exactly where I belong. Like I am an insignificant ant in a cosmic colony. In the lab and in the garden while tending to plants, algae, cells, microbes.

The feeling is probably love. But not the kind of love we see in Hollywood films or read about in romance novels. I mean an awesome sensation of love for oneself and all other living beings hurtling through the universe on our shared spaceship earth

I am talking about the kind of love that acknowledges suffering and pain and death as essential aspects of every life cycle. I am talking about a joyous and melancholic kind of love that knows the lover too will die; and all of humanity will also one day end; and our sun will eventually expand into a Red Giant and vaporize all evidence of our Earth.

It is with this feeling - I often think biotechnology might be a technology of love...

Economia Bio-circolare

“Why take from nature when you can grow an exact or improved replica without causing any harm?” (Franklin, Till, 2020, p.193).

Come sottolinea Maurizio Montalti, fondatore dello studio di design e ricerca Officina Corpuscoli di Amsterdam, una delle principali sfide del secolo in corso è trasformare il nostro sistema economico orientato al consumo in una società eco-friendly e autosufficiente, capace di ridurre al minimo il consumo di energia, le emissioni di carbonio e la produzione di rifiuti, riducendo al contempo i costi di produzione (Franklin, Till, 2020).

I progettisti stanno affrontando la sfida della sostenibilità lavorando da zero, creando nuovi materiali da elementi costitutivi cellulari di base. La crescente accettazione della biotecnologia e della biologia sintetica sta portando a laboratori che iniziano ad assomigliare ad aziende agricole. L'agricoltura cellulare, in particolare, sta guadagnando terreno e si ritiene sempre più che sia una risorsa alimentare sostenibile futura praticabile.

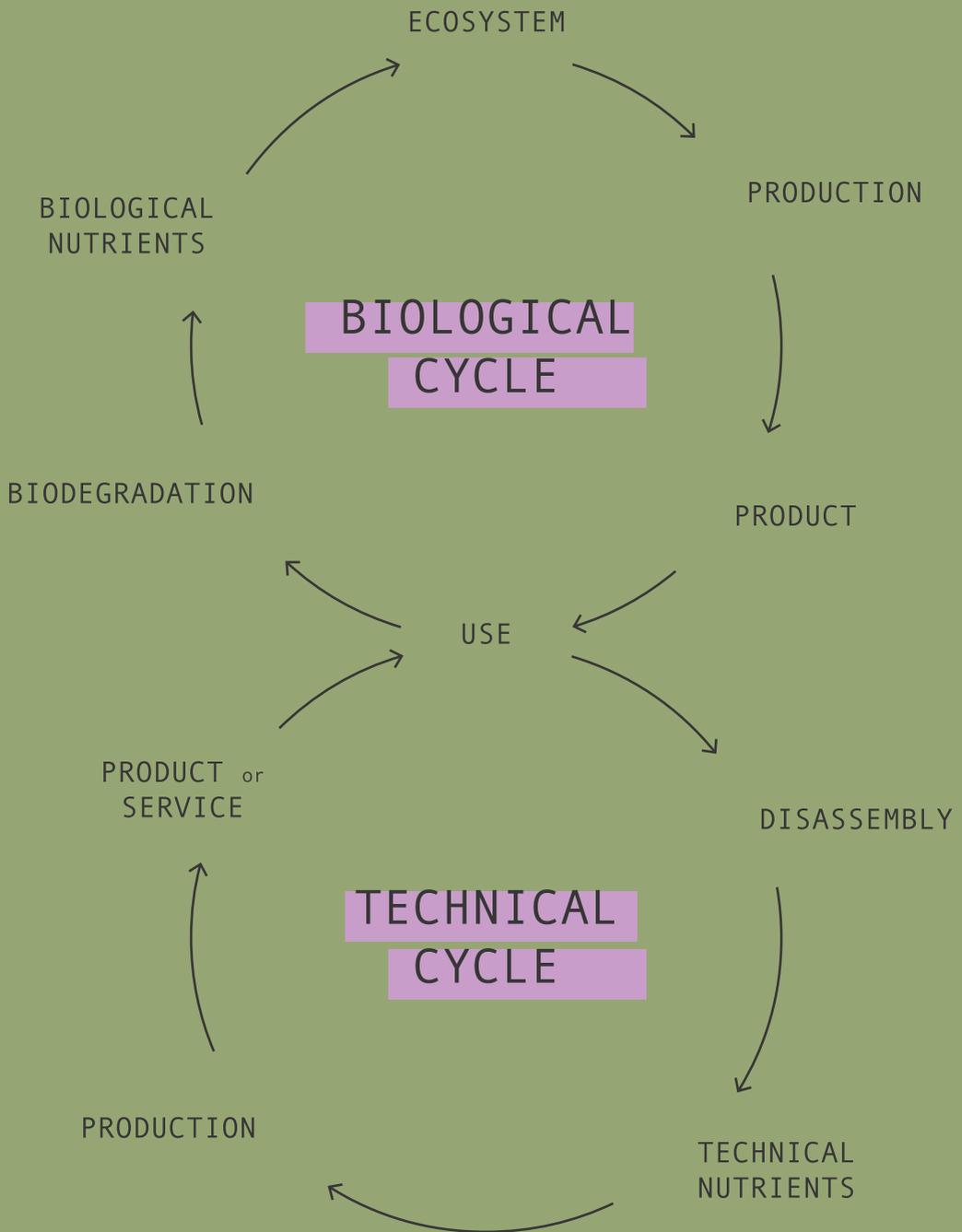
I progettisti che sposano il principio Grow Your Own stanno creando sistemi fai-da-te per consentire a chiunque ed a tutti di riciclare i propri rifiuti e creare i propri prodotti. Altri stanno adottando un approccio più lento: Engineering Growth, che trasforma le piante in fabbriche viventi, le quali sono contemporaneamente materiale, design e prodotto finale (Karana, Camere, 2018).

Sempre Montalti: *“I envisage a future factory as clearly ordered, similar to factories today - but much more alive. My sketches of the future factory are like fields of cultivation, with both micro and macro entities - fungi, algae, crops...however, such factories will not be there for growing food, but for growing semi-finished and finished components”* (Franklin, Till, 2020, p.197).

La previsione di Maurizio Montalti della nascita di biofabbriche per la produzione di componenti e semilavorati, in linea con le visioni di Neri Oxman e Suzanna Lee, potrà essere realizzabile grazie alla biofabbricazione, cioè il processo di produzione di materiali complessi e artefatti attraverso la crescita di organismi viventi e cellule, originariamente sviluppato per scopi biomedici. Le potenziali applicazioni di questa tecnologia spaziano dall'industria biomedica alla produzione di energia (es. biocarburanti da alghe), nonché allo sviluppo di materiali sostenibili per la produzione. Proprio in quest'ultimo caso, la biofabbricazione è considerata particolarmente efficiente rispetto ad altre tecnologie di produzione di materiali, perché non richiede l'estrazione di materiali vergini pregiati dalla crosta terrestre, ma utilizza risorse rinnovabili come elementi nutritivi per gli organismi viventi.

Inoltre, la biofabbricazione comporta una quantità limitata di energia aggiuntiva, poiché sfrutta le capacità metaboliche dei sistemi biologici in crescita per produrre materiali. I materiali che ne derivano non solo sono innocui per l'ambiente e biodegradabili, ma possono anche alimentare la coltivazione di nuovi materiali alla fine del loro ciclo di vita (Karana, Camere, 2018). Per questi motivi, la biofabbricazione può essere considerata un sostituto altamente sostenibile delle tecnologie basate sui materiali fossili, in linea con un approccio *Cradle-to-Cradle* (McDonough, Braungart, 2002). La biofabbricazione e la natura ingegnerizzata offrono uno spettro molto ampio di possibilità, il suo potenziale è infinito.

Emblematico del concetto di biofabbrica, citato da Montalti, è il progetto "*BioFactory*" di ecologicStudio, che promuove un atteggiamento proattivo della coltivazione, della raccolta e della lavorazione del materiale organico vivente. Attraverso l'applicazione della tecnologia PhotoSynthetica, pioniera dello studio, testa la fattibilità della costruzione di biofabbriche nel prossimo futuro, dove le microalghe vengono coltivate in modo efficiente sulle pareti della fabbrica. La *BioFactory* attuerà quindi economie circolari locali di materia ed energia, le microalghe cresceranno all'interno dei fotobioreattori mentre si nutrono delle emissioni di CO₂ della fabbrica e la biomassa appena raccolta entrerà quindi nella catena di approvvigionamento della fabbrica per diventare una materia prima rinnovabile e sostenibile per i prodotti alimentari e gli imballaggi ad emissioni zero. Il sistema accoppia l'intelligenza biologica unica delle microalghe fotosintetiche con l'intelligenza artificiale dei protocolli di agricoltura autonoma, così man mano che il sistema cresce diventa più resiliente e alla fine evolve livelli più alti di produttività.



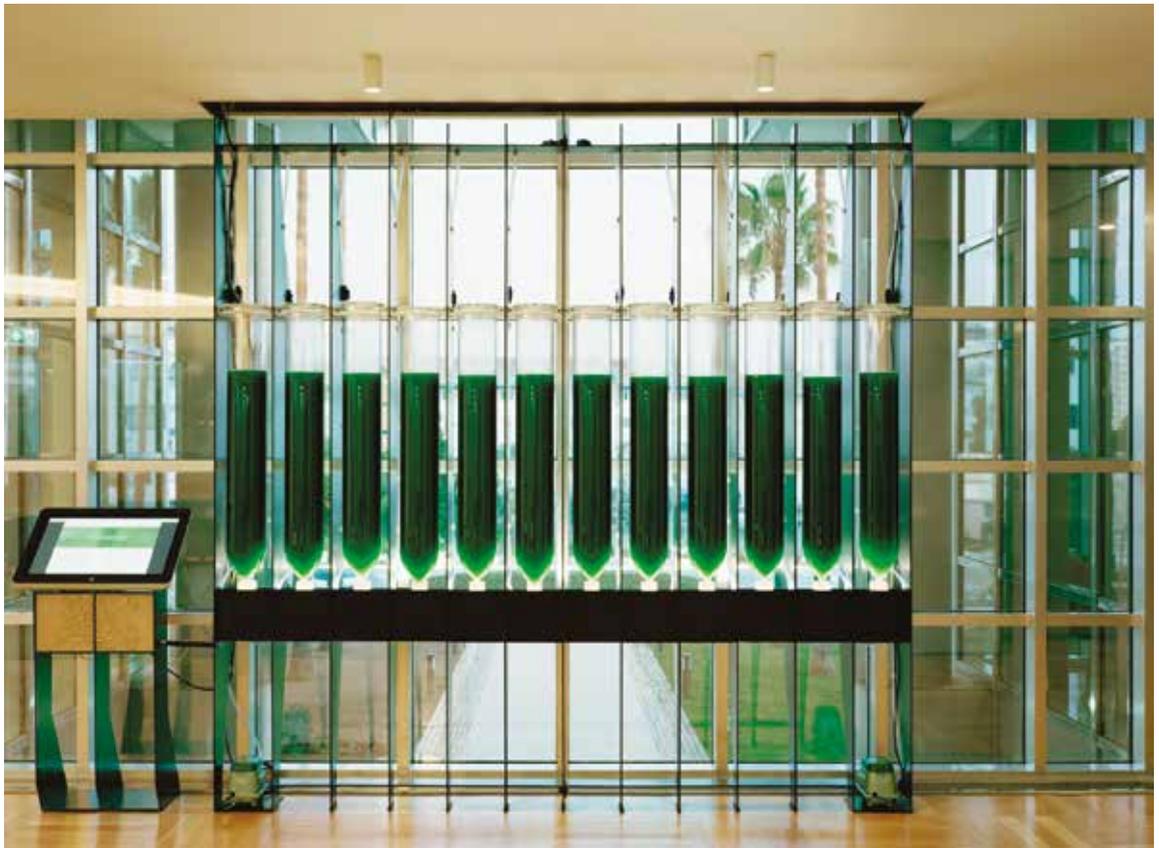


Fig. 020
BioFactory
ecoLogicStudio, 2022
all'interno di Nestlé Portugal

Maurizio Montalti

***Why take from nature when
you can grow an exact or improved replica
without causing any harm?***

Living/Grown Material

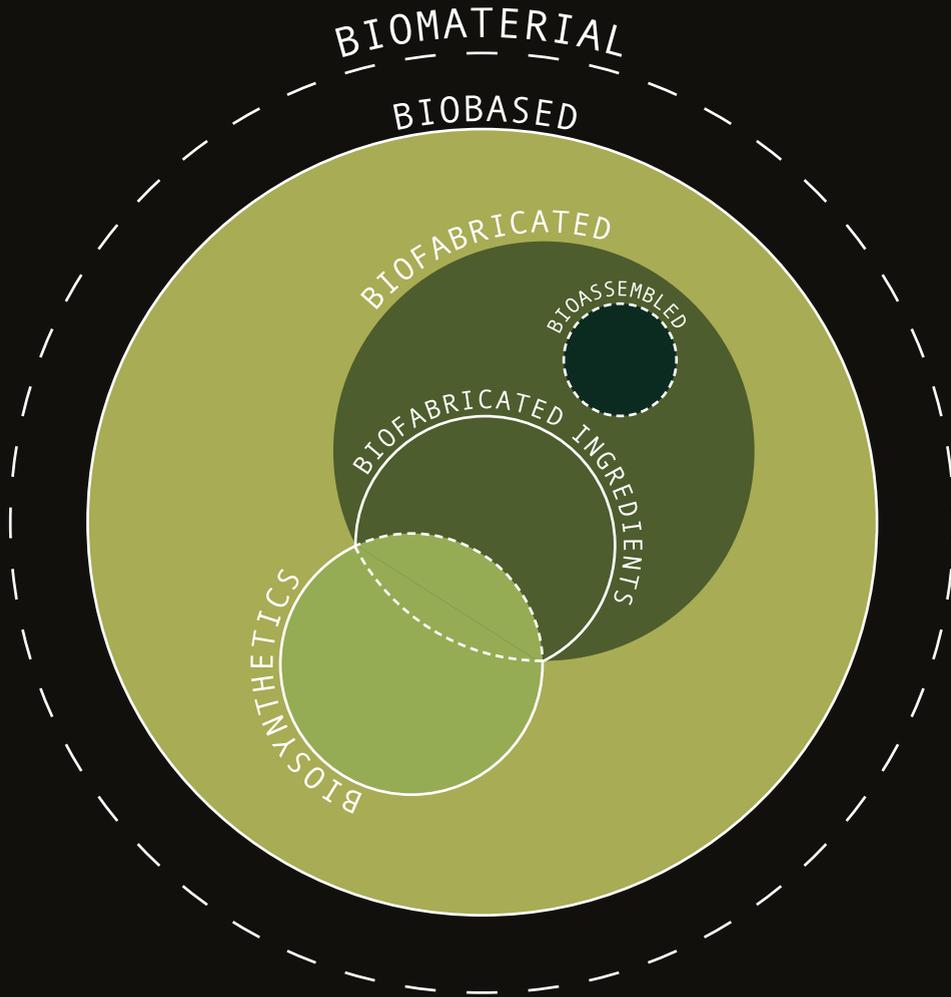
Siamo potenzialmente sull'orlo di una rivoluzione dei materiali che potrebbe aiutare a riequilibrare il rapporto con il nostro pianeta e rimodellare la società in meglio.

Fino ad oggi, abbiamo fatto affidamento su un approvvigionamento incontrollato di materie prime naturali, che trasportiamo in grandi fabbriche e trasformiamo in prodotti che spediamo in tutto il mondo, dove li godiamo troppo brevemente e li scartiamo quando non ne abbiamo più bisogno. Questo modello sta raggiungendo i suoi limiti fisici, stiamo esaurendo le materie prime e creando enormi quantità di rifiuti, se continuiamo al ritmo attuale, avremo presto bisogno di un secondo pianeta (Franklin, Till, 2020), cioè è confermato da dati come *"Earth Overshoot Day"*, la data in cui lo sfruttamento annuale di risorse naturali da parte dell'uomo eccede ciò che la terra è in grado di rigenerare in dodici mesi, che, nel 2022 si è verificato il giorno 28 Giugno.

Con approccio multidisciplinare i designers stanno esplorando materie prime alternative e rivisitando le risorse naturali del pianeta per sviluppare soluzioni sostenibili; attraverso la sperimentazione queste nuove risorse vengono trasformate in valide alternative rispettose dell'ambiente per applicazioni nuove ed esistenti nel mondo del design.

Un numero crescente di materiali alternativi viene quindi sviluppato ed esplorato per la progettazione e la produzione sostenibile, queste alternative includono materiali da risorse rinnovabili, materiali riciclati, e materiali rivitalizzati. Accanto a queste opzioni di materiali sostenibili, nuove importanti opportunità provengono dalla biotecnologia e dalla biofabbricazione (Franklin, Till, 2020). Come già la mostra *"En Vie – Alive"* a cura di Carole Collet, tenutasi a Parigi nel 2013, ci suggeriva di immaginare un mondo in cui la fabbricazione biologica sostituisce la produzione tradizionale, in cui le piante coltivano prodotti e i batteri sono geneticamente programmati per "biofabbricare" nuovi materiali, oggi, designer come Natsai Audrey Chieza, fondatrice e CEO di *Faber Futures*, un'agenzia di design che esplora l'intersezione tra design e biotecnologia, stanno raccogliendo la sfida, coltivando tessuti e altri oggetti da batteri, lieviti, funghi ed alghe.

UNDERSTANDING
BIOMATERIAL

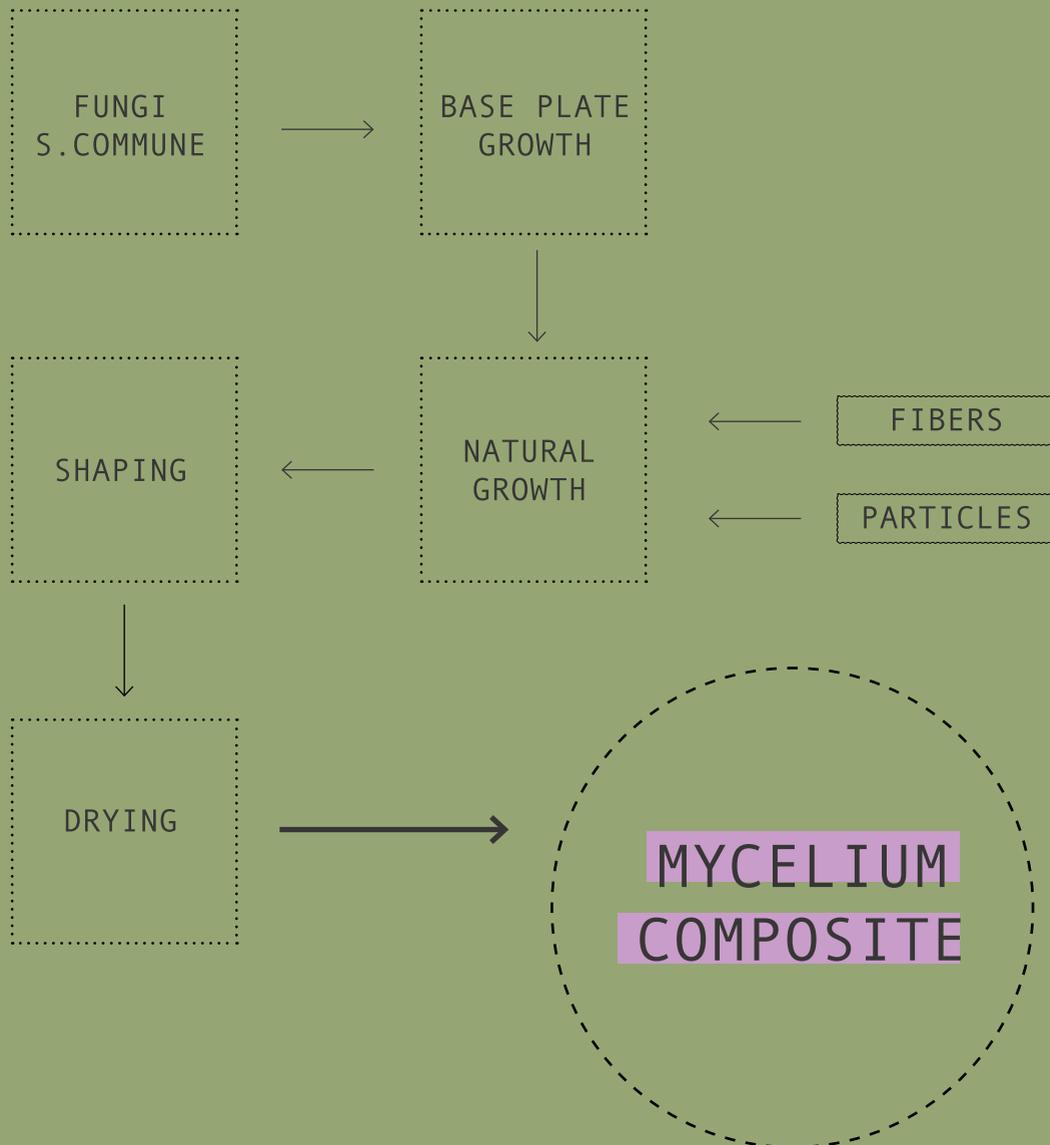


I materiali biofabbricati offrono un nuovo spettro di possibilità funzionali, con variazioni relativamente semplici nel processo di fabbricazione, ad esempio variando i nutrienti forniti è possibile ottenere materiali con proprietà molto diverse, che variano da materiali sottili, simili alla pelle, a materiali compositi. Inoltre, in condizioni specifiche, i materiali hanno la capacità di autolegarsi o di crescere direttamente nella forma di un prodotto. Affascinati da queste nuove opportunità, i designers sono sempre più coinvolti nello sviluppo di questi nuovi materiali, spesso con tecniche di loro invenzione, come ad esempio il lavoro di Suzanne Lee con i batteri, o la mostra *Fungal Futures/Growing Domestic Bio – Landscapes*, che presenta il lavoro di un gruppo internazionale di artisti e designers che sviluppano materiali, applicazioni e narrazioni innovative utilizzando il micelio. Questa pratica emergente di material design è definita come Growing Design (Karana, Camere, 2017), che comporta la coltivazione di materiali da organismi viventi per ottenere funzioni materiali uniche, espressioni e soluzioni sostenibili per il design del prodotto.

Il Growing Design apre anche alla pratica del DIY, estendendo ulteriormente l'intervento dei designer sui processi biologici di formazione dei materiali, ad esempio, la designer Ori Orisun Merhav, durante DAE Graduation Show Dutch Design Week 2022, Eindhoven, ha presentato il progetto "*The Lac Lab Open Source*". Il Lac Lab si propone di far luce sulla resina naturale, "lacca", che viene utilizzata principalmente nell'industria come materiale di rivestimento. Ori Orisun è andata in Thailandia per studiare i suoi produttori: gli insetti 'Kerria Lacca'. Mentre gli insetti usano la "lacca" per costruire i loro rifugi sui rami degli alberi, Ori ha iniziato a sperimentare la possibilità di formare altre strutture con esso, dall'allungamento del materiale, al soffiare, usando stampi, persino utensili da cucina, ha creato un archivio vivente di forme e trame.



DEVELOPMENT PROCESS OF MYCELIUM COMPOSITE



I materiali viventi sono un po' più imprevedibili della materia statica tradizionale, di base per conformarsi con gli standard del settore, i prodotti devono essere ripetibili, avere qualità coerenti, essere formati nello stesso lasso di tempo e avere le stesse caratteristiche tecniche, ma il fatto che questi materiali sono vivi è un vantaggio. La maggior parte dei progetti riguarda materiali derivati da gruppi di organismi biologici come micelio, batteri ed alghe.

I materiali a base di micelio possono essere prodotti sia come materiali puri da colture liquide di micelio sia come compositi a base di substrati organici; la seconda opzione è quella più utilizzata dai progettisti, poiché il processo di fabbricazione è relativamente più stabile ed accessibile rispetto a quello del micelio puro. Il processo inizia inoculando un ceppo di funghi in un substrato di sostanze organiche, il fungo cresce digerendo il substrato e forma attorno ad esso una solida rete di micelio, che costituisce un materiale sfuso ricoperto da una pelle bianca e morbida. I substrati utilizzati per coltivare compositi a base di micelio vengono normalmente recuperati da flussi di rifiuti industriali o agricoli, come paglia di grano o riso, segatura di legno o altre fibre. Dopo la crescita, è necessaria l'essiccazione a bassa temperatura per disattivare l'organismo vivente o in alternativa, i materiali possono essere mantenuti a temperatura ambiente, preservando la possibilità di crescita futura e capacità autoleganti (Karana, Camere, 2018), diventando Living Material, cioè materia aperta al cambiamento in modo dinamico ed inaspettato (Kim et al., 2022).

Per coltivare materiali da batteri, i progettisti seguono passaggi simili e sono sviluppati principalmente come materiali sottili e flessibili, ad esempio per sostituire la pelle animale come il progetto *BioCouture* di Suzanna Lee. Il processo di crescita può essere effettuato in colture statiche o agitate e può richiedere fino a quattro settimane per formare uno strato di cellulosa sufficientemente spesso. Il processo di crescita viene interrotto lavando il foglio di cellulosa in acqua saponata, subito dopo, il materiale è denso di acqua e necessita di essiccazione, prima di acquisire le sue reali qualità in termini di colore, spessore e aspetto superficiale (Karana, Camere, 2018).

I materiali algali, compresi i biocarburanti e i pigmenti naturali, possono essere derivati da micro o macro-alghe. Nel caso delle micro-alghe, la produzione inizia dalla raccolta dei microrganismi, mentre per le macro-alghe, i materiali vengono prodotti asciugando prima le alghe e poi trattandole con varie tecniche (Karana, Camere, 2017).

In sintesi, la biofabbricazione di materiali, pur comportando processi biologici diversi, segue fasi di azione molto simili: si inizia con una fase di preparazione, in cui i progettisti stabiliscono le condizioni per la fabbricazione dei materiali, segue una fase di crescita, in cui l'organismo fabbrica il materiale, successivamente una fase di asciugatura, per disattivare l'organismo (se non si decide di mantenerlo vivo) ed ottenere il materiale risultante, infine, la modellatura finale del materiale attraverso diverse tecniche.

I designer, quindi, iniziano il loro processo di progettazione dalla comprensione di quale sia il loro mezzo, in un approccio dal basso verso l'alto. Per fare ciò, sono indispensabili collaborazioni interdisciplinari dove i designer assumono il ruolo di mediatori, sintetizzando e canalizzando il know-how di diverse discipline verso un'applicazione tangibile del prodotto. Il Growing Design trascende così i confini di discipline distinte, per giungere ad una pratica realmente mirata ad affrontare la sostenibilità da una prospettiva sistemica e ad una comprensione più alta e condivisa del problema.

I materiali che ne derivano sono vivi e imprevedibili poiché il processo è co-eseguito con organismi viventi, questa collaborazione implica anche una relazione più intima tra materiale e designer, i quali, negoziano la forma finale di un manufatto con un materiale vivo, che limita l'intenzionalità dei progettisti e rende il risultato "imprevedibile". Quando coltivano un materiale, i designers devono basarsi sull'osservazione, dovranno quindi aumentare e sviluppare capacità per cogliere i processi biologici che hanno luogo nei loro esperimenti, in questo modo, i momenti osservativi diventeranno più trasparenti, permettendo al materiale di "parlare con loro" e comprendere i comportamenti dell'organismo.

“La natura non è solo fonte di ispirazione, ma anche materia viva o attiva da innestare nei prodotti per dar luogo a oggetti ibridi, sempre più complessi, adattivi, flessibili e dunque idonei alla mutevolezza del vivere contemporaneo. Molti designer stanno sperimentando l’innesto di elementi e di concetti biologici come la crescita (growing design) o la vitalità (living objects) in cui natura e artificio collaborano sia nei processi produttivi sia nella produzione.”

Carla Langella

TOOLS FOR BIODESIGNER

No. 01

NUTRIENTS
(SUBSTRATE)

MATERIAL
INGREDIENTS

No. 02

**BIOLOGICAL
STRAIN**

MATERIAL
INGREDIENTS

No. 03

MOISTURE

GROWING
CONDITIONS

No. 04

TIME

GROWING
CONDITIONS

No. 05

TEMPERATURE

GROWING
CONDITIONS

No. 03

STRUCTURE

GROWING
CONDITIONS

No. 07

**SURFACE
TREATMENT**

PROCESSING

No. 08

COMPRESSION

PROCESSING

No. 09

**DRYING
TREATMENT**

PROCESSING

LEGEND

- MATERIAL INGREDIENTS
- ~~~~~ GROWING CONDITIONS
- PROCESSING

Quando si parla di “forma” del biodesign, lo scopo è sempre quello di raggiungere una specifica intenzione progettuale, ma il set di strumenti dei biodesigner è diverso, pH, livello di umidità e nutrienti, sostituiscono i tradizionali, geometria, texture e composizione; Il ruolo dei progettisti cambia dall'imporre una forma al suscitare una formazione attraverso il materiale (Karana, Camere, 2018).

“Grown Everything” è la visione di Neri Oxman, la quale, nell'intervista per Biodesigned alla domanda: Qual è la tua visione attuale per il futuro dell'ambiente costruito e le sue relazioni con le persone e altri organismi nell'ambiente? Risponde: *“In the future, human-made materials will be a combination of grown and made, created using a mixture of natural and synthetic techniques. Relationships between materials, humans, and organisms of the natural world will embody complete synergy. Embracing complexity and diversity across systems and scales in design, we open ourselves to advancing beyond mere maintenance towards the betterment of nature”* (Oxman, 2022).

Marine Cotton 2017

Melanie Glöckler

Fig. 022

Propone un'alternativa alle attuali risorse e tecnologie dell'industria tessile, mostrando varie tecniche per l'uso di specie di alghe a fibra fine per filati e tele simili a feltro. I diversi risultati derivano dall'osservazione che nell'acqua le fibre sono sciolte e facili da organizzare, ma una volta esposte all'aria iniziano ad asciugarsi, formando un legame appiccicoso e stabile.



Mushroom Packaging 2012

Ecovative

Fig. 023

I fondatori hanno scoperto che i filamenti simili a radici prodotti dal micelio durante la digestione dei rifiuti agricoli funzionano come un polimero-assemblante che lega funghi e materia organica in una struttura solida. Ha proprietà simili alla plastica ma è completamente compostabile e privo di sostanze chimiche.



Unfold 2022

Studio Lionne van Deursen

Fig. 024

Il materiale utilizzato in questo progetto è costituito da una coltura simbiotica di batteri e lievito. Questo biofilm composto da cellulosa batterica, una volta essiccato diventa un materiale solido. È biodegradabile, forte, flessibile e può essere facilmente modellato e piegato in qualsiasi forma desiderata. Il progetto esplora le possibilità di creare superfici in rilievo e oggetti tridimensionali con il materiale del foglio.



Carla Langella

“L’obiettivo dell’intersezione con la scienza dei materiali per i progettisti non deve essere quello di sostituire gli scienziati, ma piuttosto di proporre nuovi punti di vista, interpretazioni, strategie e applicazioni, relativi alla ricerca e alle scoperte scientifiche, utilizzando gli strumenti della cultura del design”

Accogliere la vita: Bioreceptive Design

La parola *Bioreceptive* è stata definita dal bioingegnere Olivier Guillitte, come *“the aptitude of a material (or any other inanimate object) to be colonised by one or several groups of living organisms without necessarily undergoing any biodeterioration”* (Guillitte, 1995, p.216). Inoltre Guillitte nel suo articolo *“Bioreceptivity: a new concept for building ecology studies”* definisce quattro tipi di biorecettività: la *“primary bioreceptivity”* che descrive il potenziale iniziale di un materiale da colonizzare; la *“secondary bioreceptivity”* che si riferisce al potenziale di colonizzazione biologica di un materiale che è cambiato nel tempo a causa di fattori esterni ed infine, la *“tertiary bioreceptivity”*, la quale descrive il potenziale di colonizzazione di un materiale che è stato modificato a causa di attività umane e la *“extrinsic bioreceptivity”*, ovvero quando si verifica un tipo di colonizzazione che non è correlata alle condizioni iniziali del materiale ma è dovuta a depositi come terra, polvere e altri materiali organici (Guillitte, 1995).

Oggi, in un momento di sviluppo urbano senza precedenti, è urgente migliorare la qualità ambientale delle città. L'attuale “rinverdimento” degli spazi urbani è una risposta continua ad un passato, ma anche un presente “sporco”, con una spinta a trasformare le città per avere aria e acqua migliori, più strade alberate e parchi aperti. La quantità di spazio verde pubblico urbano varia enormemente tra le città di tutto il mondo ed aumentarla, o progettarela, è una sfida particolare dove c'è pressione per lo spazio, le risorse e lo sviluppo. Sono state sviluppate numerose strategie che integrano la vegetazione, come i muri verdi o i giardini verticali, ma, a causa di costi elevati per la manutenzione ed a causa della necessità di superare la gravità, principalmente mediante irrigazione meccanica, hanno ottenuto meno successo di quello che si sperava (Cruz, Beckett, 2016). Come scrive Marcus Cruz, direttore del BiotA Lab e autore di alcune ricerche importanti proprio sul Bioreceptive Design, e come accenna anche Suzanna Lee, durante uno dei suoi interventi a TED Talks, un'idea biologicamente più intelligente è quella della corteccia architettonica, ispirata proprio alla corteccia dell'albero, per cui il materiale da costruzione o la facciata stessa funge da ospite di microrganismi viventi, crittogame e altre piante più complesse (Lee, 2020).

Marcus Cruz

“The city is both culprit and victim: guilty of continuing to employ unsustainable material and construction solutions that lead to increased temperatures and a higher intensity of water vapour in the air and victim, faced with a dual challenge of being both water stressed and vulnerable to flooding.”





PROCESSO DI FOTOSINTESI

Piante, alghe verdi e cianobatteri sono organismi diversi, che presentano però una caratteristica comune, cioè la capacità di produrre il proprio nutrimento grazie al processo di fotosintesi. Negli organismi procarioti, come i cianobatteri, la fotosintesi si svolge sulla membrana plasmatica, mentre in tutti gli eucarioti, come piante e alghe, si realizza all'interno dei cloroplasti, gli organuli di cui sono ricche le parti verdi di questi organismi. Per riassumere l'intero concetto in una definizione, possiamo dire che la fotosintesi è il processo con cui alcuni gruppi di organismi catturano l'energia della luce solare e la convertono in energia chimica che immagazzinano inizialmente in un carboidrato.

Il processo della fotosintesi può essere suddiviso in due fasi principali, nella prima fase, detta anche fase luminosa, la linfa grezza, composta da sali minerali e acqua, passa dalle radici fino alle foglie, che "catturano" la luce grazie alla clorofilla. Nella seconda fase, chiamata anche fase oscura (o Ciclo di Calvin), la clorofilla si attiva per combinare tale linfa grezza con l'anidride carbonica e tutto ciò che è stato accumulato viene sfruttato per produrre una sostanza chiamata glucosio, la quale è poi inviata in tutto il resto della pianta per nutrirla e farla crescere.

Durante la prima fase del processo si genera anche un prodotto secondario, l'ossigeno, che viene espulso dalle foglie e immesso nell'aria.

In questo caso organismi come alghe, funghi, licheni e muschi hanno vantaggi rispetto alle piante vegetative più grandi poiché si propagano con spore e non hanno sistemi di radici che possono danneggiare gli edifici. Tali specie si comportano come epifite, ma sono anche piante inferiori che crescono su substrati di supporto senza necessariamente intaccare o danneggiare l'ospite (Cruz, Beckett, 2016); la capacità strutturale e fisiologica unica di questi organismi, consente loro di resistere a lunghi periodi di siccità e temperature estreme, si reidratano assorbendo l'acqua piovana, il vapore e la rugiada, e si accendono e si spengono in modo autoregolato, inoltre sono più resistenti e hanno bisogno di esigua manutenzione per sopravvivere e stabilirsi (Cruz, 2022). Ancora più importante, come dimostrato da un team di ricercatori dell'Università di Kaiserslautern in Germania, suddette specie, attraverso il processo di fotosintesi possono assorbire grandi quantità di inquinanti, come gli ossidi di azoto e di carbonio, che sono particolarmente predominanti nelle nostre città. Hanno stimato che le coperture crittogamiche assorbono globalmente circa 3,9 Pg di carbonio all'anno, che corrisponde a circa il 7% della produzione primaria netta da parte della vegetazione terrestre. L'assorbimento di azoto da parte delle crittogame, invece, è di circa 49 Tg all'anno, suggerendo che le coperture crittogamiche rappresentano quasi la metà della fissazione biologica dell'azoto sulla terraferma (Cruz, Beckett, 2016).

La crescita superficiale delle piante su un materiale è nota come colonizzazione biologica o Biocolonizzazione (Cruz, Beckett, 2016), i colonizzatori iniziali tendono ad essere fototrofi, come alghe e cianobatteri che richiedono solo materiali inorganici per la crescita. Una volta stabiliti, organismi eterotrofi come licheni e muschi seguono poi come una successione naturale. Come afferma Suzanna Lee, dobbiamo però rimodellare il nostro pensiero ed immagine negativa di "giungla urbana" in qualcosa che incarna letteralmente un



fiorente ecosistema vivente; batteri, cianobatteri, alghe e funghi non vanno pensati come organismi che macchiano gradualmente le facciate trasmettendo l'idea di negligenza e decadimento, piuttosto dobbiamo incentivare la biocolonizzazione perché le superfici biocolonizzate sono vive, affascinanti, attraenti e contribuiscono attivamente all'ambiente (Lee, 2020). Si pensi alla bellezza e alle emozioni che trasmettono luoghi come Sintra in Portogallo o alle rovine del castello di Harewood nello Yorkshire, in cui la natura ha preso gradualmente il sopravvento su costruzioni artificiali con rocce, muri e scale ricoperte di muschi e licheni. Proprio in questa direzione, molti designers, stanno riconsiderando tali preconcetti in favore di un'estetica potenzialmente più naturale in cui associazioni positive di biocolonizzazione da parte di organismi viventi, creano un valore aggiunto al materiale e creano la sensazione di una vitalità intrinseca.

Uno dei lavori degni di nota è il lavoro di ricerca presso l'University College di Londra, UCL Bartlett, del 2016, in cui il professor Cruz ha testato pannelli di cemento GRC in calce fabbricati digitalmente trapiantati con muschio per creare pannelli di cemento coltivabili. Il progetto che prende il nome di *Poikilohydric Living Walls* ha l'obiettivo indagare i modi di aumentare la crescita biologica sulle facciate degli edifici e delle infrastrutture urbane per: migliorare l'ambiente ed i livelli di benessere urbano, progettare nuovi compositi che stimolino la proliferazione senza irrigazione meccanica e manutenzione ed infine materializzare il concetto di corteccia architettonica. Un ottimo esempio di Bioreceptive Design è anche il progetto *Mars* di Alex Goad, con il quale si è incoraggiato in tutto il mondo la sperimentazione di nuovi metodi per coltivare diverse specie di corallo destinate a essere reintrodotte negli ambienti naturali; il progetto consiste in una serie di strutture realizzate con tecniche di modellazione e stampa 3D, pensate per offrire un habitat protettivo all'ecosistema corallina e numerose altre specie. Da menzionare sono anche i progetti di Studio Ossidiana, la loro idea di creare "mondi" da abitare, esplorare e coltivare, dove nuove relazioni tra umani ed altre specie possano emergere, gli ha permesso di realizzare progetti come *"The Bird's Palace"* o *"The City of Birds"*, pensati principalmente per accogliere uccelli.

Grazie alle ricerche di Marcus Cruz e altri ricercatori nel campo del Bioreceptive Design si è dimostrato come particolari caratteristiche fisiche, di rugosità e porosità, oltre alle proprietà chimiche della composizione minerale e del pH superficiale creano un sistema di colonizzazione ideale per l'insediamento di organismi viventi. In particolare, la rugosità superficiale può essere definita come il profilo topografico della superficie e il grado di rugosità contribuisce a creare un microclima sulla superficie, intrappolando l'umidità dalla pioggia, dalla rugiada e dall'accumulo di polvere, e fornendo la necessaria ombreggiatura da un ambiente ostile. La quantità di acqua che può essere assorbita e trattenuta in un materiale è determinata dal livello di porosità del materiale che è definita come il rapporto tra il volume dei pori aperti e il volume totale dei materiali; una rete di pori interconnessi consente la permeabilità dell'acqua attraverso il materiale, fornendo l'umidità necessaria per la sopravvivenza, insieme ad un basso pH, intorno a 8-10, creano la composizione chimica adatta per rendere il materiale biorecettivo. Il valore del pH determina l'alcalinità del materiale, materiali leganti come cenere volante, scorie o fumi di silice hanno meno ioni idrossilici, che aiutano a creare una base neutra per promuovere la crescita delle piante (Mustafa et al., 2021).

Marcus Cruz

“Algae, mosses and lichens are able to deal with lengthy dry spells simply by turning down their cellular metabolism, becoming dormant until new water intake enables them to photosynthesis again”





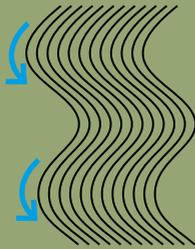
Fig. 028
"Modular Artificial Reef Structure" (MARS)
Alex Goad, 2018

“Bioreceptivity is
the aptitude of a material
(or any other inanimate object) to be
colonised by one or several groups of
living organisms without necessarily
undergoing any biodeterioration”

Oliver Guilitte

BIORECEPTIVE DESIGN GUIDELINE

MACRO GEOMETRY / OBSTACLE DIRECTION



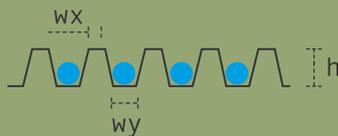
- + Along the flow
- + Continuous obstacle

MACRO DEPTH



- + $H < -20\text{mm}$
- + $H/W = 0.2 - 0.3$
- + Higher, Wider, Smoother ridges

MICRO DEPTH



- + Deep micro-grooves
5mm depth
- + $w_x/h = 0,8$
- + $w_x/w_y = 0.4$

Con una delle ultime ricerche in questo campo, si è sperimentato il ruolo di diversi microsolchi per la formazione e la crescita del biofilm di microalghe. L'obiettivo principale era quello di esplorare l'impatto della geometria sulla crescita ordinata dei muschi, al fine di evidenziarne i benefici e fornire una linea guida di progettazione generale per l'uso della geometria come variabile di progettazione nello sviluppo di pannelli di facciata bio-receptive. I risultati hanno dimostrato che la combinazione di geometria a livello macro e micro ha contribuito a creare un microclima della superficie, influenzando il percorso del flusso d'acqua dei pannelli e conseguentemente la crescita diretta nelle aree desiderate, visto che i muschi sono piante non vascolari, senza sistema radicale, che prendono l'acqua attraverso l'azione capillare. Le caratteristiche micro-geometriche, chiamate micro-grooves, sono state utilizzate dove era desiderata la copertura del muschio, creando un lento movimento dell'acqua nei bacini idrici e negli impianti di ancoraggio. Le caratteristiche macro-geometriche hanno invece creato le ondulazioni superficiali complessive, che hanno contribuito a distinguere tra le aree di crescita e no. Su questa analisi geometrica è stata così fornita una linea guida generale per creare delle geometrie superficiali che possono migliorare il carattere biorecettivo. Il tipo di macro-geometria più adatto sono gli ostacoli continui "along-the-flow". Questi ostacoli disposti in un ritmo fluido/alternante possono prolungare il percorso di flusso a varie lunghezze e promuovere una scia continua di crescita. La macro-profondità massima è di 20 mm con un rapporto H/W di 0,2-0,3, questo valore fornisce uno spazio definito più ampio per la crescita e rispecchiare la forma di crescita dei muschi in natura. Mentre è stato riscontrato che una profondità di 5 mm di micro-grooves con rapporti w/h regolati, è ottimale per creare un maggiore bacino idrico attraverso l'aumento della superficie (Mustafa et al., 2021)..

Il Bioreceptive Design è quindi una proposta intrigante, che può aiutare a risolvere il contesto illustrato in questo paragrafo e come dimostrato, geometrie specifiche, definite e persino complesse possano favorire la biocolonizzazione. A questo punto l'esplorazione di processi autogenerativi utilizzando strumenti di progettazione computazionale, la stampa 3D e la stampa robotica giocano un ruolo fondamentale, poiché consentono la creazione di geometrie complesse con matrici interne dettagliate (Cruz, Beckett, 2016); anche Cruz nel suo prototipo finale utilizza la stampa 3D per realizzare pannelli biorecettivi.

Case History

- Aguahoja +
- Algae Water Bottle +
- The Ephemeral Icon +
- Mycelium Chair +
- Tree Column +
- Indus Algae Tiles +
- The Coral: Home Algae Framing +
- Air Bubble +
- BIT.BIO.BOT +
- La Forma dell'Aria +
- The Alive Pavillon +
- Soil Ink +
- Print Your City +
- Urban Reef +
- Co-Mida +

Negli ultimi 50 anni, il rapporto tra design e nuovi materiali è profondamente cambiato, andando in una direzione che vede i designer accedere, in modo progressivamente più partecipativo, ai processi scientifici e ai metodi di produzione dei materiali. Le trasformazioni radicali indotte dalla cultura della sostenibilità, insieme alla diffusione della biotecnologia e dei nuovi processi di produzione digitale, hanno portato a nuove opportunità per la collaborazione del design e della scienza dei materiali, con le interazioni meno casuali e occasionali e più consapevoli e costruttive.

“When designers hand over the living artefact to users, the design of the living artefact is not finished: it is extended in use. It remains open to change, and over time will adapt in use, in a dynamic and unexpected way. Communication between the human and non-human entities sharing the same habitat usually results in a highly dynamic interplay that cannot be fully anticipated”

Elvin Karana

Aguahoja 2022

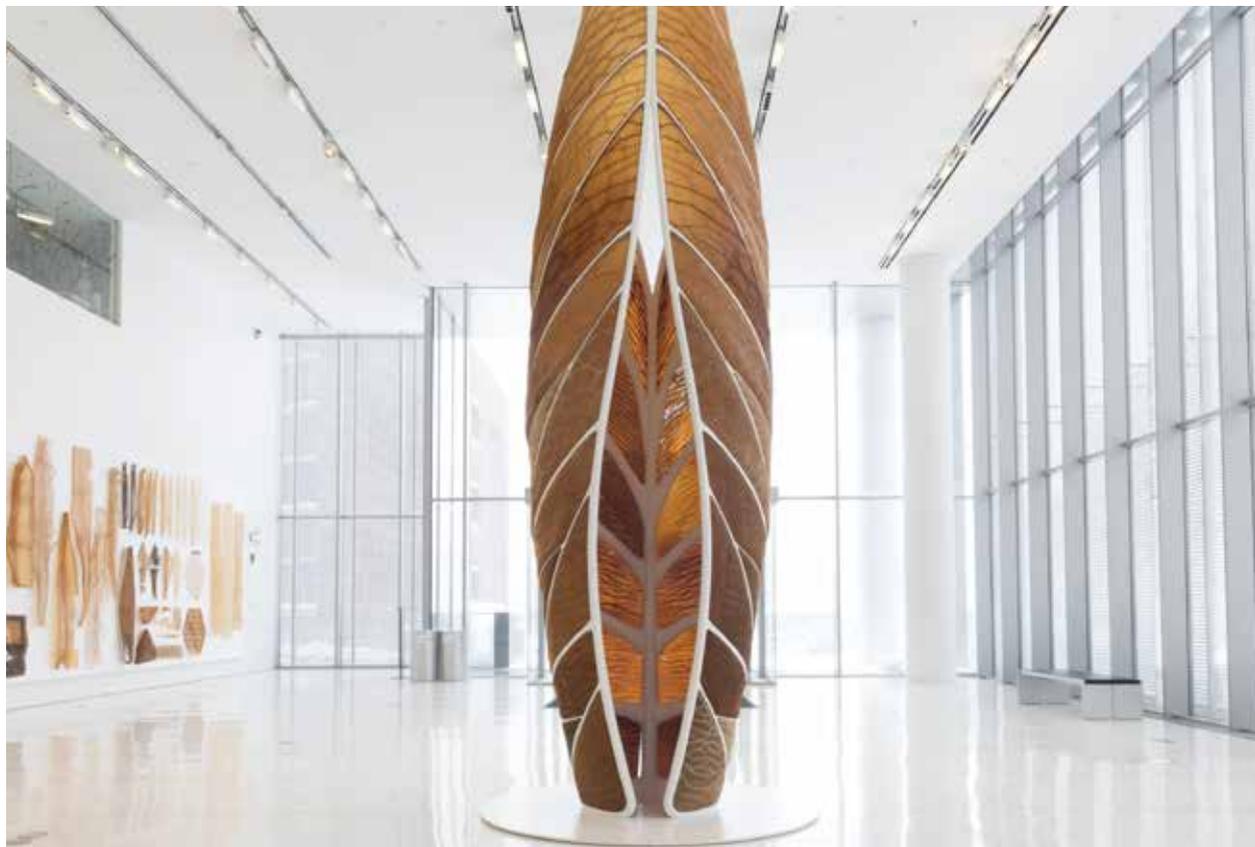
Neri Oxman

Fig. 029

Aguahoja I, alto cinque metri, è un padiglione architettonico composto da gusci di gamberetti, esoscheletri di insetti e foglie morte, stampati in 3D da una piattaforma robotica sviluppata appositamente per la stampa di biomateriali, modellati dall'acqua e colorati con pigmenti naturali. Il risultato è una materia-organismo fatta di composti biopolimerici che cattura l'anidride carbonica, migliora l'impollinazione, incrementa i microrganismi del suolo e fornisce sostanze nutritive.

Nel corso del tempo, con l'evaporazione dell'acqua, il composito skin-and-shell del padiglione passa da un sistema flessibile e relativamente debole ad uno rigido che può rispondere al calore e all'umidità. Dopo l'esposizione all'acqua piovana, la pelle e il guscio del padiglione si degraderanno programmaticamente, ripristinando i loro elementi costitutivi all'ecosistema esistente, per promuovere la salute dei cicli delle risorse naturali con mezzi tali da sostenere i microrganismi del suolo e fornire nutrienti per gli edifici "crescere": shelter-becomes-organism.

Ogni struttura della collezione contiene una combinazione unica di materiali organici la cui allocazione, consistenza e distribuzione all'interno dell'oggetto finale sono guidate dal punto di vista computazionale e fabbricati in modo additivo in alta risoluzione. Ciò consente il controllo su specifiche proprietà fisiche e l'adattamento ambientale alle mutevoli condizioni meteorologiche. Nel corso della loro durata le strutture incluse in questa collezione reagiranno al loro ambiente, adattando la loro geometria, il comportamento meccanico e il colore in risposta alle fluttuazioni del calore, dell'umidità e della luce solare. Tale comportamento "temporale" basato sul tempo viene utilizzato come caratteristica di progettazione, in grado di percepire, informare l'utente e adattarsi alle mutevoli condizioni ambientali.



“Why are we using materials that take hundreds of years to break down in nature to drink from once and then throw away?”



Algae Water Bottle 2016

Ari Jónsson

Fig. 030

Dopo aver letto la quantità di rifiuti di plastica prodotti ogni giorno, il progettista ha sentito un bisogno “urgente” di sviluppare un materiale sostitutivo, così ha combinato la polvere di alghe rosse con l’acqua per creare una bottiglia biodegradabile. Quando la polvere di agar viene aggiunta all’acqua, forma un materiale gelatinoso, così dopo aver sperimentato per trovare le giuste proporzioni, Jónsson ha lentamente riscaldato la sostanza prima di versarla in uno stampo a forma di bottiglia, che era stato tenuto nel congelatore, ha poi ruotato lo stampo mentre era immerso in un secchio di acqua ghiacciata fino a quando il liquido all’interno ha preso la forma della bottiglia ed infine è stato messo in frigorifero per alcuni minuti, prima di estrarre la bottiglia dallo stampo. Finché la bottiglia è piena d’acqua, manterrà la sua forma, ma non appena sarà vuota inizierà a decomporsi. Poiché la bottiglia è fatta con il 100 per cento di materiali naturali, l’acqua immagazzinata al suo interno è sicura da bere anche se dopo un po’ può estrarre una piccola quantità di gusto dalla bottiglia.

The Ephemeral Icon 2010

Officina Corpuscoli

Fig. 031

E' un progetto che deriva dalle ricerche dello studio sulla decomposizione e le trasformazioni rigenerative di composti organici, spostando l'attenzione verso l'impiego di agenti fungini selezionati, per sostenere gli esseri umani nel rimediare le terribili conseguenze originate da materiali artificiali. L'installazione Mycelium Bio Cover, emblematica del progetto, si basa su un oggetto pragmatico ben noto a livello globale, la sedia di plastica Monobloc; l'installazione è concepita come uno strumento che consente di trasformare oggetti inanimati e sintetici in entità viventi, quindi trasformando una sedia di plastica monouso in un oggetto biologicamente attivo e vivo, si innesca un processo che consente il degrado e la conseguente morte. Infatti, la copertura di lana infusa di micelio è progettata per sostenere la vita e la crescita del fungo correlato, fornendo basi nutritive e condizioni che favoriscono l'espansione costante del micelio e il relativo trasferimento sul materiale plastico, per la sua colonizzazione complessiva, trasformazione e dissoluzione finale. Una volta che la sedia di plastica è completamente colonizzata, gli utenti possono smaltirla in modo sicuro mettendola in giardino o letteralmente seppellendola nel terreno, rendendola così un fertilizzante naturale del suolo e un nutriente sicuro, favorendo la crescita di una nuova vita. Il progetto The Ephemeral Icon offre così una forte dichiarazione critica, incoraggiando un cambiamento concreto in relazione al ruolo fondamentale dei progettisti nell'affrontare e contribuire ad affrontare alcune delle questioni più gravi e urgenti che caratterizzano la società contemporanea, cercando di rimediare la relazione danneggiata tra cultura umana e natura.

***“Why shouldn't a plastic chair
dress up for death?”***





Mycelium Chair 2013

Eric Klarenbeek

Fig. 032

Il progetto nasce dall'idea di unire stampa 3D e organismo vivente per creare un nuovo materiale vivente che potesse crescere ed essere usato per realizzare qualsiasi prodotto, da una sedia fino ad una casa intera. Presentata durante la Dutch Design Week 2013, la sedia vivente, Mycelium Chair, è stata stampata in 3D utilizzando miscela di acqua, paglia in polvere e micelio, con un sottile strato di bioplastica che copre la struttura della sedia, come se fosse un guscio, per contenere il fungo in crescita. Il micelio si nutre della paglia fornendo struttura alla sedia e creando un materiale solido ma estremamente leggero; una volta "maturo" dovrebbe essere abbastanza forte da sostenere una persona. Per questo progetto è stata utilizzata la paglia come substrato poiché è stato utilizzato il fungo ostrica gialla, il quale ama nutrirsi proprio della paglia. La sedia completamente biodegradabile è un'immagine di ciò che si può ottenere dall'unione di organismi viventi e i metodi di produzione.

The Tree Column 2022

Blust Studio

Fig. 033

Blast Studio ha sviluppato un metodo per la stampa 3D di micelio vivo e lo ha usato per creare una colonna alta 2 metri creata algoritmicamente e realizzata in micelio e caffè di scarto. Una volta stampato in forma, il micelio consuma il substrato e cresce per prendere il sopravvento sull'intera colonna, producendo funghi che possono essere raccolti e mangiati; inoltre una volta essiccata la radice del micelio, l'obiettivo futuro di questo progetto è utilizzare questa colonna per creare un elemento architettonico portante vivo con proprietà isolanti naturali e ignifughe, in un scenario speculativo che consentirebbe alle città di far crescere l'architettura dai propri rifiuti fornendo cibo ai loro abitanti. Come afferma, Paola Garnousset, co-founder del Progetto, durante un'intervista per Dezeen: "Our vision is to start a new type of living architecture that could self-repair and be harvested to feed people", creando quindi una versione auto-riparante del pilastro asciugando il micelio quanto basta per fermare la propagazione senza uccidere l'organismo, il che gli permetterebbe di ricrescere su eventuali crepe una volta esposto all'acqua.

“This could effectively allow cities to grow architecture from their own waste while providing food for their inhabitants”





Indus Algae Tiles 2019

Marcos Cruz

Fig. 034

Il Bio-Integrated Design Lab della Bartlett School of Architecture ha creato un sistema modulare di piastrelle intarsiate che possono filtrare coloranti chimici tossici e metalli pesanti dall'acqua. Il progetto utilizza composti chimici di fitochelatine per bio-risanare i metalli pesanti nell'acqua e immagazzinarli all'interno delle cellule. Le attività antropogeniche, infatti, contaminano l'acqua con metalli pesanti e causano inattivazione e disturbo alla crescita delle piante e proprio le microalghe possono assorbire metalli pesanti fino al 10% della loro biomassa nelle cellule per il loro metabolismo. Il rivestimento di alghe disposto verticalmente integra le microalghe con l'idrogel, che fornisce acqua e sostanze nutritive per la crescita delle microalghe. Le unità modulari sono altamente adattabili in quanto possono essere facilmente assemblate in composizioni di varie dimensioni per racchiudere gli involucri degli edifici purificando l'acqua contaminata e disintossicando gli ambienti circostanti.

The Coral: Home Algae Framing 2019

An Hyunseok

Fig. 035

Il designer Hyunseok An vuole evidenziare il ruolo che le alghe potrebbero svolgere nelle nostre diete creando una micro azienda agricola per la casa. Il progetto infatti esemplifica la futura coltivazione personale di alghe, in modo che sia accogliente, bella e funzionale per gli ambienti domestici. Il progetto consiste in una griglia a mosaico 4 x 4 montata a parete costituita da 16 singoli bioreattori rettilinei che ricordano l'uso del suolo agricolo. La micro agricoltura produce benefici ambientali e sulla salute per gli occupanti della casa attraverso la riduzione di CO₂, inoltre le microalghe raccolte possono essere utilizzate per integrare l'alimentazione quotidiana. Il prototipo si rifornisce ogni due settimane e produce una media di 2 g di alga Spirulina al giorno.

“Algae are some of the most efficient carbon dioxide scrubbers in the air, with 10 times greater CO₂ fixation than terrestrial plants,”



AirBubble 2021

ecoLogicStudio

Fig. 036

AirBubble è il primo parco giochi biotecnologico al mondo ad integrare microalghe purificanti dell'aria, l'installazione si trova all'interno dello spazio verde pubblico al di fuori del Copernicus Science Centre di Varsavia. AirBubble è formato da una struttura cilindrica in legno avvolta in una membrana ETFE ed ospita 52 grandi bioreattori in vetro borosilicato che contengono 520 litri di colture di alghe *Chlorella sp* viventi che possono filtrare un flusso di aria inquinata di 200 litri/minuto. Mentre il mezzo liquido lava le particelle, le alghe mangiano attivamente le molecole inquinanti e l'anidride carbonica per rilasciare poi ossigeno fresco e pulito. Lo spazio è dotato di corde, pompe per i piedi e sfere gonfiabili e può funzionare sia come parco giochi che come classe all'aperto. Il sistema di monitoraggio AirBubble integra sensori di inquinamento atmosferico urbano ed è collegato a una piattaforma di elaborazione dati in grado di confrontare le misurazioni in tempo reale e di evidenziare l'indice di qualità dell'aria per sei inquinanti principali: particolato fine PM2.5 e PM10, ozono a livello del suolo (O_3), biossido di azoto (NO_2), biossido di zolfo; AirBubble è in grado di assorbire il 97% dell'azoto e il 75% del particolato nell'aria. Il tasso di riduzione di picco è un impressionante 83%.

“ This playground needs two sources of power: solar energy and kids’ instinctive drive to explore and to play”.





BIT.BIO.BOT 2021

ecoLogicStudio

Fig. 037

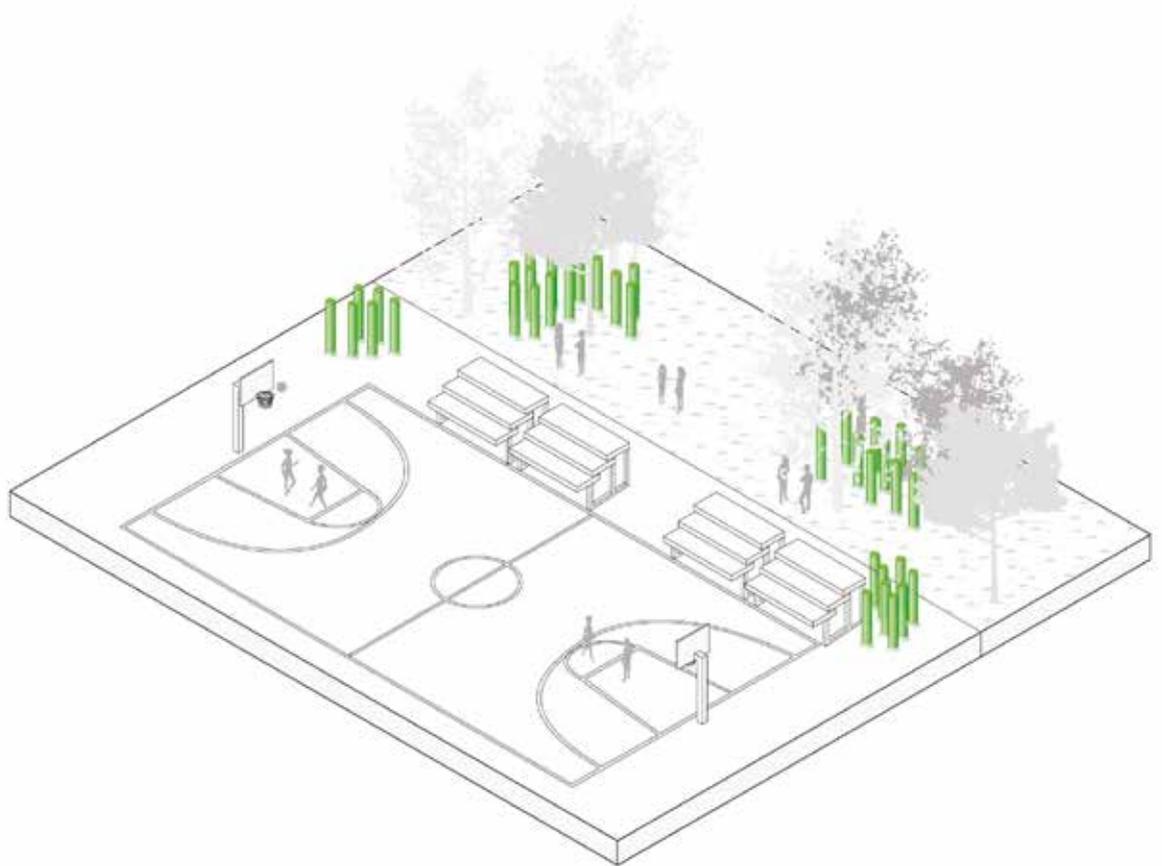
Durante La Biennale di Venezia 2021, ecoLogicStudio ha costruito BIT.BIO.BOT, un'installazione in scala 1:1, un esperimento immersivo nella coltivazione domestica del microbioma urbano. Lo spazio sperimentale è progettato per testare la coesistenza tra organismi umani e non umani nell'Urbansphere post-pandemica. L'installazione è un laboratorio urbano che combina architettura avanzata con microbiologia per costruire un habitat artificiale, gestito da una collezione di sistemi che consentono la coltivazione di microalghe nel regno urbano. I principali meccanismi biologici di BIT.BIO.BOT sono il processo di fotosintesi, alimentato dal sole e dal metabolismo delle colture viventi di *Spirulina Platensis*, microbi unicellulari che sono spesso indicati come microalghe blu-verdi e *Chlorella SP*. BIT.BIO.BOT è composto da tre sistemi fluidamente interconnessi che incarnano gli ambienti architettonici fondamentali di una futura abitazione: il Living Cladding, il Vertical Garden e il Convivium. Il Living Cladding ridefinisce i limiti tra i regni umani e non umani e tra l'architettura interna ed esterna; è composto da dieci tende PhotoSynthEtica e la sua articolazione aumenta l'interazione tra la crescita delle microalghe nel mezzo bio-gel e l'ambiente, nonché il loro potenziale di screening e ombreggiatura. Il Vertical Garden crea una spessa zona cuscinetto situata tra il Living Cladding e il Convivium, dedicata ad un modello intensivo di allevamento verticale di alghe. Ogni unità di Vertical Garden, realizzata in vetro borosilicato di grado laboratorio e componenti bioplastici stampati in 3D, ospita 10 litri di colture di microalghe in un terreno di coltivazione altamente efficiente. Mentre è attivo nella produzione, il giardino verticale è in grado di assorbire CO₂ a una velocità pari a tre grandi alberi maturi, fornendo un chiaro percorso verso la neutralità del carbonio nell'architettura. Il Convivium è uno spazio per la condivisione e la sperimentazione collettiva sul futuro del cibo. Prende la forma di un tavolo 2 x 2 metri, che ospita 36 pezzi unici di vetro di cristallo progettati per incoraggiare la sperimentazione nel consumo delle cellule di *Chlorella* e *Spirulina* appena raccolte, entrambe tra gli organismi più nutrienti sulla Terra.

La Forma dell'Aria 2022

Università IUAV di Venezia

Fig. 038

La Forma dell'aria è un sistema di sedute da esterni a varie altezze che vede integrato il sistema Foresta Liquida, un sistema che nasce dalla sperimentazione del Green Propulsion Laboratory Veritas di Venezia per bonificare l'aria delle città. Sfruttando la capacità di catturare CO₂ da parte di microrganismi fotosintetici, il progetto immagina un prodotto da installare negli spazi interni e/o esterni della città in grado di biofissare anidride carbonica attraverso il processo della fotosintesi. Nello specifico è composto da un sistema di piani orizzontali, utilizzati come sedute realizzate in plastiche riciclate e legno riciclato, fissate ad una struttura in ferro, al cui interno sono inseriti dei cilindri illuminati da luce led per la coltivazione delle microalghe in acqua. All'interno del cilindro, composto da una struttura in plastica trasparente e protetto da rete metallica, è contenuta una miscela composta da acqua e tre specie di microalghe, *Spirulina Maxima*, *Scenedesmus Obliquus* e *Chlorella Vulgaris*, questo mix di microalghe con acqua è un elemento naturale che si ispira a quello che normalmente è presente in Laguna e in alcuni ecosistemi fluviali. Questo tipo di coltivazione, a differenza di quella degli arbusti e degli alberi, ha il vantaggio di avere un maggiore indice di assorbimento di CO₂.



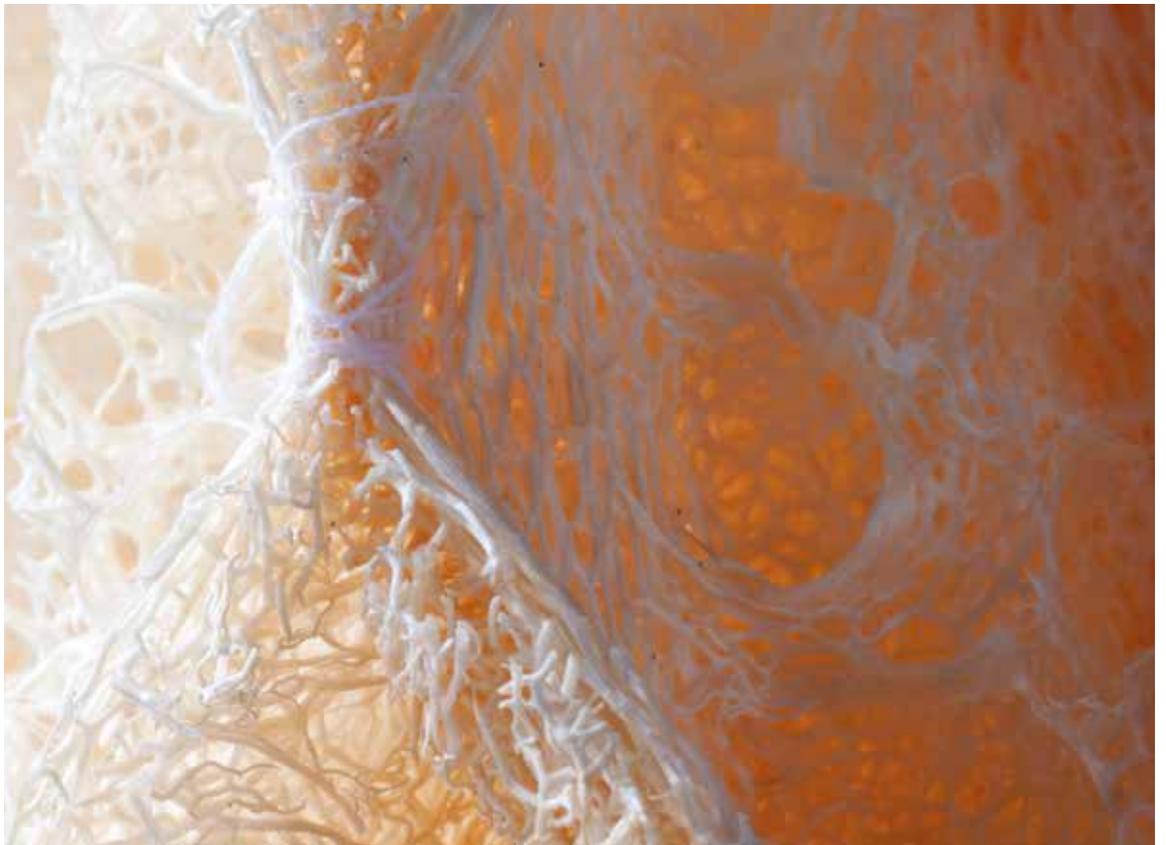
“Il progetto immagina un prodotto da installare negli spazi interni ed esterni che sia in grado di biofissare CO₂ attraverso il processo della fotosintesi”

The Alive Pavillon 2021

The Living

Fig. 039

Lo studio newyorkese The Living ha sviluppato un padiglione per la Biennale di Architettura di Venezia per dimostrare come i materiali organici con proprietà microbiche potrebbero essere utilizzati in architettura per aiutare a creare ambienti più sani per gli esseri umani. Il padiglione rappresenta un'evoluzione della ricerca in corso di The Living, che ha lavorato con biologi e accademici per esplorare il potenziale dell'architettura multi-specie e il modo migliore per sfruttare i microbi che ci circondano tutto il tempo. I materiali bio-receptive intrappolano e ospitano microrganismi in superfici contenenti sacche con diverse temperature, livelli di umidità, flusso d'aria e sostanze nutritive. L'installazione Alive è realizzata con fibre secche di luffa, una vegetazione economica ed a crescita rapida che cresce sulle viti nelle regioni tropicali e subtropicali, questi materiali biologici e vivi supportano colonie di microbi che a loro volta promuovono la salute delle persone nelle loro vicinanze. Le superfici fibrose di luffa formano un materiale forte e organico che è ideale per ospitare diversi microbi e potrebbe essere facilmente adattato per formare pannelli o partizioni da utilizzare in progetti architettonici.





Soil Ink 2021

The University of Virginia

Fig. 040

I ricercatori dell'University of Virginia hanno ideato un metodo di stampa 3D con terreno e semi, che potrebbe essere usato per creare pareti e tetti ricoperti di vita vegetale. Il team di ricerca ha esplorato due approcci, uno stampando terreno e semi in strati sequenziali e uno mescolando semi e terreno prima della stampa. Entrambi gli approcci hanno funzionato, realizzando prototipi, della dimensione di una lattina, sui quali crescono piante; nonostante ciò, poiché durante l'estrusione il terreno tende a perdere acqua ottenendo così un materiale compatto e asciutto, le piante che possono crescere sarebbero limitate a specie che sopravvivono con poca acqua. Proprio per questi motivi si è utilizzato semi di stonecrop, una pianta succulenta, simile al cactus, che può sopravvivere con pochissima acqua, asciugarsi in una certa misura, e poi riprendersi. Da allora i ricercatori hanno iniziato a stampare oggetti più grandi come pareti basse di circa un metro di altezza e testeranno il montaggio del sistema di stampa 3D su un robot in movimento che potrebbe consentire la produzione di strutture più alte e complesse con più lati. La ricerca va avanti e il team ha già pubblicato alcuni risultati ottenuti sulla rivista Additive Manufacturing.

Print Your City 2017

The New Raw Studio

Fig. 041

Print your city è un progetto di ricerca in corso avviato dallo studio *The New Raw*, che partendo dal semplice riciclo della plastica si pone come obiettivo la progettazione degli spazi urbani con un occhio attento alla riduzione delle emissioni.

Il progetto è un invito all'azione rivolto a tutti i cittadini, esortati a riciclare i rifiuti di uso domestico al fine di trasformarli in materie prime per l'arredo pubblico, attraverso un processo di stampa 3D con braccio robotico.

Gli utenti possono personalizzare i mobili tramite un sito web, scegliendo tra diversi colori e funzionalità e selezionando anche in quale spazio pubblico della città vorrebbero vederlo. Le opzioni per ogni oggetto includono una fioriera, un porta biciclette, una ciotola per cani e una libreria. Una volta scelto il design, il sito web dice all'utente quanta plastica riciclata sarebbe necessaria per realizzare l'oggetto.

I mobili sono realizzati principalmente con materie plastiche in PP e PE comunemente utilizzate negli imballaggi alimentari, che provengono direttamente dai rifiuti di plastica donati al laboratorio. I rifiuti una volta raccolti vengono ordinati, lavati e tritati prima di essere fusi e combinati con i pigmenti per creare un materiale stampabile. I mobili possono anche essere realizzati in plastica PET e PS.



Urban Reef 2021

Pierre Oskam, Max Latour

Fig. 042

Urban Reef vede la città come un paesaggio vivente, una barriera corallina che può essere stimolata per creare habitat che diano spazio alla crescita spontanea della vegetazione. Mette in discussione il rapporto dell'uomo con la natura proprio nel contesto urbano, per rivederne la convivenza e basarla su uno scambio reciproco, efficace e rivoluzionario. Sono strutture porose che presentano labirinti in grado di trattenere l'acqua piovana e possono ospitare un ampio spettro di microclimi e nutrienti, fornendo così il terreno per un mondo multi-specie e adattato al clima. La loro capacità capillare crea più opportunità per gli organismi di vivere in città e permette agli esseri umani di connettersi attraverso sensori e IoT. Attraverso lo studio di questi processi, la ricerca, il design e la tecnologia, la start up olandese ha sviluppato strutture generate da algoritmi naturali e stampate con materiali viventi che consistono in esperimenti con diversi generi di materia compostabile da utilizzare per la stampa 3D, ad esempio miceli, batteri ed argilla. Al momento si è utilizzato ceramica unita ad altri compositi realizzati con fondi di caffè e micelio, ma l'intenzione è quella di sviluppare un materiale stampabile che sia poroso, durevole, sostenibile e bio-ricettivo. Queste strutture vengono chiamate Reef e, a seconda della loro applicazione e dalla tipologia di spazio urbano in cui vengono inserite, hanno un nome specifico: Rain Reef, Tidal Reef, Zoo Reef. La scelta dei materiali e il design strutturale promuovono la loro integrazione all'interno delle città senza l'intervento umano.





Co-Mida 2021

IAAC

Fig. 043

L'Istituto per l'architettura avanzata della Catalogna ha sviluppato un giardino verticale modulare intelligente realizzato in argilla stampata in 3D, per coltivare piante aromatiche e commestibili in ambienti in cui non sono disponibili superfici orizzontali, come in aree urbane dense. Il primo prototipo di giardino verticale bio-fotovoltaico è stato installato nel marzo 2021 nel Jardín de Las Mariposas, a Passatge Trullàs, un secondo prototipo, evoluto e migliorato rispetto alla prima versione è stato installato nel novembre 2021.

Grazie al processo di co-design, sono stati creati diversi tipi di moduli sia per la coltivazione di piante sia per fornire un habitat per insetti, uccelli e pipistrelli dell'ecosistema urbano.

Il giardino verticale non produce solo piante aromatiche e commestibili, ma anche energia, grazie ad un sistema bio-fotovoltaico che raccoglie energia dai batteri che abitano il suolo in cui vivono le piante, che può essere utilizzata per alimentare i sensori del giardino verticale.

Digital Fabrication

Design computazionale +

Additive Manufacturing +

Stampa 3D di materiali fluido-densi per oggetti di grandi dimensioni +

“Manufacturing is dead, long live manufacturing! We are on the cusp of a dramatic change in the way that we make things, a shake-up that promises to alter fundamentally the way we live and work, potentially rebalancing our relationship with our planet and reshaping society for the better”

Se si accetta che i designer, attraverso il loro ruolo nel plasmare il futuro, siano visti come coloro in grado di promuovere il cambiamento nella società, specialmente riguardo a comportamenti non più sostenibili, allora, si deve concludere che il designer è la persona con la miglior capacità di creare veri oggetti del desiderio. In tal caso, fornire strumenti che consentano di concretizzare la loro visione è una necessità assoluta.

***“Nell’era digitale sta emergendo
una nuova interazione tra la creatività e
i campi delle scienze della vita,
delle neuroscienze e della
biologia sintetica. La nozione di “vivere”
assume una nuova forma di artificialità”***

Claudia Pasquero e Marco Poletto

Design Computazionale

Per *Design Computazionale*, si intende un particolare metodo di progettazione le cui geometrie sono generate a partire da algoritmi (Nebuloni, Rossi, 2017). Rispetto all'aided design (CAD), dove il progettista trova trasferiti nell'ambiente digitale i principi della geometria euclidea a supporto dell'attività creativa e di disegno, i software che integrano i sistemi parametrici consentono di rappresentare e produrre modelli che grazie alla sincronia tra i parametri possono essere "cresciuti" e modificati come organismi. L'origine di questa evoluzione strumentale e concettuale risale al 1963, quando Ivan Sutherland, nell'ideazione di Sketchpad, l'antesignano delle Graphical User Interface, elaborato come tesi di dottorato al MIT, introduce alcune funzioni per generare nel disegno geometrie variabili e scalabili. Da allora l'uso delle interfacce grafiche digitali e la manipolazione del codice sono penetrati profondamente nel linguaggio espressivo e nel pensiero progettuale di designer e progettisti, dialogando e suggerendo soluzioni dove il disegno assistito non è più, soltanto, ausilio alla rappresentazione. I sistemi parametrici apportano nuove possibilità di interrelazione, utili all'adattamento del progetto al contesto ed ai suoi vincoli, nonché all'esplorazione delle molteplici possibilità associate in un'idea formale, le cui variabili risulterebbero difficilmente verificabili e gestibili in via analogica (Langella et al., 2017).

Non va però confuso il termine complesso con il termine complicato, i sistemi complessi sono sistemi apparentemente caotici che possono essere descritti da dinamiche non lineari. In un sistema lineare l'effetto di un insieme di elementi è la somma degli effetti considerati separatamente e non emergono nuove proprietà che non siano già presenti nei singoli elementi. In un sistema non lineare invece l'insieme può essere maggiore della somma delle sue parti, poiché sono le connessioni tra i diversi elementi a determinare la struttura e l'organizzazione del sistema. Si pensi all'ordine che regola il volo di uno stormo di uccelli, il gruppo è costituito da individui che interagiscono,

da regole che gli individui seguono, da obiettivi e vincoli contrastanti e da adattamenti a sollecitazioni esterne. Non è possibile comprenderne l'organizzazione studiando il comportamento individuale di un singolo uccello, ma dalla cooperazione dei singoli uccelli dello stormo emerge un'organizzazione formale distinguibile, in grado di individuare ogni volta le soluzioni migliori per la sopravvivenza del gruppo (Nebuloni, Rossi, 2017).

L'innovazione della componente computazionale, originatasi con lo sviluppo evolutivo di software come Grasshopper, ha ampliato notevolmente l'orizzonte della ricerca parametrica e generativa. Il comune denominatore di questi strumenti è la generazione della forma attraverso la stesura di algoritmi concatenati, come risultato di un processo organico e unitario. Un algoritmo è un procedimento sistematico basato su una successione di istruzioni univocamente interpretabili che spiegano come raggiungere un determinato obiettivo. La forma non è definita a priori, ma deriva da un processo di affinamento di istanze concettuali, comunicative, strutturali e geometriche che porta al risultato più rispondente alle aspettative formulate in partenza (Nebuloni, Rossi, 2017). Una dimostrazione del potenziale del design computazionale è il progetto *Digital Lichen*, finalista MaDe (Material Designer), il designer Davide Piscitelli utilizza la generazione algoritmica per dare vita a maschere virtuali con l'obiettivo di mettere in discussione il dualismo occidentale tra uomo e natura.

Qualsiasi progetto non può prescindere dalla materializzazione; le possibilità che il disegno di geometrie articolate offre sarebbe inutile senza una realizzazione. Infatti, in parallelo allo sviluppo del software, si è assistito ad una convergenza verso la digitalizzazione dei processi produttivi, grazie a macchinari capaci di costruire globalmente, o per parti, l'oggetto progettato, a partire dal suo modello digitale. Questo processo è noto come Digital Fabrication e non richiede altre interpretazioni oltre a quella del progettista, poiché il file viene preparato in scala reale e fabbricato senza il coinvolgimento di intermediari. Le metodologie di progettazione generativa consentono una completa automazione dei processi di progettazione e produzione, colmando il divario tra dati utente e prodotto. Questo consente di creare geometrie complesse e nuovi materiali, consentendo la personalizzazione centrata sull'utente con impostazioni parametriche.

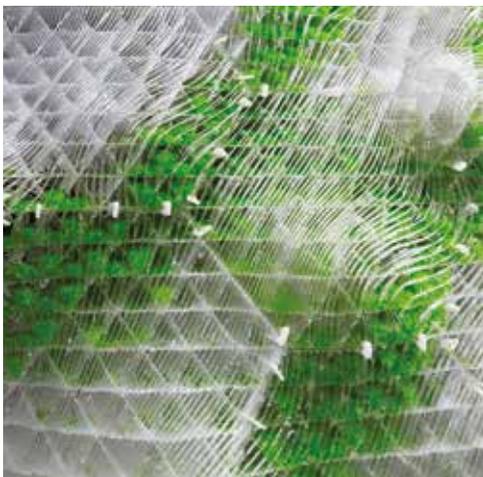
Carla Langella

“I sistemi generativi sono associati a nuovi processi di produzione che non sono più di tipo meccanico, taglio, tornitura, fresatura, ma sono legati ai modi additivi della digital fabrication”

Come afferma anche Neri Oxman, il design computazionale è un'ottima opportunità per i designer contemporanei, poiché permette di creare forme complesse partendo da semplici formule; insieme all'additive manufacturing e alla biologia sintetica permette di abbracciare una nuova visione della vita, allontanandosi dal concetto di assemblaggio ed avvicinandosi al concetto di crescita. Ad esempio, nella bio-scultura *H.O.R.T.U.S. XL Astaxanthin.g*, commissionata dal Centre Pompidou di Parigi e sviluppata da ecoLogicStudio in collaborazione con il Synthetic Landscape Lab dell'Università di Innsbruck, un algoritmo digitale simula la crescita di un substrato ispirato alla morfologia corallina. Questo è fisicamente depositato da macchine di stampa 3D in strati di 400 micron, sostenuti da unità triangolari di 46 mm e divisi in blocchi esagonali di 18,5 cm. I cianobatteri fotosintetici sono inoculati su un mezzo biogel nelle singole cellule triangolari, o bio-pixel, formando le unità di intelligenza biologica del sistema. I loro metabolismi, alimentati dalla fotosintesi, convertono le radiazioni in ossigeno e biomassa reali. Tra gli organismi più antichi della Terra, l'intelligenza biologica unica dei cianobatteri è raccolta come parte di una nuova forma di architettura bio-digitale.



Fig. 044
H.O.R.T.U.S. XL Astaxanthin.g.
ecoLogicStudio
Centre Pompidou in Paris, France, 2019



Additive Manufacturing

La Society of Manufacturing Engineers definisce la produzione additiva (AM) come *“the process of manufacturing a physical object through the layer-by-layer selective fusion, sintering or polymerization of a material”* (Diegel et al., 2010, p.70).

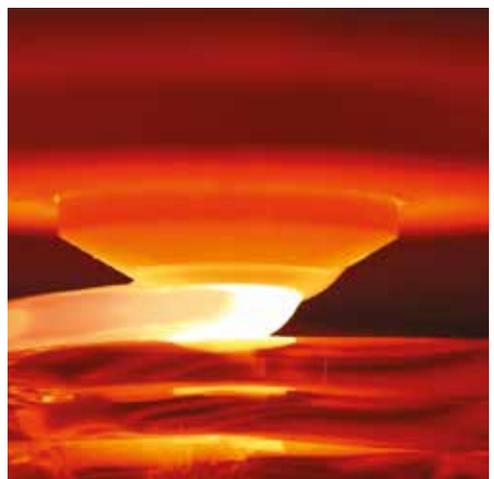
Nuove tecnologie come la stampa 3D e altre soluzioni di produzione digitale stanno cambiando il modo di generare i prodotti, con la quarta rivoluzione industriale come abbiamo già visto si confonderà i confini tra il mondo digitale, biologico e fisico introducendo tecnologie per manipolare materiali fisici e biologici. I principi di produzione additiva offrono un eccellente potenziale per rendere la produzione flessibile, così i processi di fabbricazione additiva sono sempre più in competizione con le tecniche di produzione convenzionali come la fusione, la tornitura o la fresatura. In alcuni settori stanno persino sostituendo i processi consolidati e sconvolgendo il mercato (Peters, Drewes, 2019).

Additive Manufacturing fa parte della prototipazione rapida, in cui i modelli 3D virtuali vengono disegnati utilizzando il software CAD che funge da file sorgente. Questo di solito viene fatto stendendo più strati sottili di materiali come plastica, polvere di metallo, ceramica, resina, cera, materiali alimentari e tessuti viventi. Pertanto, attraverso la stampa strato per strato, il modello CAD 3D viene trasformato in prodotto senza la necessità dello stampo o di altri processi di fabbricazione (Rautray, Eisenbart, 2021). Le stampanti 3D consentono di fabbricare prodotti con forme geometriche complesse, sotto taglio e cavità, o anche componenti in movimento che non possono essere realizzati con mezzi convenzionali, questo consentirà ai progettisti ed agli ingegneri di creare forme che non erano possibili nella generazione precedente ed aprirà ad una nuova finestra di opportunità per la futura generazione di designer. Attraverso l'espansione in nuove aree di applicazione per la produzione additiva e la crescente disponibilità di stampanti 3D sul mercato, la gamma di materiali e combinazioni di materiali con cui ora si può lavorare si è espansa enormemente, i progettisti hanno a disposizione materiali

“Additive manufacturing is the process of additive layer by layer deposition and construction of materials into defined structures rather than by ablative/subtractive (e.g. milling) processes.

This includes laser-mediated particle welding of metals, the extrusion of biologically active polymers into hard structures, or bio-printing cells within hydrogels into soft biologically active structures”.

Fig. 045
Glass I
Neri Oxman, 2015



naturali come alghe, lignina o fibre di legno, così come i filamenti con qualità intelligenti come la fotoluminescenza o le proprietà retroriflettenti (Peters, Drewes, 2019).

Ad esempio, Neri Oxman e il suo team con il progetto *Glass I e II*, hanno sviluppato G3DP, una piattaforma di produzione additiva progettata per stampare vetro otticamente trasparente e per dimostrarne le capacità hanno presentato un'installazione per la Milan Design Week 2017; l'installazione è composta da una serie di colonne di vetro alta 3m completamente prodotte con la piattaforma di stampa 3D in vetro.

Altro esempio è *BioFila*, un filamento biodegradabile per stampa 3D arrivato sul mercato nell'aprile 2014, sviluppato dalla start-up tedesca twoBEars.

L'azienda ha scelto di non utilizzare polimeri della catena alimentare, producendo invece filamenti a base di lignina termoplastica. La texture della superficie può essere modificata variando la temperatura di stampa.

Questo a dimostrazione che l'avvento delle tecnologie di produzione additiva presenta una serie di opportunità che hanno il potenziale per avvantaggiare notevolmente i progettisti e contribuire alla sostenibilità dei prodotti. L'Additive Manufacturing è quindi ormai una tecnologia consolidata, i suoi vantaggi sono noti; tuttavia, il suo utilizzo in contesti industriali necessita ancora di ulteriore sviluppo per essere considerata competitiva nei tempi e nei costi di produzione. Nel frattempo, al MIT Media Lab negli Stati Uniti hanno fatto progressi significativi nello sviluppo della stampa 4D, cioè un processo di stampa tridimensionale in cui, dopo l'elaborazione additiva, il materiale stampato può cambiare dinamicamente forma quando viene azionato da un impulso esterno, innescando a sua volta altre funzioni. L'impulso esterno può essere attivato dalla luce, dai campi magnetici, dalle fluttuazioni di temperatura o dall'azione dell'umidità (Peters, Drewes, 2019).

Stampa 3D di fluido-densi per oggetti di grandi dimensioni

Quando si parla di stampa 3D su larga scala uno dei progetti di riferimento è il *Radiolaria Pavillion*, 2009, una struttura complessa, di forma organica, alta tre metri, che rappresenta il modello in scala del più grande padiglione alto otto metri previsto per la città di Pontedera (PI), in Italia. Il progetto è realizzato da Andrea Morgante, fondatore di Shiro Studio, in collaborazione con D-Shape, che con l'ideazione di Enrico Dini, ha sviluppato con successo la prima mega stampante 3D che consente la costruzione senza soluzione di continuità a forma libera di strutture monolitiche su larga scala. La morfologia geometrica del *Radiolaria Pavillion* riflette il potenziale fornito dalla mega-printer, in grado di costruire qualsiasi geometria complessa senza l'uso di casseforme temporanee o stampi monouso e costosi. La realizzazione di questo progetto è dovuta anche al tipo di materiale progettato e sperimentato, che unisce sabbia o polvere di marmo ad un legante inorganico; proprio questo legante è capace di riportare qualsiasi tipo di polvere minerale al suo stato originale compatto; quindi, ottenendo una pietra con una resistenza superiore al cemento Portland, al punto che non è necessario utilizzare l'acciaio per rinforzare la struttura.

Quando si parla di stampare in 3D materiali fluido-densi, come malte cementizie, miscele a base di terra cruda o impasti a base di argilla la tecnologia utilizzata è *Liquid Deposition Modeling* (LDM) ovvero modellazione per deposizione di materiali allo stato liquido.

Un esempio è il progetto dello studio di design berlinese Studio 7,5, che hanno collaborato con gli esperti parigini di stampa 3D XtreeE per creare una serie di panchine in cemento stampate continuamente con un motivo intrecciato, utilizzando la tecnologia e le attrezzature di XtreeE, che includono un robot di stampa 3D a sei assi che può stampare calcestruzzo e argilla con estrema precisione. Il calcestruzzo viene stampato in strati alternativi dalla testa del robot, muovendosi in un'onda oscillante continua e costruendo lentamente gli strati.



Questo movimento crea il modello intrecciato. Inoltre, XtreeE, leader nel settore della stampa 3D di materiali fluido-densi, sta attualmente sperimentando la stampa a 90°, sfidando le leggi di gravità.

XtreeE, collabora con vari designer per la realizzazione di oggetti di grandi dimensioni in calcestruzzo, come il progetto X-Reef, realizzato in collaborazione con Seaboost ed alcuni biologi, con il quale hanno immerso nelle acque del parco naturale di Calanques in Francia una barriera corallina biorecettiva realizzata in calcestruzzo e stampata in 3D. La tecnologia di stampa 3D in calcestruzzo sviluppata ha permesso di ricreare una complessità porosa senza precedenti ed a basso costo, che imita uno degli habitat naturali più ricchi del Mediterraneo, il Coralligeno. In natura, questo profondo ecosistema roccioso di origine biogenica può richiedere diverse centinaia di anni per formarsi e ospita migliaia di specie, tra cui pesci, crostacei, coralli, alghe, molluschi.

Wasp, azienda italiana, leader del settore, ha sviluppato un estrusore Liquid Deposition Modeling, LDM WASP Extruder 3.0, che è adattabile alla maggior parte delle stampanti 3D sul mercato e consente stampe veloci, precise e di grandi dimensioni anche con impasti duri. L'estrusore si basa su due principi di estrusione: il serbatoio in pressione che spinge l'impasto verso l'estrusore e la vite controllata dalla macchina che definisce con precisione l'uscita del materiale fuori dall'ugello che ha una dimensione da 1 mm ad 8 mm per la versione XL. Proprio grazie a questo estrusore Wasp collabora con numerosi designer per la realizzazione di prototipi, come la serie Reefs, vista in precedenza, un cui si è sperimentato la stampa 3D di un bio-materiale vivente. Wasp è inoltre candidata al Compasso d'Oro 2024 nella categoria 'Design dei materiali e dei sistemi tecnologici' per lo sviluppo di Crane WASP, un sistema di stampa tridimensionale collaborativa in grado di stampare abitazioni con terra e scarti della filiera agricola, con il quale si è realizzato il progetto Tecla, in collaborazione con Mario Cucinella.

Fig. 047
Bâtiment équipements sportifs
Marc Dalibard & XtreeE
Métropole d'Aix Marseille, 2019



Fig. 048
Robot di stampa 3D a 6 assi
XtreeE

Progetto

Concept +

Bio-Diario +

Ossigeno +

Scenario +

“Da sempre l'evoluzione umana, dall'età della pietra a quella del silicio, è associata al materiale predominante in ogni epoca. Con la biofabbricazione la materia del progetto diventa viva, e i designer imparano a interagire con la natura come co-workers. La ricerca si interroga su come il design si inserisce in questa nuova dimensione, fin dove si estende il suo raggio d'azione e quali sono i suoi limiti, e sul contributo che il design può fornire nel favorire apprezzamento e diffusione dei materiali biofabbricati in un arco temporale appropriato, aggirando quindi i lunghi tempi di applicazione che solitamente caratterizzano lo sviluppo industriale dei nuovi materiali. Il design agisce su più scale: può sviluppare scenari d'applicazione che valorizzino le qualità percettive del materiale, ma anche nuovi sistemi di produzione-consumo che diano forma a un mondo consapevole e responsabile in grado di fronteggiare le sfide globali”

***“A skyscraper is not a tree,
not yet”***

Neri Oxman

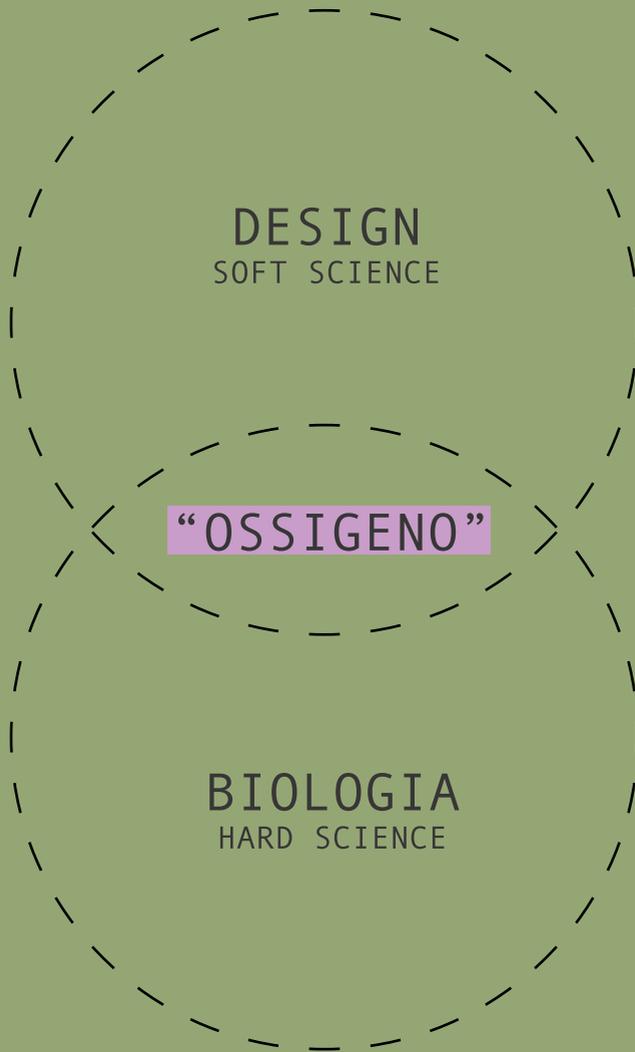
Ossigeno è una tesi con un approccio interdisciplinare tra Design e Biologia, che si inserisce all'interno del Progetto di Ricerca "INERTIAL", il quale si pone come obiettivo generale quello di dare nuovo valore agli scarti provenienti dalla filiera lapidea che da 'rifiuto' potrebbero diventare una nuova risorsa seguendo un percorso circolare con una logica 'Cradle to Cradle', adottando un approccio multidisciplinare che coinvolge processi biotecnologici microbici per dare nuova vita ai materiali di scarto.

In particolare, si valutano processi in cui microrganismi fotosintetici (cianobatteri e microalghe eucariotiche) sono in grado di generare polimeri collanti in grado di trasformare, attraverso processi di biomineralizzazione, il materiale lapideo di scarto (polveri e pezzi di varie dimensioni) in un nuovo materiale da costruzione o un materiale adatto alla produzione industriale.

Durante questo percorso ho collaborato continuamente con biologi in modo che le due discipline, quella del Design, disciplina morbida, e quella della Biologia, disciplina dura, siano state continuamente in relazione, sovrappendosi e contaminandosi l'un l'altra. Ho diviso il percorso progettuale in due fasi, quella di "Concept" in cui presenterò il concept di progetto con alcune prove, sketch e sessioni di brainstorming e il "Bio-Diario" in cui racconterò tutta la mia esperienza all'interno del Centro di Competenza VALORE "Gino Florenzano", dove ho effettuato prove ed esperimenti con microrganismi; come già specificato in precedenza queste due fasi non sono state divise ma è stato un flow continuo tra le due discipline.

TESI CON APPROCCIO
INTERDISCIPLINARE

DESIGN | BIOLOGIA



DESIGN
SOFT SCIENCE

“OSSIGENO”

BIOLOGIA
HARD SCIENCE

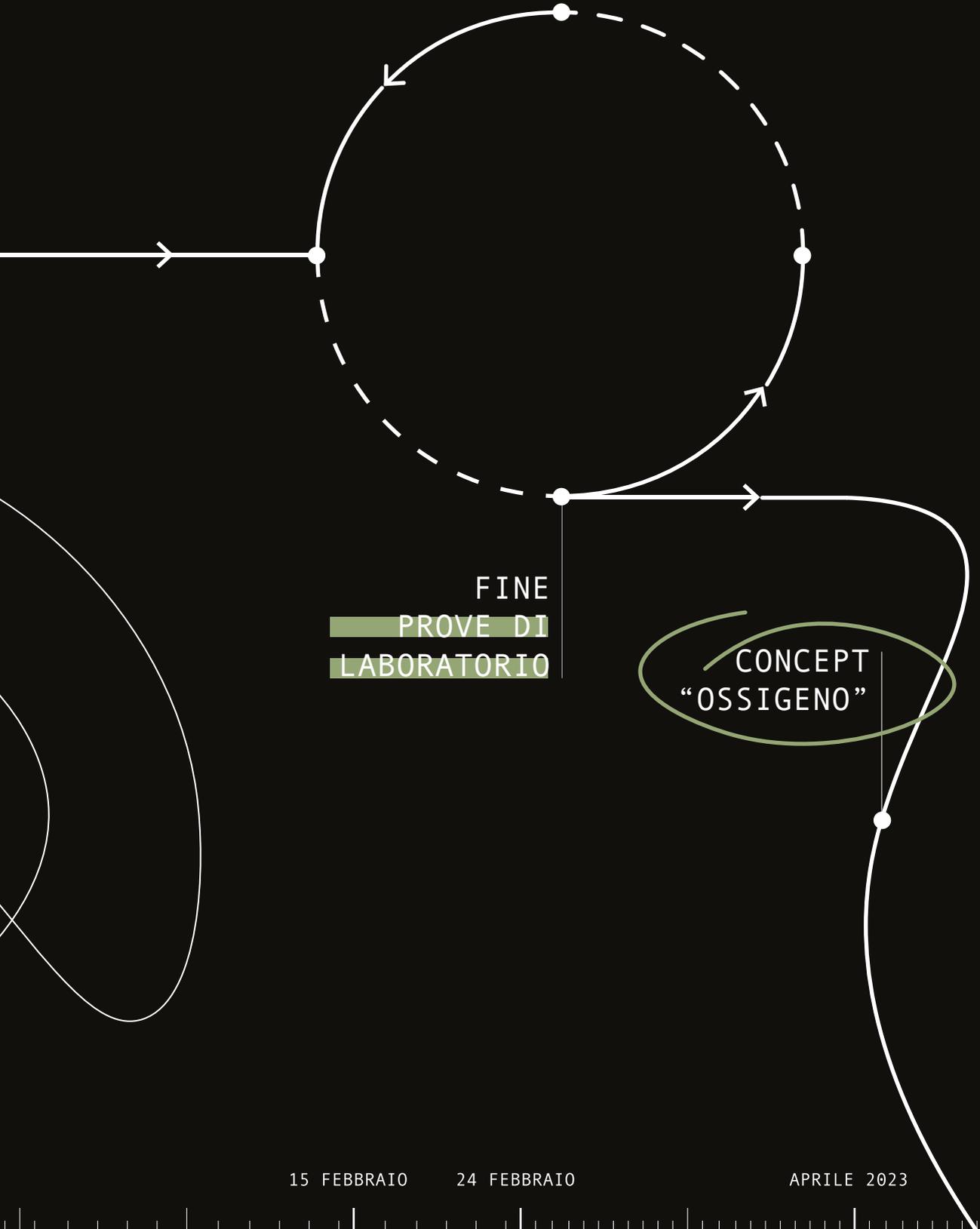
DESIGN
BIORECETTIVO
PIASTRELLA

STAMPO
IN SILICONE

INIZIO
PROVE DI
* LABORATORIO

WORKFLOW

* Per poter accedere ai Laboratori di Biologia del Dipartimento DAGRI, ho superato il "Corso sulla Sicurezza su rischi specifici Chimico e Biologico"



Concept

All'interno di questo paragrafo racconterò il percorso che mi ha portato a sbrogliare quella "enorme matassa iniziale" che abbiamo visto nell'illustrazione della pagina precedente, in cui, le idee si sovrappongono, cerchi di capire, fai ricerca approfondita, cerchi la strada progettuale da seguire, fai prove, fai sketch...

Nel mio caso è stata una fase importante per approfondire il *Progetto INERTIAL*, iniziando a "toccarlo con mano", a prendere confidenza con l'interdisciplinarietà del progetto, a fare i primi esperimenti con il materiale e capire di cosa si trattasse realmente e come il mio lavoro potesse essere utile; tramite *sessioni di brainstorming* invece ho individuato la strada da sviluppare e che più mi appassionava. Nel corso di questo percorso, come vedremo ho definito gli obiettivi del progetto "*Ossigeno*" e insieme alle prove di Laboratorio ho ottenuto dati e spunti fondamentali che mi hanno guidato nell'ideazione del progetto finale.

Di seguito sono riportate le "attività" svolte fuori dal Laboratorio, per quelle, nonostante come già sottolineato si sono svolte in parallelo, ho dedicato un intero capitolo: il "*Bio-diario*".



DESIGN FLOW

- + BRAINSTORMING
- + PROVE STAMPA 3D
CON MATERIALE DI CONTROLLO
- + SKETCH
- + REALIZZAZIONE PRIMA PIASTRELLA
BIORECETTIVA CON MATERIALE DI CONTROLLO



BRAINSTORMING

Durante le sessioni di *Brainstorming* abbiamo analizzato il progetto INERTIAL e quali potevano essere i punti sui cui potevamo intervenire come designer.

I punti di sviluppo del progetto e le applicazioni di questo nuovo materiale possono essere tantissimi, ma queste sessioni avevano l'obiettivo proprio di fare uscire le idee più svariate, al fine di individuare la strada da sviluppare e su cui fare ricerca.





KIT DIY

Lavorazione con tecniche tradizionali

Home Furnitures

BLOCCO RICOMPOSTO

MATTONELLA RICOMPOSTA

Accessori

Utilizzo anche di altri scarti

Upcycle es. Kintsugi

INERTIAL

TRAVERTINO DENSIFICATO

Mattonella

MATERIALE DA STAMPO TRADIZIONALE

Home Furnitures

Ricerca del giusto mix

Realizzazione Prototipo

OBIETTIVO DEL PROGETTO
“OSSIGENO”



AUMENTARE/RIPORTARE
LA BIODIVERSITÀ
NELLE CITTÀ



MIGLIORARE LA QUALITÀ
DELL'ARIA, ATTRAVERSO
IL PROCESSO DI FOTOSINTESI



STAMPA 3D
DEL MATERIALE INERTIAL
(MATERIALE FLUIDO-DENSO)



IMPLEMENTARE IL RAPPORTO
UOMO | NATURA



SISTEMA DI ARREDI
URBANI BIOFABBRICATI
E BIORECETTIVI

Prove di stampa 3D con Materiale di controllo Inertial

Una delle prime operazioni che ho svolto dal momento in cui ho iniziato a lavorare sul progetto INERTIAL ed aver deciso di concentrarmi sulla stampa 3D del biobased material Inertial, è stata quella di svolgere svariate prove di stampa 3D, cercando il giusto mix tra gli ingredienti per ottenere una consistenza ottimale per la stampa. Inertial è un materiale di consistenza paragonabile a quella del cemento e quindi come abbiamo visto nella fase di ricerca siamo nell'ambito della stampa 3D di materiale fluido-denso, LDM.

Questa serie di prove che presenterò nelle prossime pagine è stata effettuata, con una stampante *3DRag in configurazione LDM*, all'interno del "Laboratorio di Design per la Sostenibilità", in collaborazione con il biologo Lorenzo Reali. Per queste prove si è utilizzato soltanto il materiale di controllo Inertial, cioè senza l'aggiunta della biomassa, scelta effettuata a causa di problemi logistici e di disponibilità di strumenti "specifici" per lavorare con organismi viventi, visto che questa serie di prove è stata effettuata fuori dal "Centro di Competenza VALORE".

Le giornate di sperimentazione sulla stampa 3D sono state tre, ogni volta abbiamo cercato di capire come poter migliorare ed infatti ad ogni step ci sono stati dei piccoli miglioramenti. Nonostante ciò, il risultato ottenuto non è ancora sufficiente, dovremmo fare ulteriori prove per ottimizzare la stampa, sia per trovare il giusto mix degli ingredienti, sia con alcune modifiche di configurazione della stampante.

La ricerca sulla stampa 3D chiaramente non si conclude con queste prove, anzi, questo è solo l'inizio, nei prossimi mesi si continuerà la sperimentazione e si ha anche l'intenzione di rivolgersi all'azienda italiana Wasp, leader del settore di stampa 3D di materiali fluido-densi, per fare alcuni test sulla stampa del materiale.

SPERIMENTAZIONE PROVE STAMPA 3D

- + GIORNO 1
- + GIORNO 2
- + GIORNO 3

OBIETTIVO

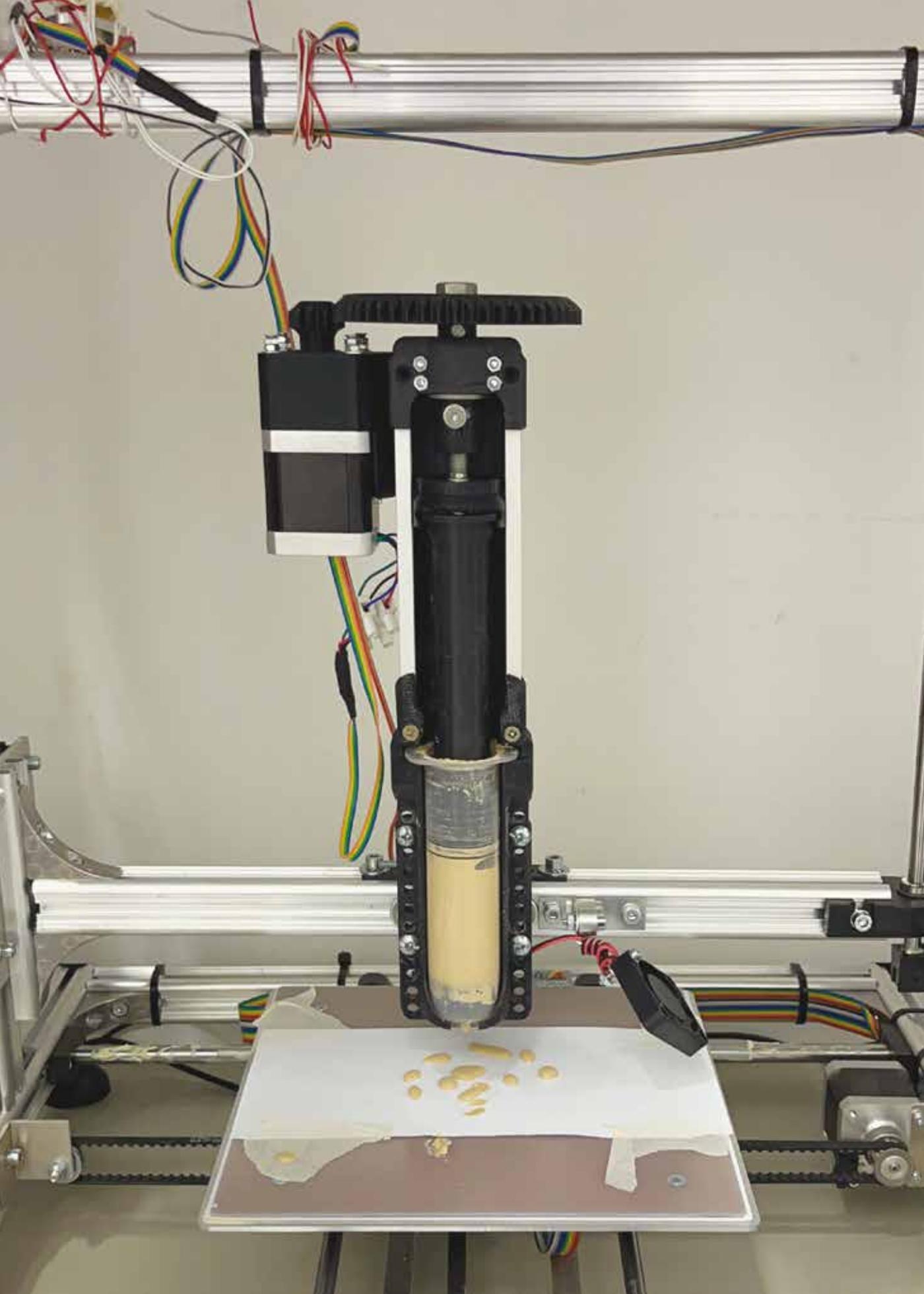
Esplorare sulla possibilità di stampa 3D del
biobased material Inertial

MATERIALE DI CONTROLLO INERTIAL:

- + SABBIA DI MARMO
- + LIMO DI MARMO
- + ACQUA
- + PECTINA

STAMPANTE 3D:

- + 3DRag in CONFIGURAZIONE LDM



Sperimentazione

GIORNO 1

Con queste prove di seguito descritte non siamo riusciti a stampare in 3D, il problema principale è stata la mancanza di strumenti necessari e un errata configurazione della stampante. Nella prova 3 in cui la consistenza ci sembrava buona, la prova di stampa 3D non è riuscita perché dall'ugello fuoriusciva solo l'acqua, mentre il materiale rimaneva all'interno della "siringa", come se con la pressione, gli ingredienti si separassero nuovamente. Si suppone che questo possa essere il risultato di non utilizzare né materiale addensante né biomassa, necessaria per la produzione di Carbonato di Calcio.

COME MIGLIORARE:

- + PROCURARE STRUMENTI + IDONEI
- + UTILIZZARE UN MATERIALE ADDENSANTE (ES. PECTINA)
- + OTTIMIZZARE LA TECNICA DI STAMPA 3D

RIEPILOGO PROVE:

	RICETTA	RISULTATO
PROVA 1	<ul style="list-style-type: none">+ 66 g SABBIA DI MARMO+ 33 g LIMO DI MARMO+ 26 mL ACQUA+ RAPPORTO Acqua/Inerte 0,28	<ul style="list-style-type: none">+ TROPPO LIQUIDO+ STAMPA 3D: IMPOSSIBILE
PROVA 2	<ul style="list-style-type: none">+ 86 g SABBIA DI MARMO+ 43 g LIMO DI MARMO+ 26 mL ACQUA+ RAPPORTO Acqua/Inerte 0,20	<ul style="list-style-type: none">+ TROPPO LIQUIDO+ STAMPA 3D: IMPOSSIBILE
PROVA 3	<ul style="list-style-type: none">+ 120 g SABBIA DI MARMO+ 60 g LIMO DI MARMO+ 26 mL ACQUA+ RAPPORTO Acqua/Inerte 0,15	<ul style="list-style-type: none">+ CONSISTENZA BUONA+ STAMPA 3D: FALLITA



Sperimentazione GIORNO 2

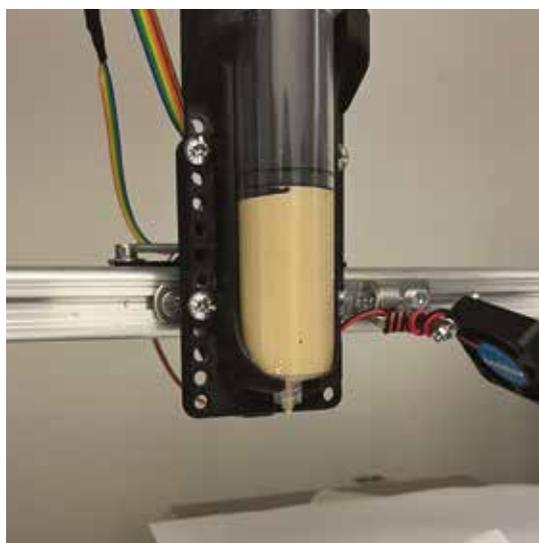
Per questa giornata di sperimentazione sulla stampa 3D ci siamo muniti di alcuni strumenti più idonei alla preparazione del materiale, come la piastra scaldante, e Lorenzo (biologo) ha portato la pectina necessaria da utilizzare come addensante. Nonostante questo, il risultato non è stato buono, la consistenza del materiale è buona, ma nel momento in cui si riempie la siringa e si aziona la stampante, come la giornata di prove precedente esce solo l'acqua e il materiale rimane all'interno non riuscendo a fuoriuscire. Il problema principale probabilmente è sempre una configurazione non ottimale della stampante e la mancanza della microalga all'interno del mix che compone il materiale; svolgeremo ancora un'altra prova progettando e stampando un piccolo adattatore da inserire all'interno della "siringa" per cercare di favorire la fuoriuscita del materiale.

COME MIGLIORARE:

- + STAMPARE ADATTATORE SIRINGA
- + OTTIMIZZARE LA TECNICA DI STAMPA 3D

RIEPILOGO PROVE:

	RICETTA	RISULTATO
PROVA 1	+ 76 g SABBIA DI MARMO	+ CONSISTENZA BUONA
	+ 36 g LIMO DI MARMO	+ STAMPA 3D: ESCE SOLO ACQUA,
	+ 22 mL ACQUA	IL MATERIALE SI BLOCCA
	+ 0,4 g PECTINA	ALL'INTERNO
	+ RAPPORTO Acqua/Inerte 0,20	



Sperimentazione

GIORNO 3

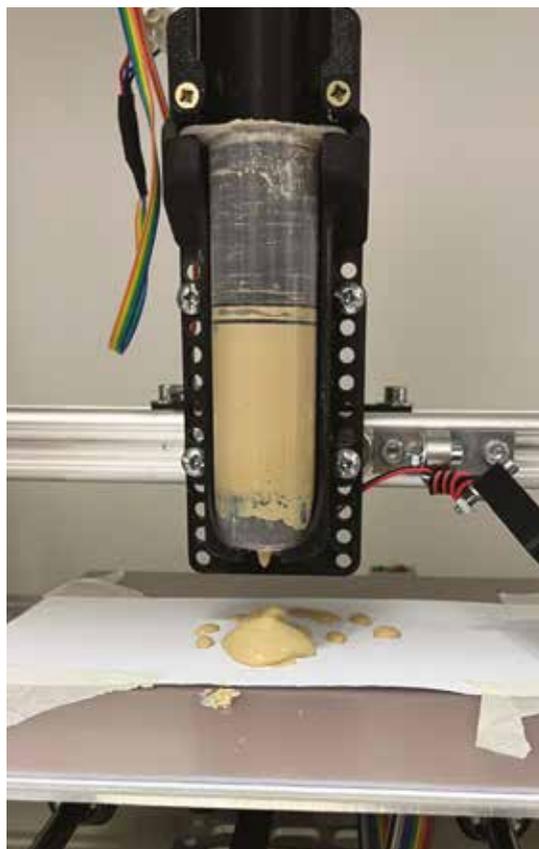
Come suggerito dalle scorse giornate di prove di stampa 3D del materiale Inertial, si è progettato un adattatore da inserire all'interno della "siringa" per impedire che si creasse un "tappo" e favorire la fuoriuscita del materiale. La stampa è leggermente migliorata, si riesce a far uscire almeno una parte del materiale della siringa, ma, nonostante ciò, il risultato non è sufficiente perché dopo poco si forma nuovamente il tappo e soprattutto l'estrusione è troppo liquida e collassa su sé stessa. Possiamo provare a fare altre modifiche alla stampante, ma per ottenere dei risultati serve ancora molta sperimentazione sulla ricerca del giusto mix degli ingredienti, probabilmente tra qualche mese la ricerca su questo nuovo biobased material sarà ad un livello più avanzato ed a quel punto si proverà nuovamente a stampare in 3D.

COME MIGLIORARE:

- + OTTIMIZZARE LA TECNICA DI STAMPA 3D
- + OTTIMIZZARE IL MIX TRA GLI INGREDIENTI

RIEPILOGO PROVE:

	RICETTA	RISULTATO
PROVA 1	+ 76 g SABBIA DI MARMO	+ CONSISTENZA BUONA
	+ 36 g LIMO DI MARMO	+ STAMPA 3D: MIGLIORATA, MA
	+ 17 mL ACQUA	ANCORA INSUFFICIENTE
	+ 0,4 g PECTINA	
	+ RAPPORTO Acqua/Inerte 0,16	





COSA HO APPRESO DA QUESTE PROVE?



LA STAMPA 3D DI INERTIAL
È POSSIBILE



LA TECNICA DI STAMPA
VA MIGLIORATA, ANCHE
ATTRAVERSO MODIFICHE ALLA
STAMPANTE



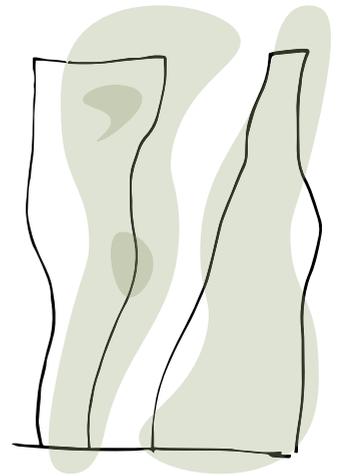
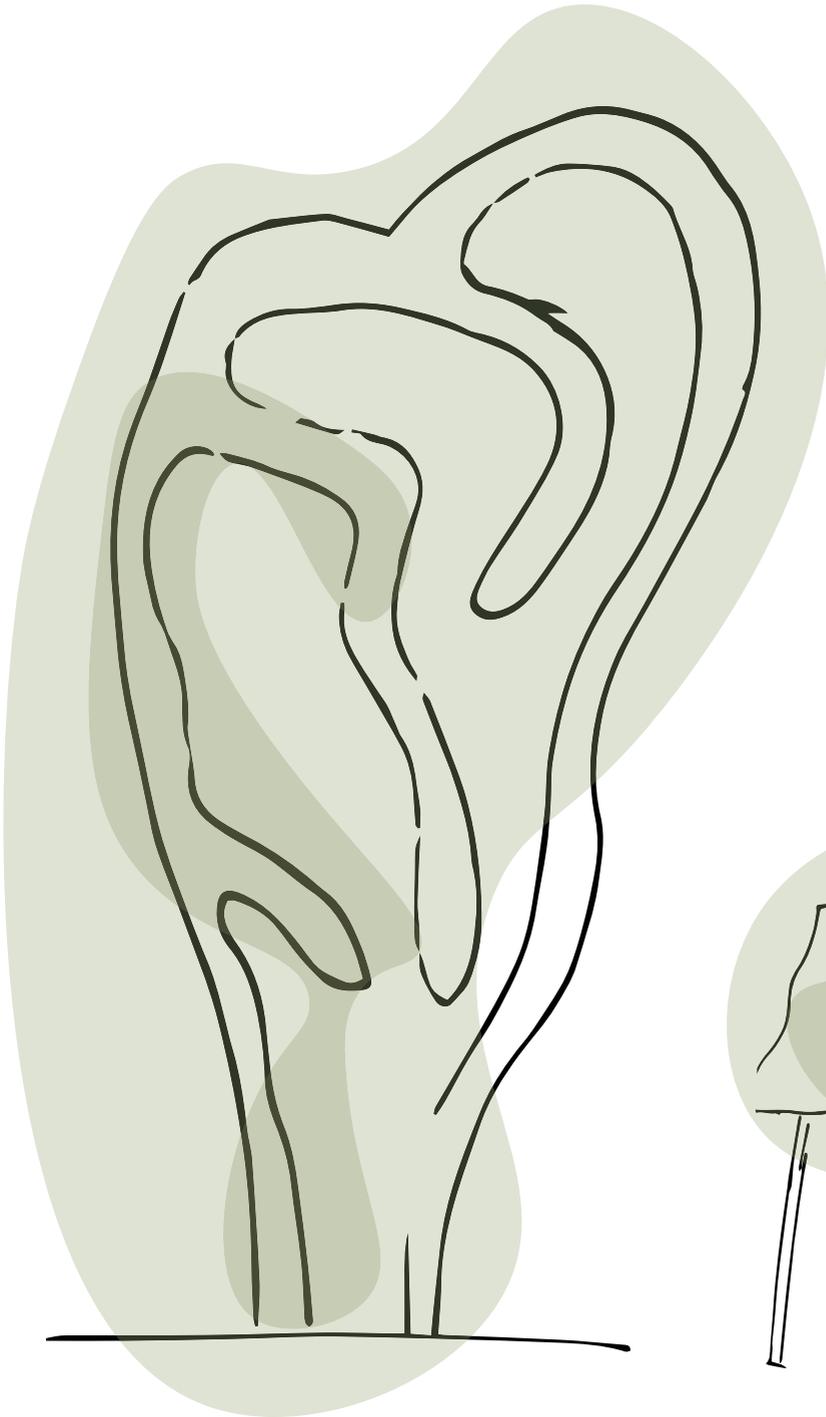
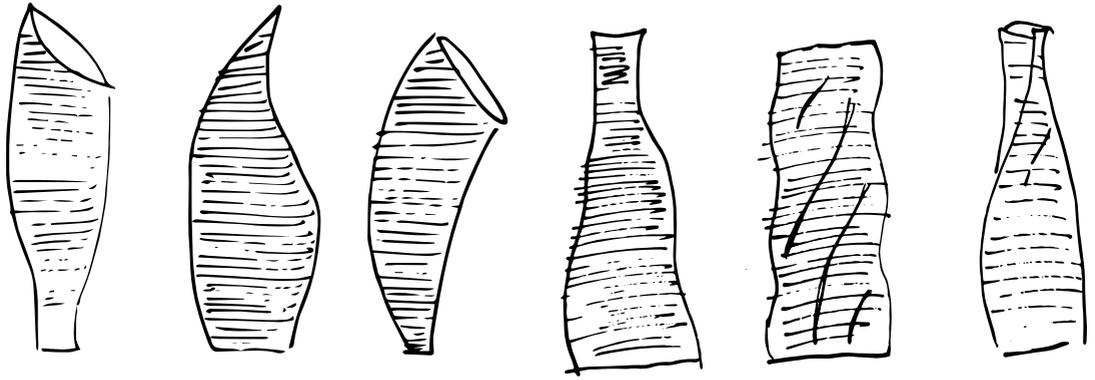
VA DEFINITA LA RICETTA
DI INERTIAL PER LA STAMPA 3D,
NON PUÒ ESSERE QUELLA UTILIZZATA
PER GLI STAMPI, SI NECESSITA
DI UNA CONSISTENZA DIFFERENTE



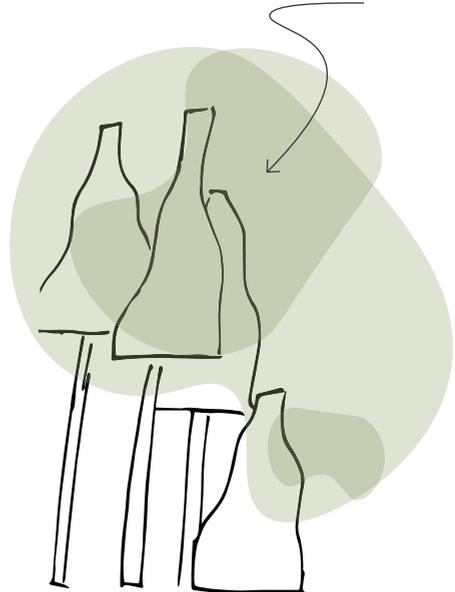
L'UTILIZZO DELLA BIOMASSA
È INDISPENSABILE, SENZA NON
SI PRODUCE CARBONATO DI CALCIO
NECESSARIO A "RICOMPATTARE"
IL MATERIALE LAPIDEO

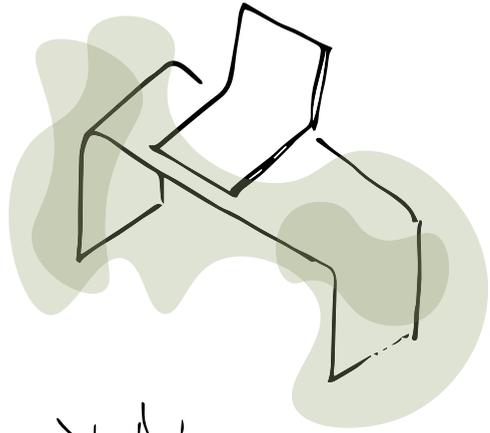
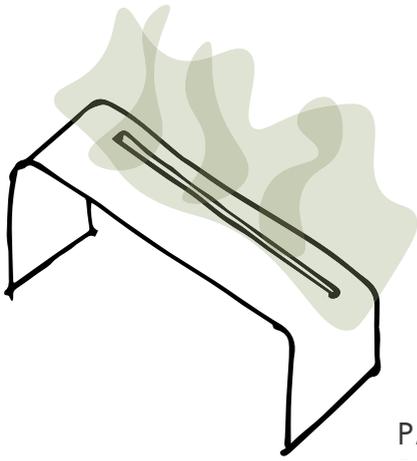
Sketches

Nel frattempo ho iniziato a pensare a come sfruttare il potenziale della stampa 3D e del Design Computazionale, che, come abbiamo visto sono due strumenti consigliati per la realizzazione di prodotti biorecettivi; così ho dato vita alle prime idee sotto forma di sketch, cercando di immaginare una serie di arredi urbani, che potevano essere una panchina, un totem, un insieme di strutture collegate ma anche delle piastrelle, il tutto immaginando come la vegetazione le avrebbe trasformate una volta colonizzato l'oggetto creato.

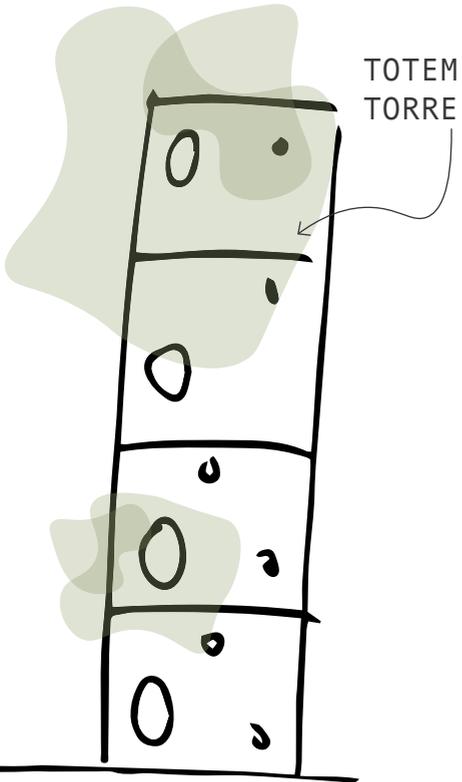
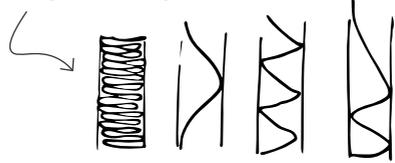


TOTEM SOSPEO

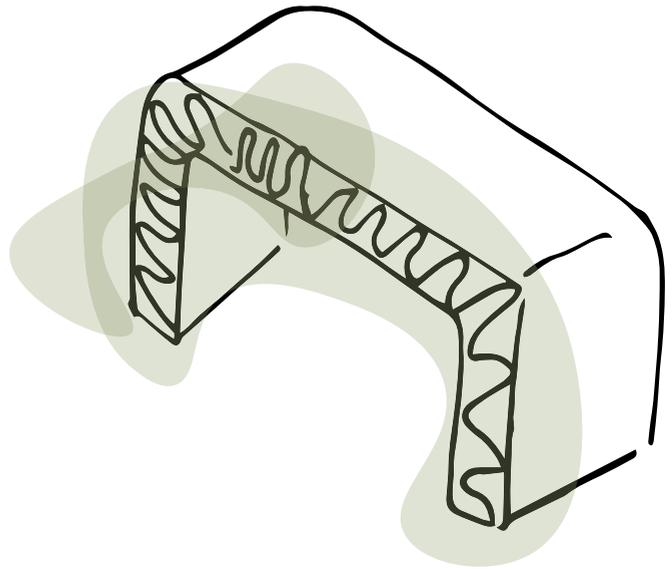




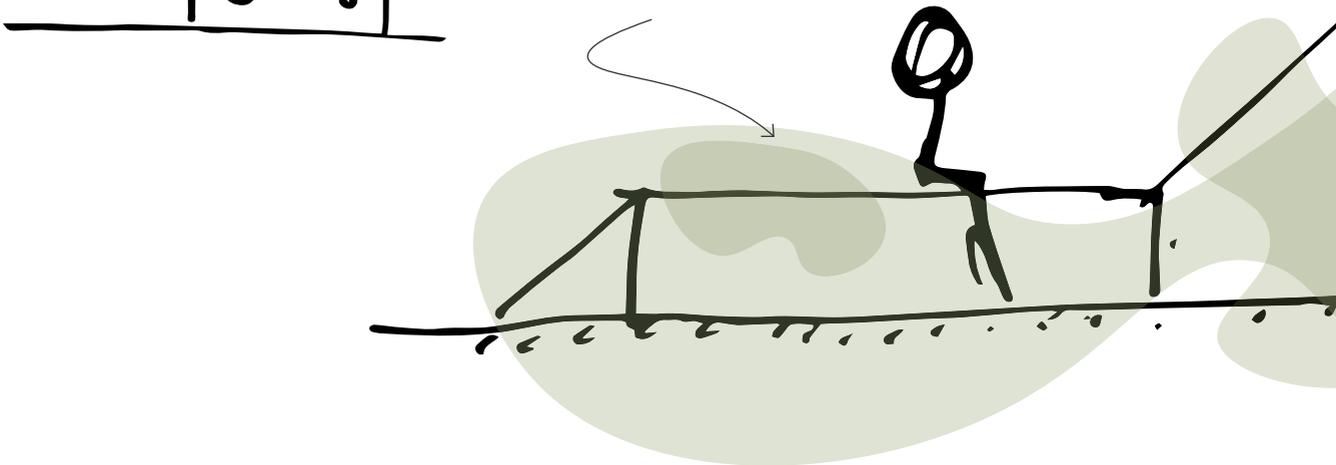
PATTERN
BIORECETTIVO

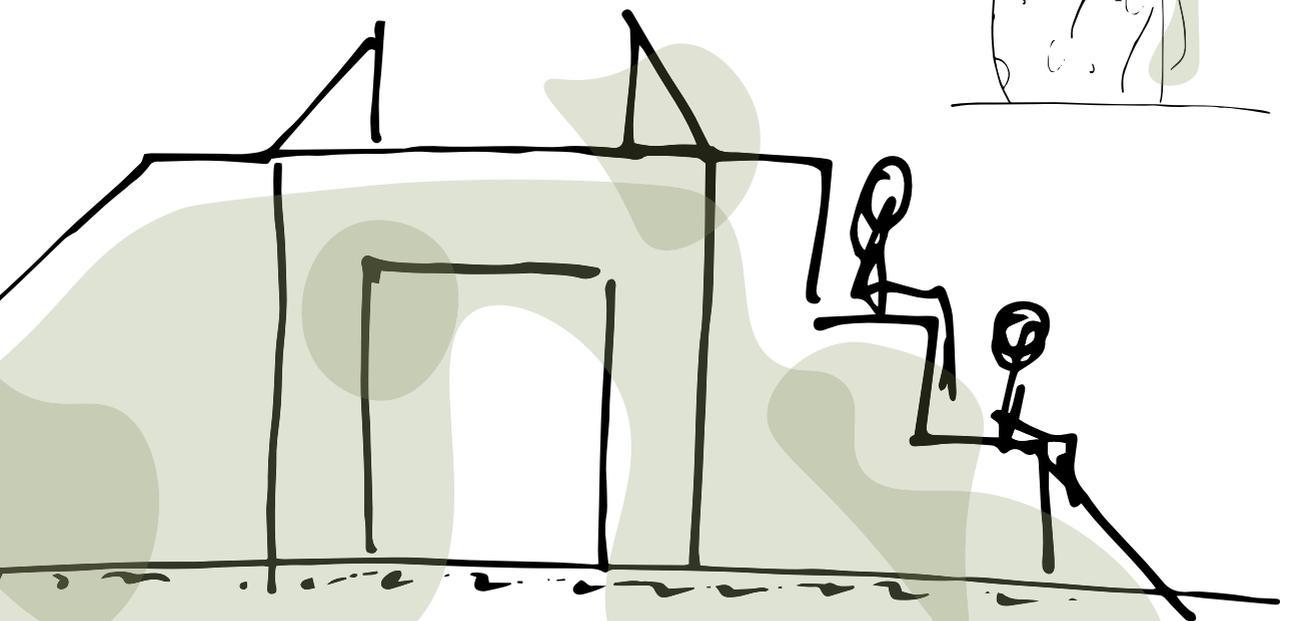
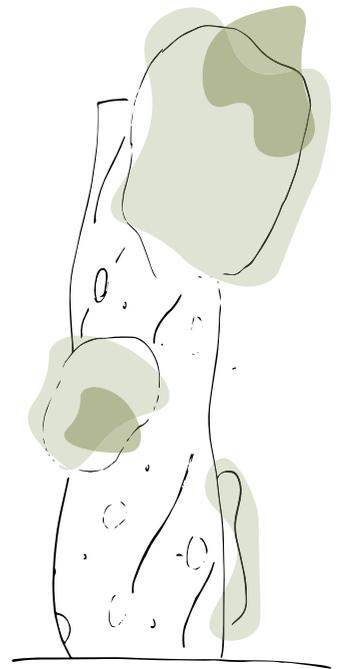
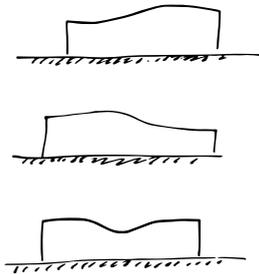
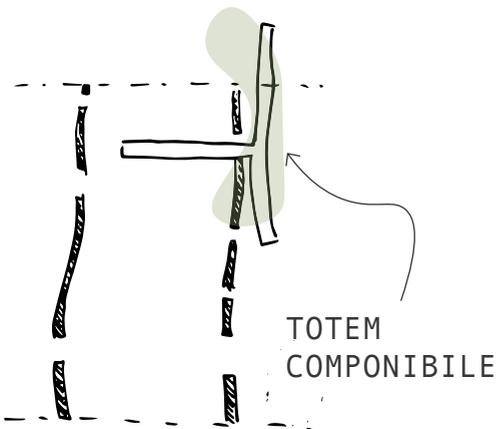
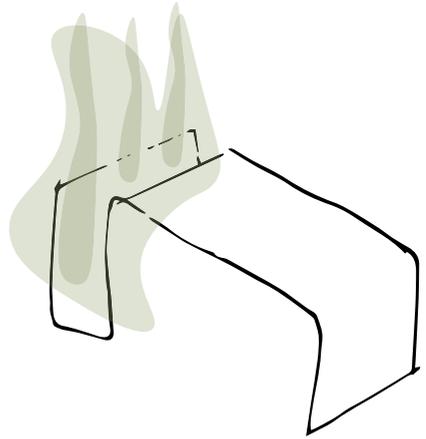
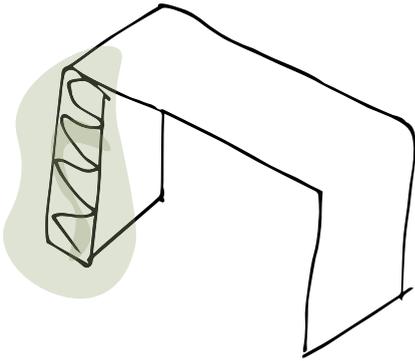


TOTEM
TORRE



SISTEMA
DI ARREDI

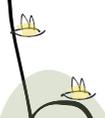




TRASFORMAZIONE
NEL TEMPO



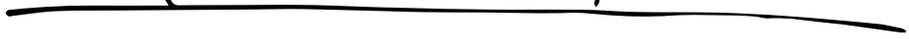
VETRO
STAMPATO IN
3D COME "GUSCIO"



PATTERN
BIORECETTIVO



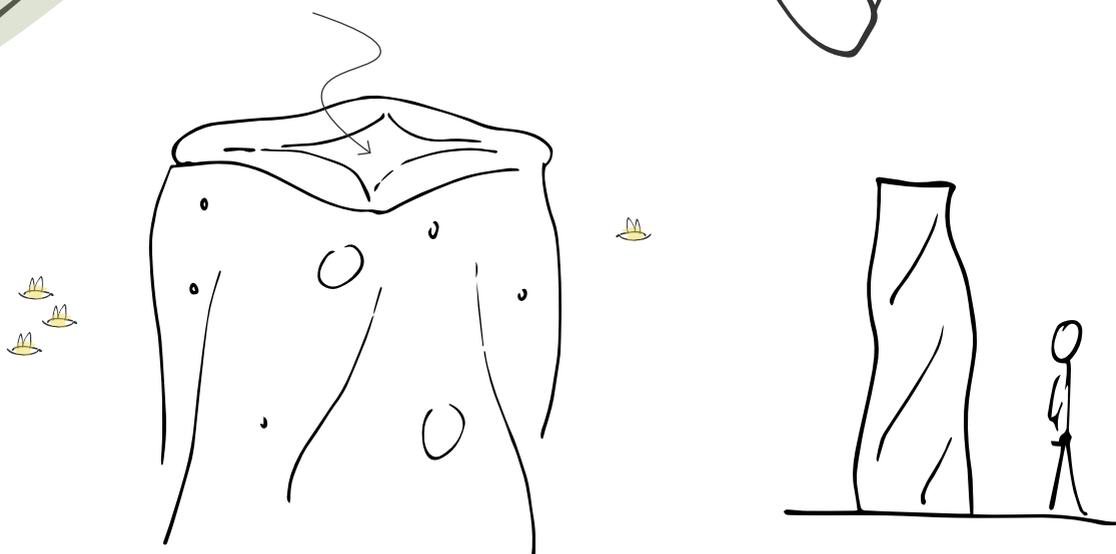
TOTEM
BIODIVERSITÀ



SISTEMA DI ARREDI URBANI



STRUTTURA
INTERNA
BIORECETTIVA



Prima prova piastrella con materiale di controllo

Per continuare a familiarizzare con il materiale Inertial, ho progettato una piastrella biorecettiva, realizzata in Fusion 360 (Modellazione parametrica), ispirandomi al "Turing Pattern" e si è deciso di provare a realizzarla con il materiale di controllo di Inertial, cioè, come abbiamo visto anche nelle prove fatte con la stampante 3D, senza biomassa. Così ho seguito il seguente percorso:

- + PROGETTAZIONE DELLA PIASTRELLA 3D
- + PROGETTAZIONE DELLO STAMPO NEGATIVO
- + REALIZZAZIONE DELLO STAMPO NEGATIVO IN PLA CON STAMPA 3D
- + REALIZZAZIONE DI UNA "CASSAFORME" IN LEGNO
- + PREPARAZIONE DEL MATERIALE INERTIAL
- + VERSARE IL MATERIALE
- + RIMOZIONE CASSAFORMA E STAMPO

RICETTA INERTIAL UTILIZZATA:

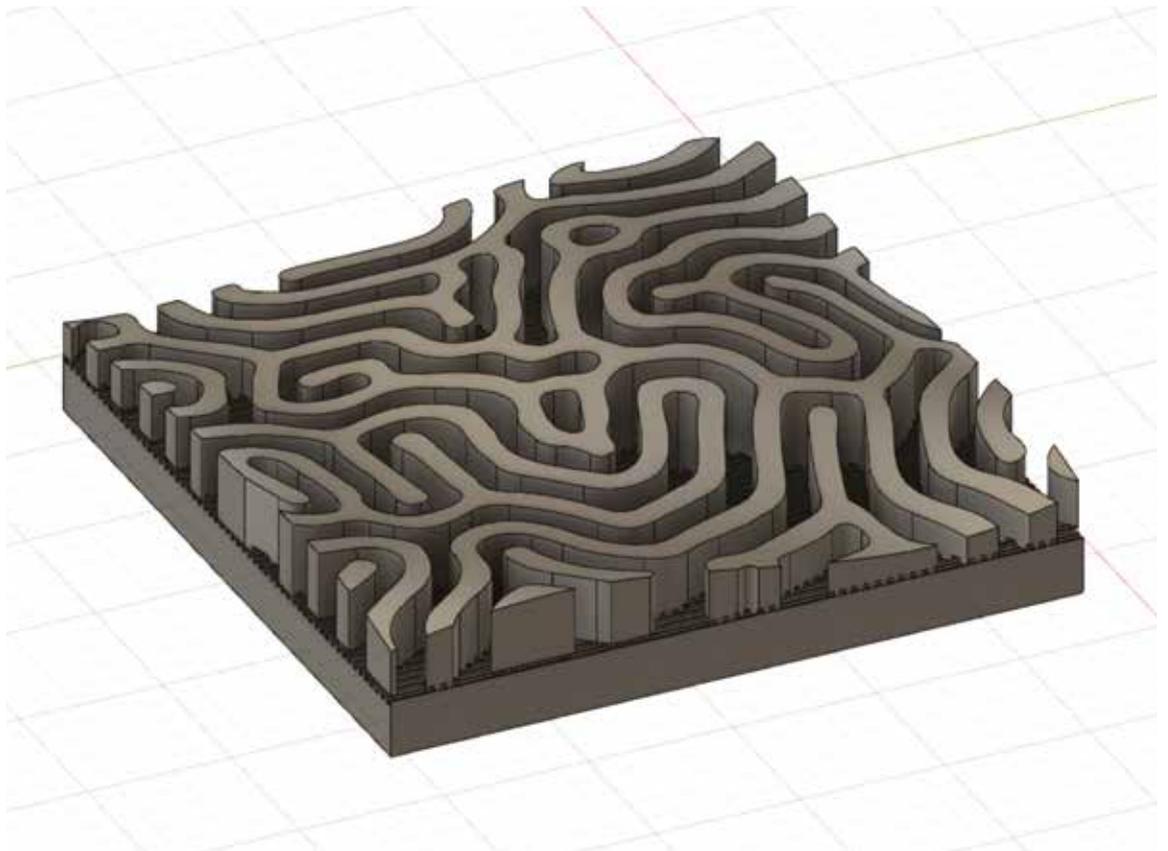
- + 233 g DI LIMO DI MARMO
- + 466 g DI SABBIA DI MARMO
- + 130 ml DI ACQUA
- + 2,8 g DI AGAR (UTILIZZATA IN SOSTITUZIONE DELLA BIOMASSA)
- + 0,4 g DI PECTINA

*Risultato della prima prova
di piastrella biorecettiva*

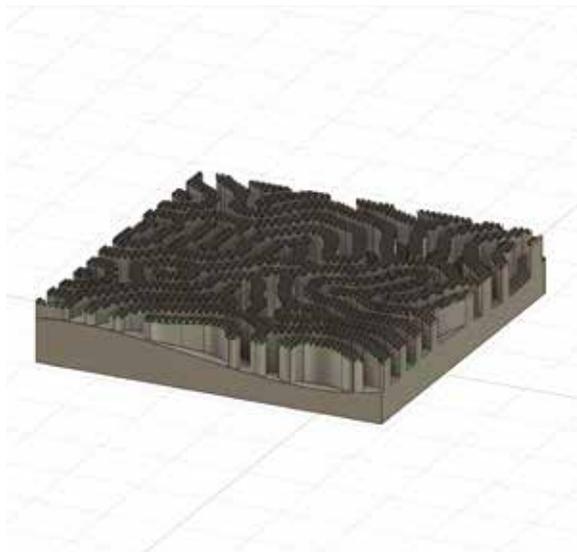


TURING PATTERN

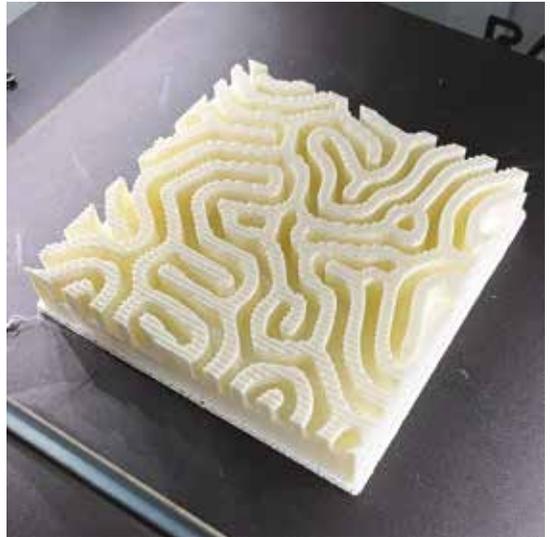
The Turing pattern is a concept introduced by English mathematician Alan Turing in a 1952 which describes how patterns in nature, such as stripes and spots, can arise naturally and autonomously from a homogeneous, uniform state.



in alto
Modellazione parametrica realizzata per la prima prova della piastrella biorecettiva



a sinistra
Modellazione parametrica realizzata per realizzare lo stampo negativo della piastrella biorecettiva



*Sequenza operazioni
per realizzare la prima prova della piastrella*



COOSA HO APPRESO
DA QUESTA PROVA?



LO STAMPO NON PUÒ
ESSERE REALIZZATO IN PLA,
SERVE UN MATERIALE FLESSIBILE



QUESTO TIPO DI GEOMETRIA
NON È REALIZZABILE CON
STAMPO TRADIZIONALE, SERVE
STAMPA 3D O VA RIDISEGNATA

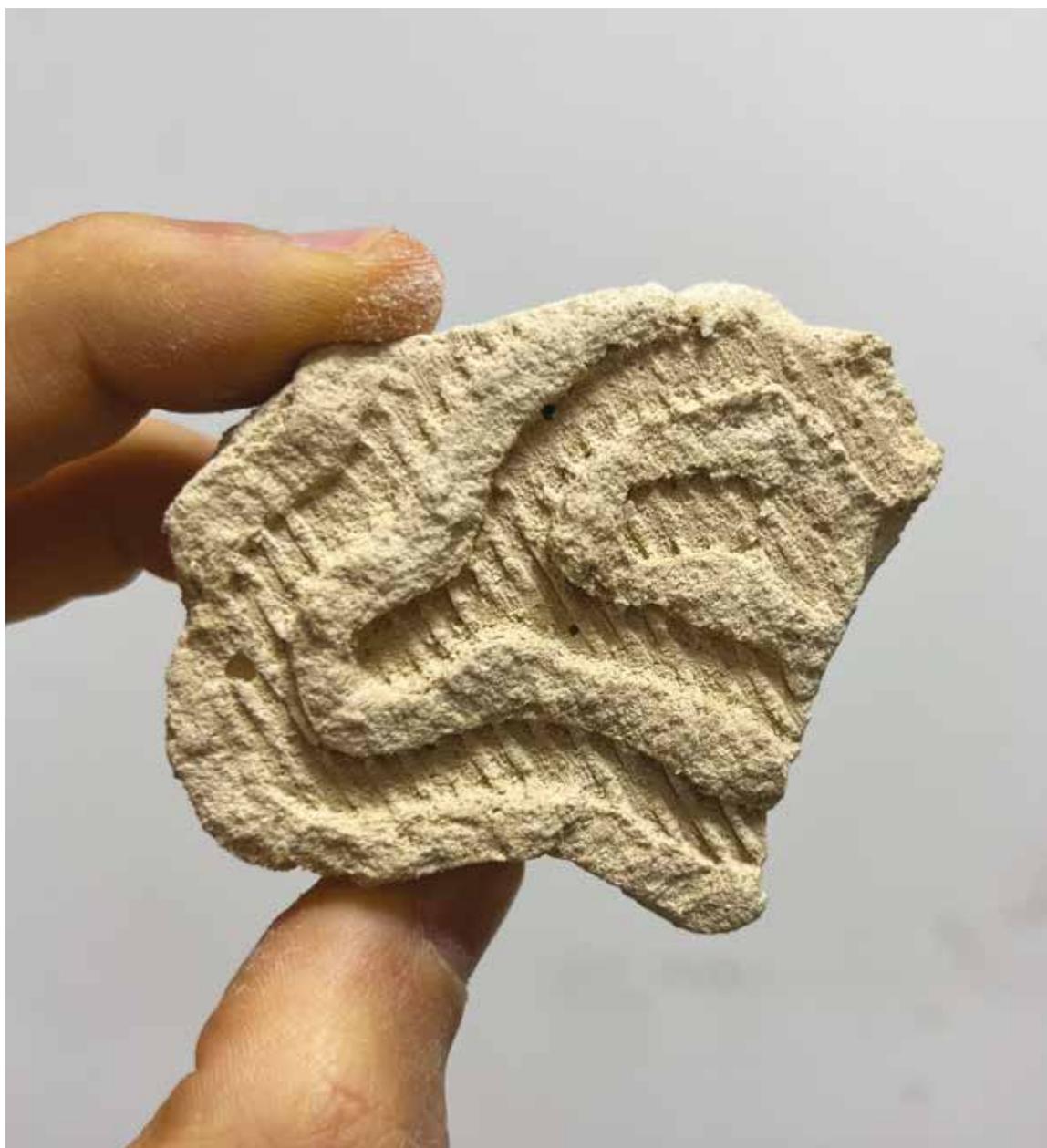


LA STRUTTURA INTORNO
NON PUÒ ESSERE IN LEGNO,
ASSORBE ACQUA



L'UTILIZZO DELLA BIOMASSA
È INDISPENSABILE, SENZA NON
SI PRODUCE CARBONATO DI CALCIO
NECESSARIO A "RICOMPATTARE"
IL MATERIALE LAPIDEO

*Porzione della prima prova
di piastrella biorecettiva*

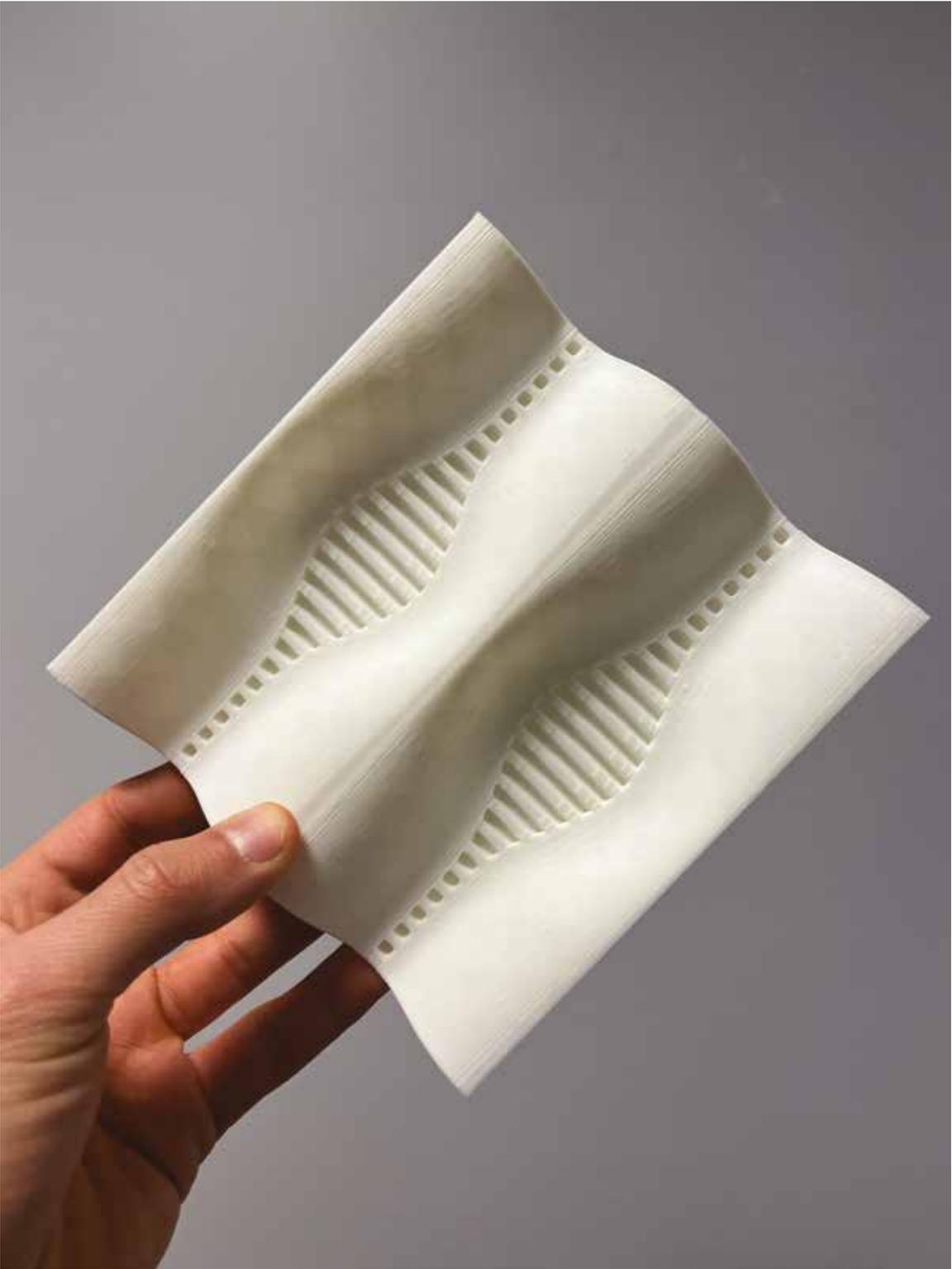


PREPARAZIONE DESIGN PIASTRELLA BIORECETTIVA

+ DESIGN PIASTRELLA BIORECETTIVA

OBIETTIVO

Progettare un piastrella biorecettiva
rispettando le linee guida del Prof. Marcus Cruz



Preparazione_Operazione 1

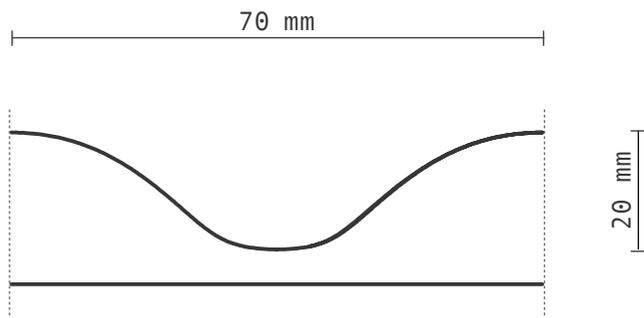
DESIGN PIASTRELLA BIORECETTIVA

OBIETTIVO

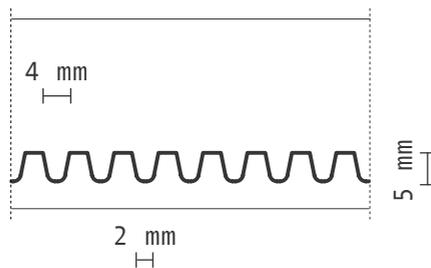
Progettare un piastrella Biorecettiva
rispettando le linee guida del Prof. Marcus Cruz

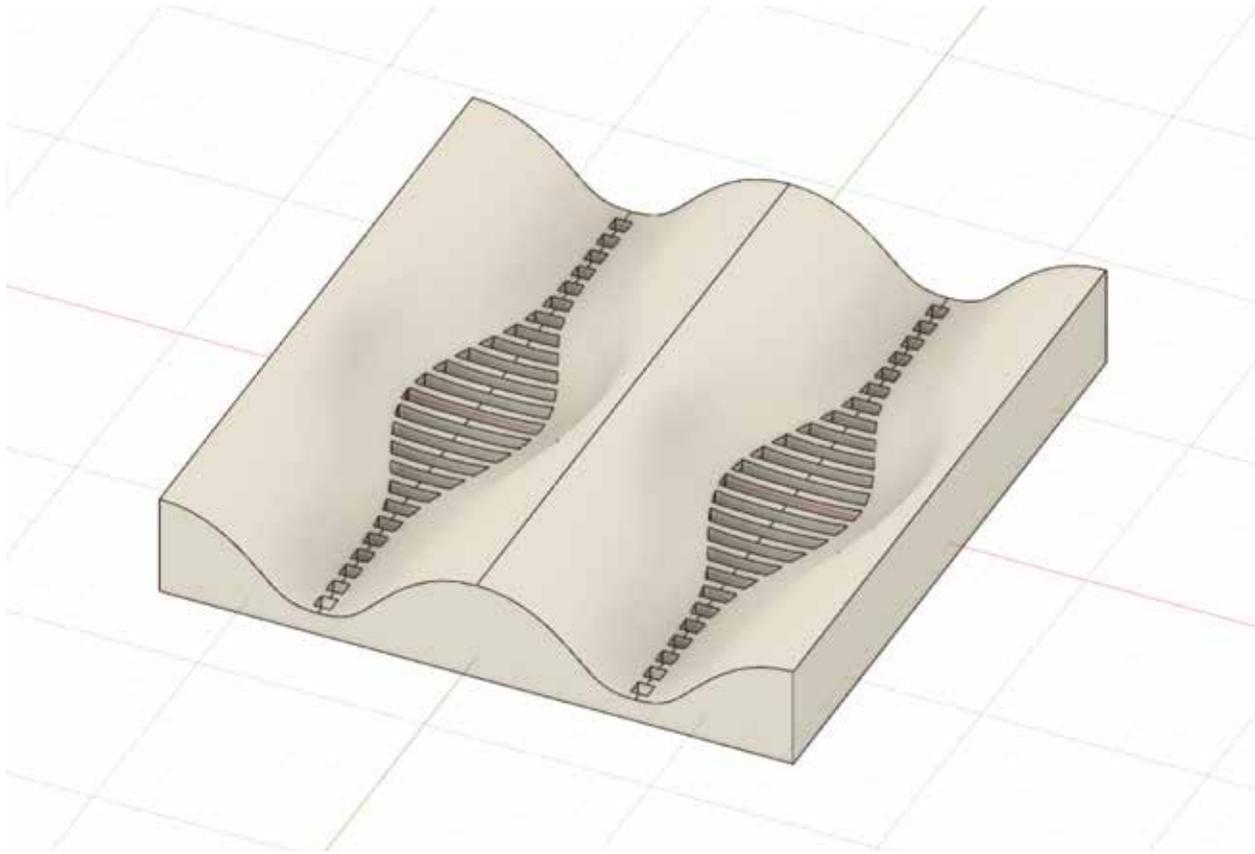
Caratteristiche Biorecettive della piastrella progettata:

MACROGEOMETRIA



MICROGEOMETRIA





PREPARAZIONE REALIZZAZIONE STAMPO IN SILICONE

- + STAMPA 3D DELLA PIASTRELLA BIORECETTIVA
- + REALIZZAZIONE DELLO STAMPO IN SILICONE

OBIETTIVO

Realizzare lo stampo in silicone al fine di agevolare la rimozione del prototipo di piastrella che sarà realizzata in materiale Inertial

TEMPO NECESSARIO

10 ore



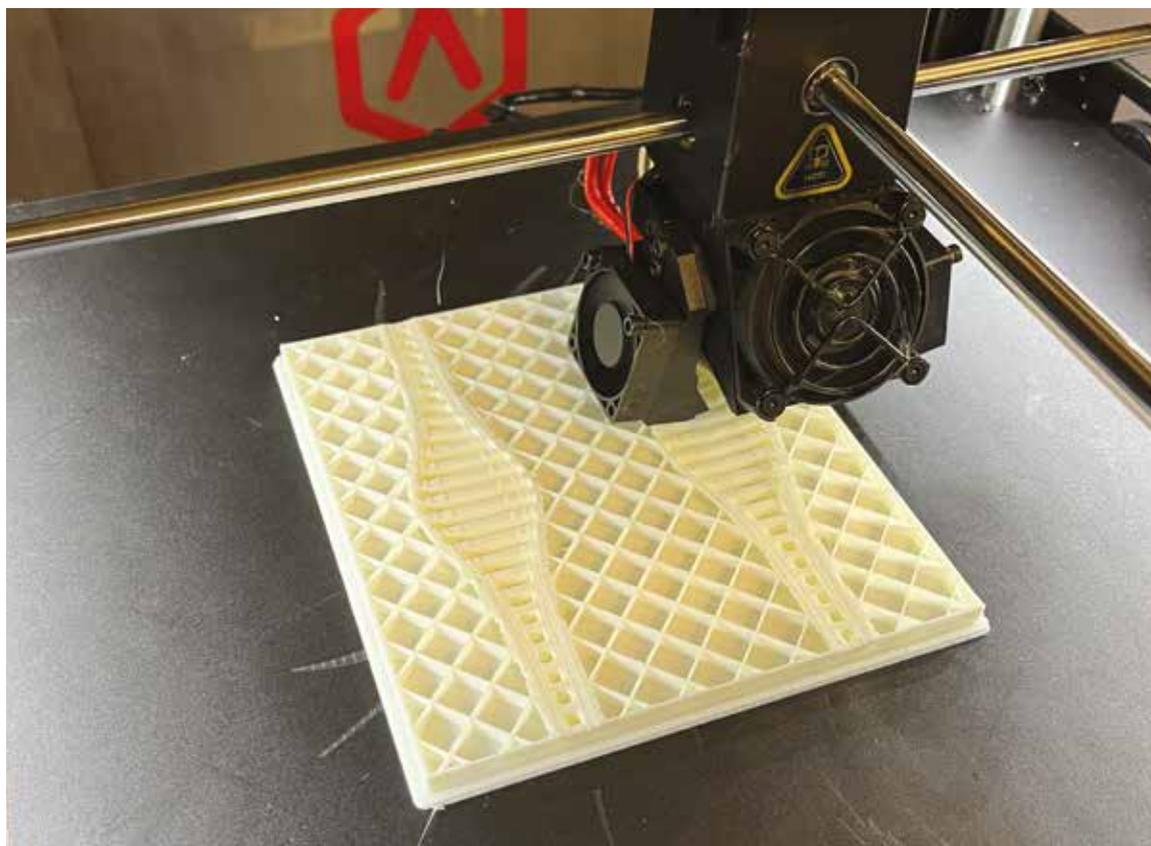
Preparazione_Operazione 1

STAMPA 3D PIASTRELLA BIORECETTIVA

OBIETTIVO

Realizzare la piastrina progettata al fine di utilizzarla per creare lo stampo negativo in silicone

Utilizzando una stampante 3D si è realizzato, in materiale PLA bianco, il modello della piastrina biorecettiva progettata in precedenza. Il risultato ottenuto è ottimo quindi si è potuto procedere alla fase successiva di preparazione dello stampo in silicone. Questa piastrina stampata sarà utilizzata come stampo per ottenere lo stampo negativo, nel quale verseremo il materiale Inertial che sarà preparato in Laboratorio.



Preparazione_Operazione 2

REALIZZAZIONE STAMPO IN SILICONE

OBIETTIVO

Utilizzare un bicomponente siliconico per realizzare lo stampo negativo

Prima di procedere ho realizzato un contenitore in plexiglas, che ha la funzione di contenere il bicomponente siliconico prima che reagisca e si indurisca. Una volta realizzato il contenitore, si è inserito all'interno il modello di piastrina realizzata in 3D e poi successivamente si è versato il bicomponente in modo omogeneo e cercando di evitare la formazione di bolle d'aria.

Una volta svolta l'operazione si è aspettato circa 4 ore per far indurire il bicomponente, dopodiché si è estratto lo stampo con molta attenzione, per evitare che si rompesse.

Il risultato ottenuto è stato eccellente, lo stampo si è rimosso abbastanza facilmente e soprattutto, tutta la microgeometria progettata è ben visibile.



Bio-Diario

Ossigeno è una tesi interdisciplinare, proprio per questo motivo la parte progettuale è stata affiancata da una parte di prove, test e verifiche effettuate all'interno del *Centro di Competenza VALORE "Gino Florenzano"*, Dipartimento DAGRI, in collaborazione con la Biologa e Prof.ssa *Natascia Biondi*, docente di *"Biologia per lo sviluppo di alimenti funzionali"* e *"Microbial biotechnology for environment and soil protection"*, oltre ad essere partner del progetto *INERTIAL*, e *Lorenzo Reali*, neolaureato in *"Biotecnologie per la gestione ambientale e l'agricoltura sostenibile"* e ricercatore nel progetto.

All'interno di questo paragrafo racconterò la mia esperienza all'interno del Laboratorio, descrivendo dettagliatamente ogni fase che mi ha portato alla realizzazione del prototipo della piastrella biorecettiva.

Per poter entrare all'interno del laboratorio al fine di sperimentare e *co-progettare* con le microalghe ho svolto precedentemente *"Il corso di formazione specifica per lavoratori in materia di sicurezza e salute sul lavoro"* inerente al *"rischio chimico e biologico"*.



OBIETTIVO DELLE PROVE
DI LABORATORIO



RICERCA DEL MIX OTTIMALE
DEGLI INGREDIENTI DEL
BIOBASED MATERIAL INERTIAL



REALIZZAZIONE DEL PROTOTIPO
DI UNA PIASTRELLA
BIORECETTIVA



ATTIVITÀ DI RICERCA
SULLA BIORECETTIVITÀ DEL
BIOBASED MATERIAL INERTIAL



OTTENERE DATI IMPORTANTI
PER SVILUPPARE IL PROGETTO
DI RICERCA “INERTIAL”

pagina successiva

Varie specie di Microalghe isolate

Foto scattata nel Centro di Competenza VALORE



22-22) 22-22)

22-22) 22-22)
KL-06 (2-22)

22-22)

22-22) 22-22)

22-22)

22-22)

41-8611
VBA5 (2-22)

22-22) 22-22)

22-22) 22-22)
ELMIS

22-22)

22-22) 22-22)
FOI
VERDE

22-22)

22-22) 22-22)

22-22) 22-22)

22-22) 22-22)

73-8611
SFC-C3 (2-22)

79-8611
KAM-1 (2-22)

22-22) 22-22)

22-22) 22-22)

86-8611
215-C2 (2-22)

22-22) 22-22)

22-22) 22-22)

22-22) 22-22)

22-22) 22-22)

22-22) 22-22)

22-22) 22-22)

108-8611
MAL-C2 (2-22)

22-22) 22-22)

TIMELINE PROVE DI LABORATORIO

FASE 2 PREPARAZIONE INERTIAL

- + CENTRIFUGAZIONE DELLA COLTURA
- + PREPARAZIONE INERTE
- + PREPARAZIONE PECTINA
- + PREPARAZIONE BIOMASSA
- + MIX INGREDIENTI
- + MISURA pH INERTIAL

TEMPO DI CONDIZIONAMENTO - GIORNI 5

FASE 1 CONDIZIONAMENTO D_x1

- + PESO SECCO
- + PRELIEVO COLTURA
- + INTEGRAZIONE CON NUTRIENTI
- + BEUTA IN INCUBATORE

FASE 6
PREPARAZIONE
INERTIAL

+ NUOVO MIX INGREDIENTI

FASE 5
CONDIZIONAMENTO Dx1

+ NUOVA QUANTITÀ BIOMASSA

FASE 3 | FASE 7
VERSARE INERTIAL

+ VERSARE INERTIAL IN STAMPO

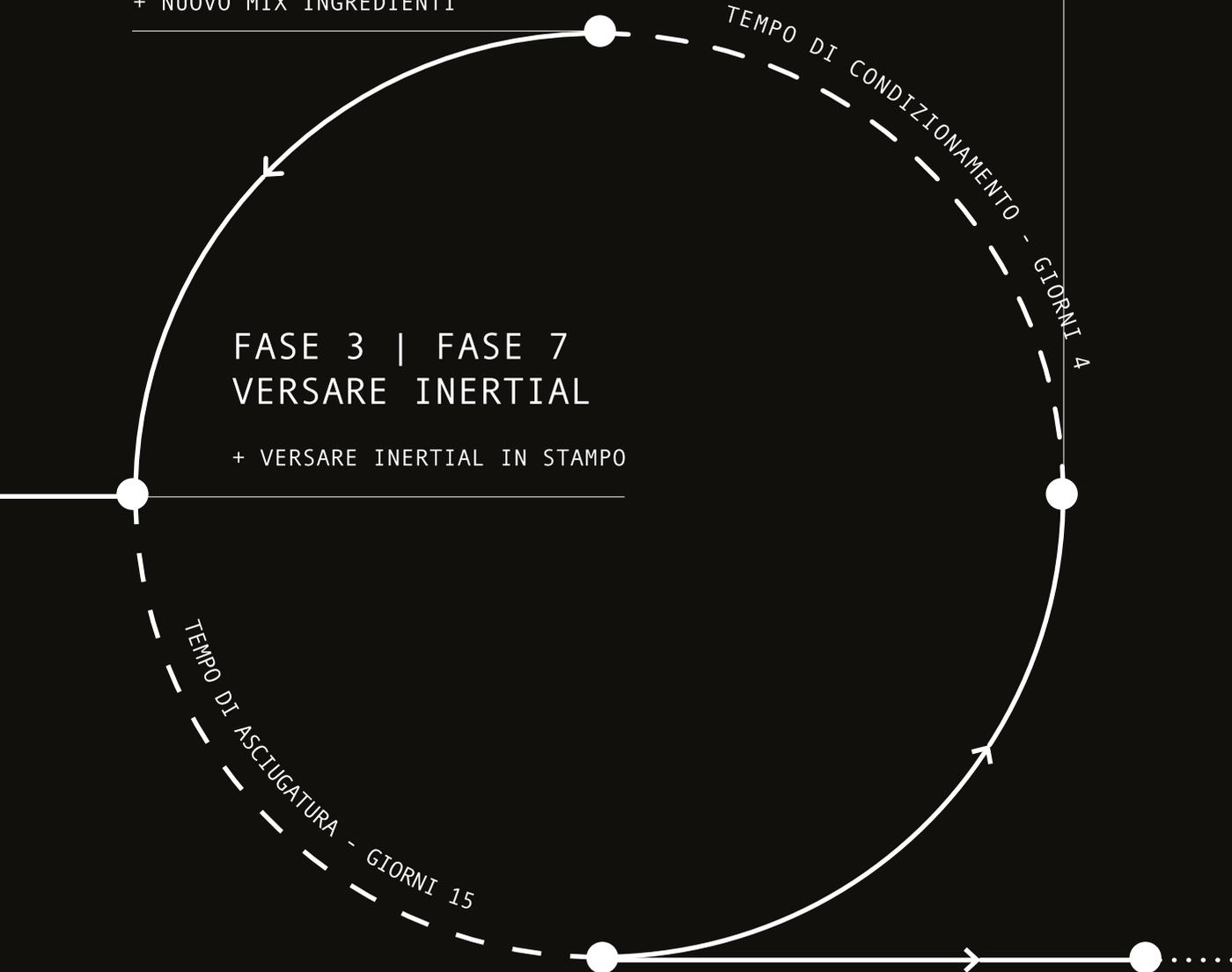
FASE 4 | FASE 8
RIMOZIONE STAMPO

+ RIMOZIONE STAMPO IN SILICONE
+ VALUTAZIONE RISULTATO

FASE 9
PROTOTIPO

TEMPO DI CONDIZIONAMENTO - GIORNI 4

TEMPO DI ASCIUGATURA - GIORNI 15



FASE 1

CONDIZIONAMENTO CIANOBATTERIO ***CHROOCOCCUS MINUTUS*** (Dx1)

- + PESO SECCO
- + PRELIEVO CULTURA
- + INTEGRAZIONE CON NUTRIENTI E SOMMINISTRAZIONE DI CALCIO E BICARBONATO DI SODIO
- + BEUTA IN INCUBATORE

OBIETTIVO

Favorire l'induzione di precipitati di carbonato di calcio da parte del cianobatterio *C. minutus* Dx1

TEMPO NECESSARIO

5 giorni in incubatore



Fase 1_Operazione 1 PESO SECCO

OBIETTIVO

Capire la concentrazione di biomassa nella coltura di inculo, così da prelevarne solo la quantità necessaria alla realizzazione del prototipo

Al fine di conoscere la concentrazione di *biomassa* all'interno della *coltura di inoculo*, per poi prelevarne solo la quantità necessaria per la realizzazione del prototipo, con l'utilizzo di un *pipettatore automatico* si è prelevato *3 mL* di coltura di cianobatterio *Chroococcus minutus* (Dx1) e lo abbiamo inserito all'interno di una *provetta*; questa operazione è avvenuta sotto *cappa biologica*, in modo da mantenere la sterilità.

Per ottenere il peso secco abbiamo filtrato su dei *filtri in fibra di vetro* (*porosità 1,2 µL*) *1mL* di coltura unita a *25 mL di acqua deionizzata* e successivamente abbiamo rilavato il filtro con ulteriori *25 mL di acqua deionizzata*. L'operazione viene fatta *2 volte*, al fine di poter avere due risultati e fare una media dei valori ottenuti.

Una volta filtrato, il filtro viene rimosso e viene messo in *stufa* ad una temperatura di *100 °C* per *2 ore* con l'obiettivo di eliminare l'umidità dal filtro.

Passate le *2 ore* necessarie si è pesato i due filtri in una *bilancia analitica*, e sottraendo la tara del filtro si sono ottenuti i *2 pesi secchi*, così abbiamo calcolato la concentrazione di biomassa espressa in *g/L* e si è potuto procedere al prelievo della quantità necessaria di coltura per la prova.

+ *Peso secco 1*: 3,3 g/L \longrightarrow *Peso medio*: 3,15 g/L
+ *Peso secco 2*: 3,0 g/L



Fase 1_Operazione 2

PRELIEVO DELLA COLTURA

OBIETTIVO

Prelevare la coltura necessaria per la realizzazione del prototipo

Una volta ottenuto il dato sulla concentrazione di biomassa abbiamo calcolato il *V di coltura* necessario per avere la quantità di Biomassa prevista per la prova:

gBiomassa/gInerte: 1,71 \longrightarrow *mgBiomassa*: 1197 mg
Inerte Prototipo: 700 g

Peso secco: 3,15 g/L \longrightarrow *Vcoltura prelevato*: 380 mL

Così sempre all'interno di una *cappa biologica* per evitare la contaminazione del cianobatterio, utilizzando un *cilindro* abbiamo prelevato la quantità di coltura dal tubo, calcolata in precedenza e l'abbiamo versata all'interno di una *beuta da 1L*.



Fase 1_Operazione 3

INTEGRAZIONE CON NUTRIENTI E SOMMINISTRAZIONE DI CALCIO E BICARBONATO DI SODIO

OBIETTIVO

Favorire la precipitazione di carbonato di calcio (CaCO_3)

Si integra la *coltura* prelevata con dei *nutrienti specifici* (mezzo BG11) per permettere al cianobatterio di crescere, mentre calcio e bicarbonato vengono forniti in alta concentrazione per favorire la *precipitazione del carbonato di calcio*. Per la somministrazione i nutrienti sono stati inseriti in *provette sterili*, una per ogni nutriente, e utilizzando una *micropipetta* sono stati inseriti all'interno della beuta preparata in precedenza, anche questa operazione è stata svolta all'interno della *cappa biologica*.

I nutrienti che vengono forniti per *V di coltura* sono i seguenti:

ml/L necessari		Concentrazione delle soluzioni stock	ml integrati
+ NaNO_3 Azoto: 2mL/L	→	300 g/L	→ 980 μL
+ K_2HPO_4 Fosforo: 1mL/L	→	40 g/L	→ 490 μL
+ Ferro Ammonio Citrato: 1mL/L	→	6 g/L	→ 490 μL
+ Na_2EDTA : 1mL/L	→	1 g/L	→ 490 μL
+ $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$: 1mL/L	→	75 g/L	→ 490 μL
+ Acido Critico: 1mL/L	→	6 g/L	→ 490 μL
+ Micro nutrienti: 1mL/L	→	ND	→ 490 μL
+ CaCl_2	→	360 g/L	→ 4,97 mL
+ NaHCO_3	→	84 g/L	→ 12,25 mL



Fase 1_Operazione 4

BEUTA IN INCUBATORE

OBIETTIVO

Far crescere il cianobatterio e far reagire con il calcio e bicarbonato per far precipitare il carbonato di calcio attraverso il processo di biomineralizzazione per via fotosintetica

La beuta prelevata viene inserita all'interno dell'*incubatore* dove si ha una temperatura fissa di 28°C e l'aria è arricchita con CO₂, questo insieme a luci fluorescenti ed agitazione orbitale, crea le migliori condizioni per la crescita del cianobatterio *C. minutus* Dx1. La beuta viene lasciata all'interno dell'incubatore per 5 giorni.





COSA É LA BIOMINERALIZZAZIONE?

La biomineralizzazione è un processo attraverso il quale gli organismi viventi sono in grado di produrre minerali ed è diffuso in tutti e cinque i regni. È un processo largamente diffuso tra i microrganismi e viene attuato attraverso diverse vie metaboliche quali la fotosintesi, l'idrolisi dell'urea, la denitrificazione e la riduzione dei solfati. Sebbene possano essere coinvolti altri minerali, la biomineralizzazione è solitamente riferita alla precipitazione del carbonato di calcio, il quale si può trovare in forma amorfa oppure sotto forma di cristalli anidri di cui esistono tre tipologie: vaterite, aragonite e calcite (quest'ultima rappresenta la forma migliore che si possa auspicare e permetterà la ricompattazione del materiale Inertial, con l'aiuto necessario di un addensante). La via fotosintetica è ugualmente codominante con la via ureolitica nel suolo e negli ambienti ipersalini, mentre è ampiamente dominante negli ambienti di acqua dolce e termale.

La sua formazione ha scopi sia di protezione (es. i gusci dei molluschi), che meccanici (es. i denti dei ricci di mare).

La biomineralizzazione ha un potenziale significativo nella mitigazione dei gas serra attraverso il sequestro della CO₂ ed inoltre offre grandi opportunità per quanto riguarda la sua applicazione nell'ambito della produzione di materiali.

COLLE. FRM





2-22
7
Plasma
GLC
F+G

2-22
17
E. ENELU
F

2-22
18
E. ENELU
F

19
CHLORELLA
040-7A40
Bay (9-21)

20
CHLORELLA
040-7A40
Bay (9-21)

21
CHLORELLA
040-7A40
Bay (9-21)

22
CHLORELLA
040-7A40
Bay (9-21)

23
3-12
28
NANO 300
F

24
3-12
28
NANO 300
F

25
3-12
28
NANO 300
F

26
3-12
28
NANO 300
F

27
3-12
28
NANO 300
F

28
3-12
28
NANO 300
F

29
3-12
28
NANO 300
F

30
3-12
28
NANO 300
F

31
3-12
28
NANO 300
F

32
3-12
28
NANO 300
F

33
3-12
28
NANO 300
F

34
3-12
28
NANO 300
F

FASE 2

PREPARAZIONE INERTIAL BIOBASED MATERIAL

- + CENTRIFUGAZIONE DELLA COLTURA
- + PREPARAZIONE INERTE
- + PREPARAZIONE PECTINA
- + PREPARAZIONE BIOMASSA
- + MIX INGREDIENTI
- + MISURA pH MATERIALE INERTIAL

OBIETTIVO

Preparare il materiale Inertial con il giusto mix tra gli ingredienti

TEMPO NECESSARIO

5 ore



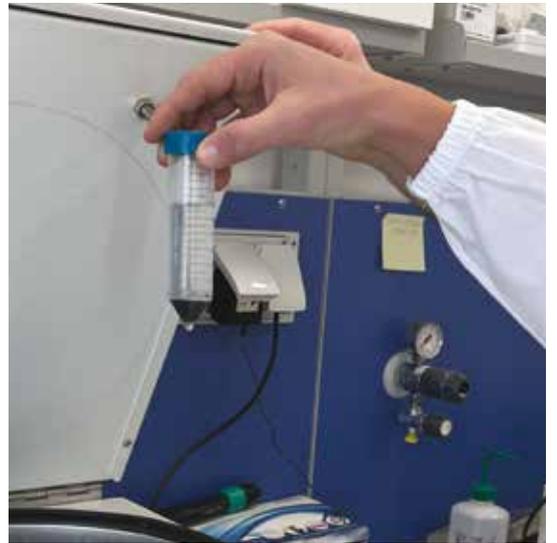
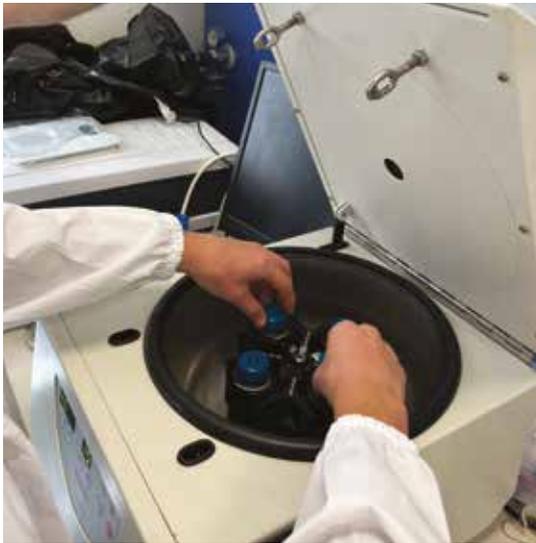
Fase 2_Operazione 1

CENTRIFUGAZIONE DELLA COLTURA

OBIETTIVO

Separare la Biomassa dal mezzo di coltura

Dopo 5 giorni, abbiamo tolto la *beuta* dall'*incubatore*, che avevamo preparato per il condizionamento del *cianobatterio* *C. minutus* Dx1, e con un *pipettatore* abbiamo raccolto 380 mL di coltura, dividendolo in 4 *provette*. All'interno delle centrifughe vengono inseriti quattro *provette* alla volta che devono essere posizionate all'interno con pesi bilanciati. Per bilanciare la centrifuga, le *provette* con all'interno la coltura sono state pesate, e quando il peso risultava differente si è aggiunto gocce di acqua deionizzata utilizzando una *pipetta in vetro*. Abbiamo ripetuto questa operazione per 3 volte al fine di separare interamente la *biomassa* dal *mezzo di coltura*. Infine, per agevolare i passaggi successivi è stata fatta una *centrifuga* finale per riunire tutta la *biomassa* raccolta in solo 2 *provette*.



Fase 2_Operazione 2

PREPARAZIONE INERTE

OBIETTIVO

Setacciare sabbia e limo di marmo e pesarne le giuste quantità per ottenere il giusto mix

Il materiale inerte utilizzato proviene da scarti dell'estrazione e successiva lavorazione in cava di materiali lapidei, in particolare marmo, travertino e pietra serena, prelevati presso cave situate in Toscana. In questo caso abbiamo utilizzato *sabbia e limo di marmo*, scegliendo di omettere la ghiaia di marmo, che ha una granulometria maggiore e non permette una finitura liscia della piastrella.

Una volta scelto l'inerte abbiamo setacciato la sabbia con un *setaccio da 1mm* per eliminare le parti con granulometria maggiore, mentre con un *pestello* abbiamo omogeneizzato le dimensioni del limo. Con una bilancia abbiamo così pesato *233 g di limo di marmo e 466 g di sabbia di marmo*, per un totale di *700 g di inerte*; dopodiché lo abbiamo mescolato all'interno di un contenitore.

RAPPORTO LIMO/SABBIA:

SABBIA DI MARMO = x2 LIMO DI MARMO



LIMO DI MARMO

GRANULOMETRIA: 4/63um
LUOGO; CARRARA (MS)
1/2 x SABBIA DI MARMO



SABBIA DI MARMO

GRANULOMETRIA: < 1um

LUOGO: CARRARA (MS)

2 x LIMO DI MARMO



Fase 2_Operazione 3

PREPARAZIONE PECTINA

OBIETTIVO

Sciogliere la pectina nel mezzo di coltura (BG11) prima di mixarlo all'inerte

Prima di inserire la *pectina* nel contenitore dove abbiamo già preparato l'inerte, ne abbiamo pesata la giusta quantità con una *bilancia analitica* e dopodiché l'abbiamo sciolta all'interno del mezzo di coltura riscaldato ad una $T=60^{\circ}\text{C}$.

Quindi prima di tutto abbiamo pesato la pectina necessaria rispettando il seguente rapporto *Pectina/Inerte*:

$\frac{g\text{Pectina}}{g\text{Inerte}}: 3,75$
Inerte Prototipo: 700 \longrightarrow *Pectina*: 2,625 g

dopodiché in un becker da 200 mL abbiamo versato il liquido necessario rispettando il seguente rapporto *Acqua/Inerte*:

$\frac{m\text{Liquido}}{g\text{Inerte}}: 0,25$
Inerte Prototipo: 700 g \longrightarrow *Liquido*: 175 mL

I 175 mL di liquido sono divisi in 64,5 mL di *Test*, cioè mezzo standard arricchito con calcio e bicarbonato e 110,5 mL di *BG11*. Con un *agitatore magnetico* abbiamo scaldato il mezzo liquido fino a 60°C e successivamente, una volta raggiunta la temperatura, abbiamo aggiunto in modo graduale la pectina necessaria fino a scioglierla completamente e ottenere un liquido visivamente più viscoso e omogeneo.



Fase 2_Operazione 4

PREPARAZIONE BIOMASSA

OBIETTIVO

Risospendere la biomassa ottenuta dalla centrifuga in mezzo di coltura arricchito con calcio + bicarbonato di sodio

Appena finita l'ultima *centrifuga* di 15 minuti con la quale si è unita tutta la biomassa in solo 2 provette, abbiamo ri-sospeso quest'ultima nel mezzo di coltura *Test* (mezzo arricchito con calcio + bicarbonato di sodio) e abbiamo mescolato il tutto utilizzando lo strumento *Vortex*.



Fase 2_Operazione 5

MIX INGREDIENTI

OBIETTIVO

Mescolare bene tutti i componenti al fine di ottenere un materiale omogeneo e della giusta consistenza

Una volta preparati tutti gli ingredienti li abbiamo inseriti all'interno dello stesso recipiente per mixare il tutto e ottenere il biobased material Inertial, seguendo l'ordine: inerte - pectina - biomassa

RICETTA INERTIAL

- + 466 g di SABBIA DI MARMO
- + 233 g di LIMO DI MARMO
- + 2,625 g di PECTINA
- + 1,197 g di BIOMASSA
- + 175 mL LIQUIDO di cui:
 - 64,5 mL di TEST (mezzo standard arricchito con calcio e bicarbonato)
 - 110,5 mL di BG11 (mezzo di coltura standard)



Fase 2_Operazione 6

MISURA pH MATERIALE INERTIAL

OBIETTIVO

Misurare il pH del materiale per stabilire se rientra nei valori di un materiale biorecettivo

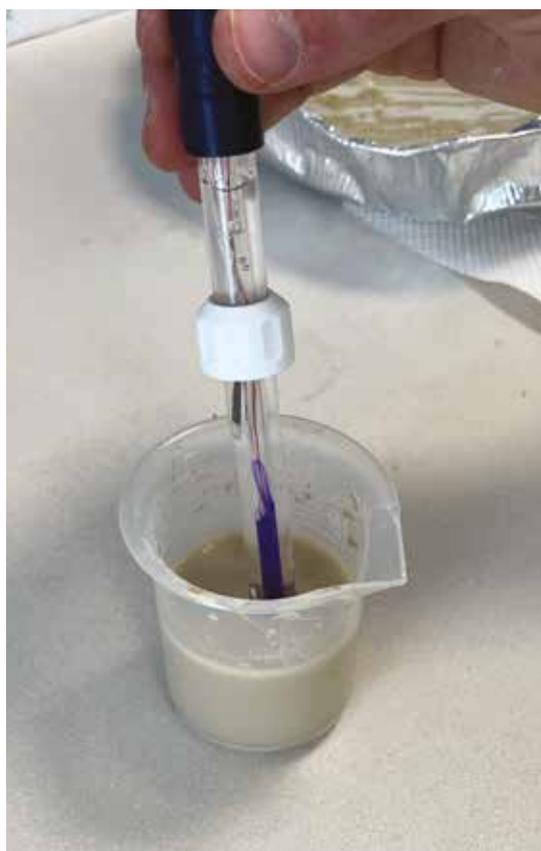
Abbiamo diluito il materiale con acqua deionizzata per permettere allo strumento, *un pHmetro portatile*, la lettura del pH del materiale Inertial preparato.

RISULTATO:

+ pH: 8.46

+ BIORECETTIVO: SI

Il valore del pH consigliato per avere un materiale biorecettivo è tra 8-10







FASE 3

VERSARE INERTIAL BIOBASED MATERIAL

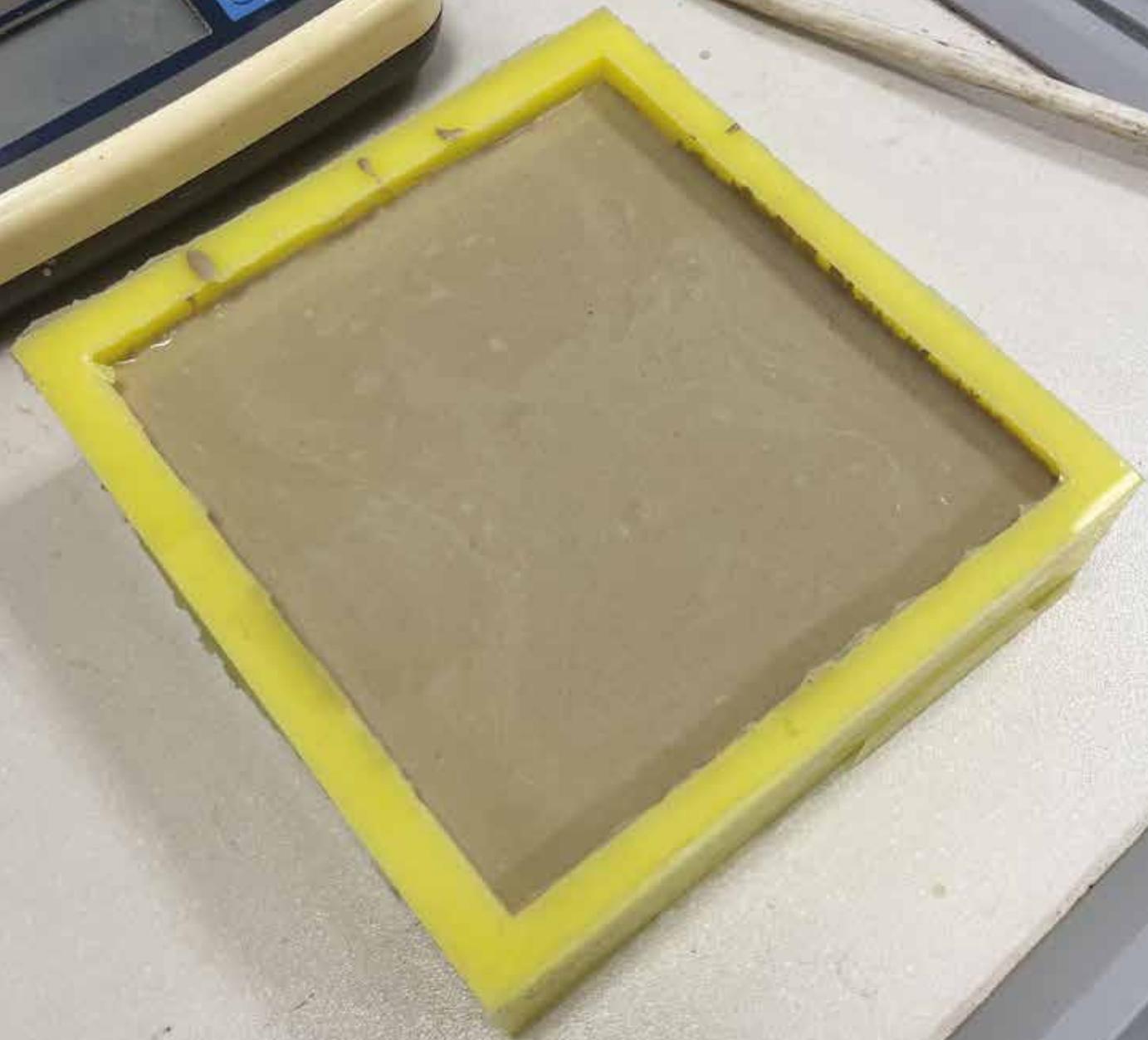
+ VERSARE INERTIAL IN STAMPO

OBIETTIVO

Colare il materiale Inertial nello stampo della
piastrella biorecettiva

TEMPO NECESSARIO

10 minuti



Fase 3_Operazione 1

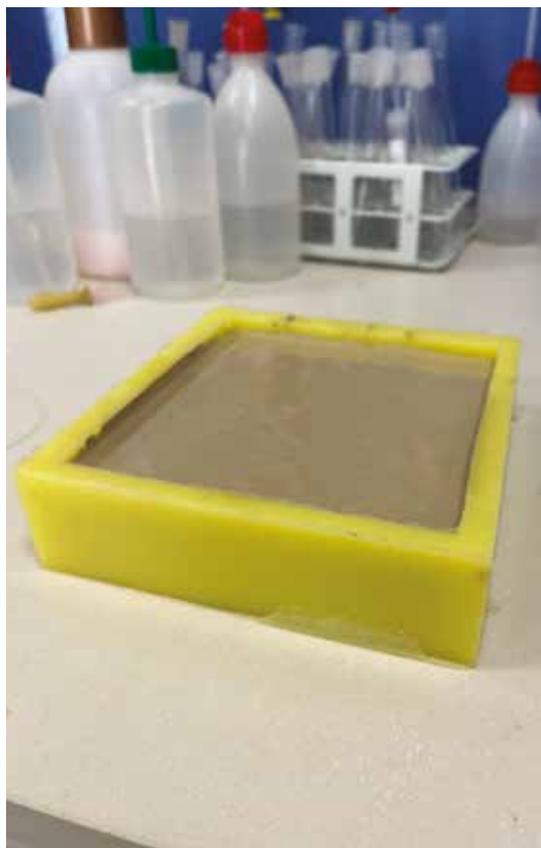
VERSARE INERTIAL IN STAMPO

OBIETTIVO

Versare il composto preparato nello stampo in silicone in modo omogeneo evitando la formazione di bolle d'aria

Una volta preparato il "composto", con massima attenzione lo abbiamo versato all'interno dello stampo in silicone realizzato in precedenza e abbiamo vibrato lo stampo al fine di evitare la formazione di bolle d'aria all'interno.

Fatto questo si è lasciato lo stampo ad asciugare e per essere sicuri che anche le parti "più interne" fossero asciutte, prima di procedere all'estrazione del prototipo, ogni giorno la piastrina è stata pesata, fino a quando non si evidenziava un peso "stabile", il che avrebbe significato che la piastrina è asciutta e pronta.



FASE 4

RIMOZIONE STAMPO IN SILICONE

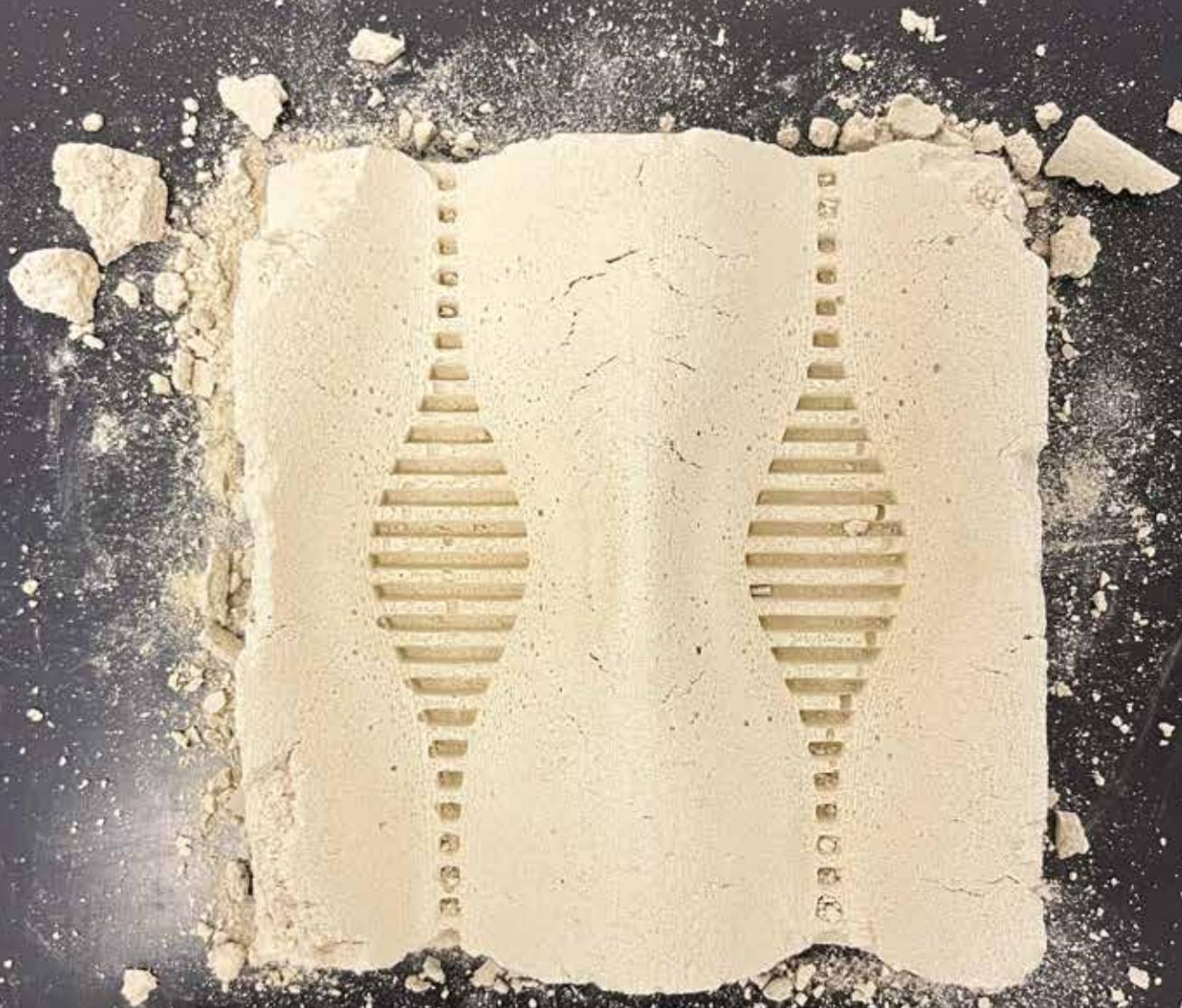
- + RIMOZIONE DELLO STAMPO
- + VALUTAZIONE DEL RISULTATO

OBIETTIVO

Rimuovere lo stampo in silicone senza danneggiare la piastrella biorecettiva

TEMPO NECESSARIO

5 minuti



Fase 4_Operazione 1

RIMOZIONE DELLO STAMPO

OBIETTIVO

Assicurarsi dell'asciugatura della piastrella e rimuovere lo stampo in silicone

Nel momento in cui la piastrella non perdeva più peso da due giorni, come si evidenzia dalla tabella sottostante, si è deciso di rimuovere lo stampo, così con massima delicatezza e attenzione si è rimosso lo stampo in silicone.

Data e ora		Peso g	Differenza gr
+ 15/02/2023 ore 19:00	→	1526 g	→ / g
+ 16/02/2023 ore 12:00	→	1502 g	→ -24 g
+ 16/02/2023 ore 19:00	→	1495 g	→ -7 g
+ 17/02/2023 ore 10:00	→	1480 g	→ -15 g
+ 17/02/2023 ore 19:00	→	1473 g	→ -7 g
+ 20/02/2023 ore 10:00	→	1424 g	→ -49 g
+ 20/02/2023 ore 19:00	→	1416 g	→ -8 g
+ 21/02/2023 ore 10:00	→	1406 g	→ -10 g
+ 21/02/2023 ore 19:00	→	1400 g	→ -6 g
+ 22/02/2023 ore 10:00	→	1394 g	→ -6 g
+ 22/02/2023 ore 19:00	→	1387 g	→ -7 g
+ 23/02/2023 ore 10:00	→	1381 g	→ -6 g
+ 23/02/2023 ore 19:00	→	1378 g	→ -3 g
+ 24/02/2023 ore 10:00	→	1373 g	→ -5 g
+ 24/02/2023 ore 19:00	→	1371 g	→ -2 g
+ 27/02/2023 ore 10:00	→	1363 g	→ -11 g
+ 27/02/2023 ore 19:00	→	1362 g	→ -1 g
+ 28/02/2023 ore 10:00	→	1362 g	→ -0 g
+ 28/02/2023 ore 19:00	→	1362 g	→ -0 g



Fase 4_Operazione 2

VALUTAZIONE DEL RISULTATO

OBIETTIVO

Valutare il risultato ottenuto per cercare di migliorare il l'esito della prossima prova

La piastrella presenta crepe sulla superficie ed in alcuni punti, principalmente negli angoli e sui bordi si è sbriciolata, nel suo complesso la superficie al tatto risulta liscia ma molto "friabile". Buono invece il risultato della macrogeometria e microgeometria, dove sono però presenti "fori" causati probabilmente da piccole bolle d'aria formatesi durante il colaggio del materiale. La consistenza della piastrella risulta insufficiente, in quanto sottoponendola a compressione è facile sbriciolarla.

Per provare a migliorare il risultato procederemo aumentando la quantità di biomassa e di pectina al fine di aumentare l'adesione fra i diversi ingredienti

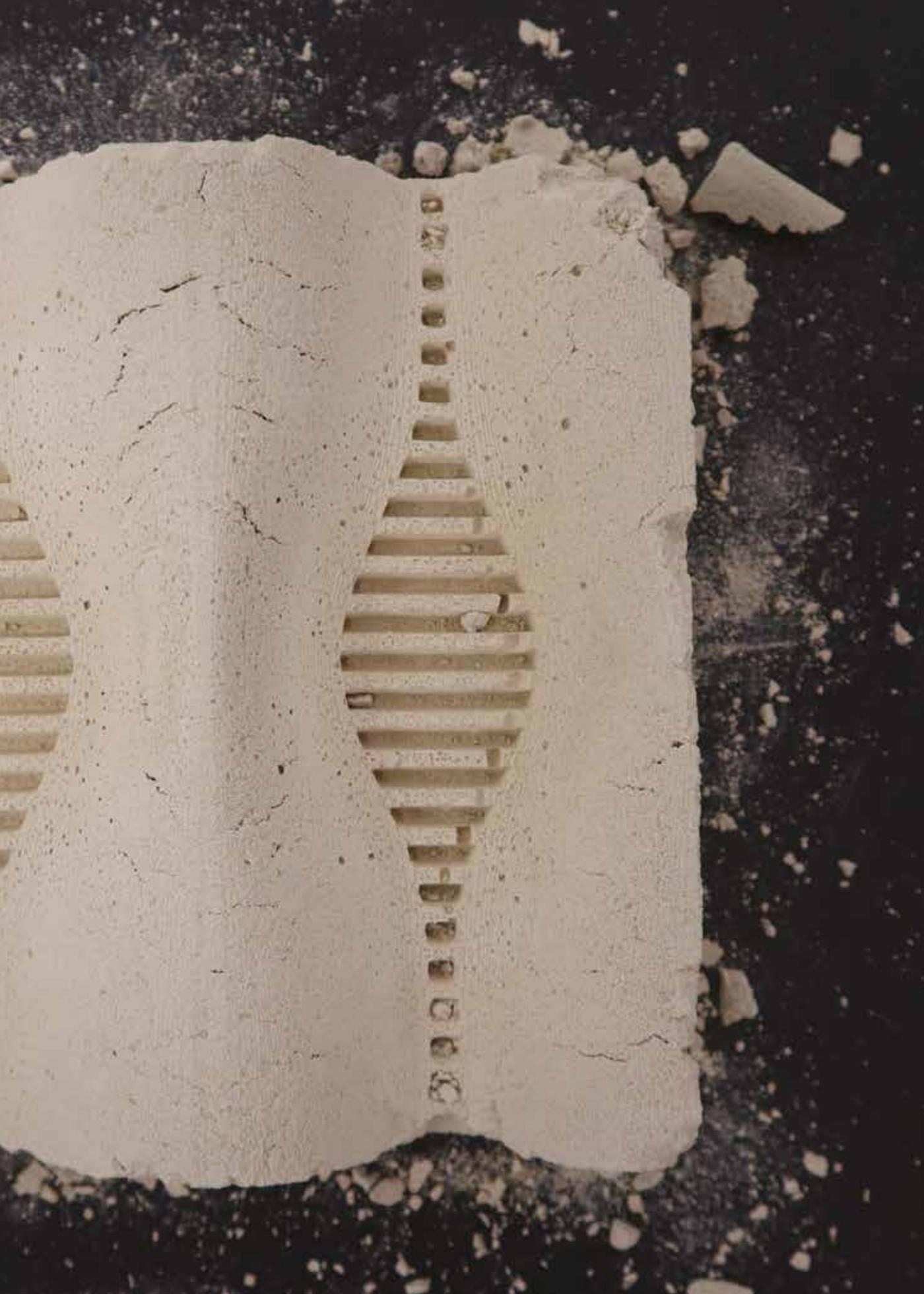
RISULTATO:

- + RIMOZIONE DELLO STAMPO: BUONO
- + COLORE: GREIGE
- + ASPETTO GENERALE: INSUFFICIENTE
- + MACROGEOMETRIA: BUONA
- + MICROGEROMETRIA: BUONA
- + CONSISTENZA: INSUFFICIENTE
- + SUPERFICIE: FRIABILE
- + BORDI: SBRICIOLATI





Prova 01, Piastrella Biorecettiva
Foto scattata nel Centro di Competenza VALORE



COME ABBIAMO MIGLIORATO
LA PROVA SUCCESSIVA?



AUMENTANDO IL
RAPPORTO BIOMASSA/INERTE
DA 1,71 A 2,5



AUMENTANDO IL RAPPORTO
PECTINA/INERTE
DA 3,75 A 4,00



DEDICANDO PIÙ TEMPO ALLA
VIBRAZIONE DELLO STAMPO
PER EVITARE LA FORMAZIONE
DI BOLLE D'ARIA



OTTENERE UNA
PIASTRELLA “INTEGRA”
E MENO “FRIABILE”

FASE 5

CONDIZIONAMENTO CIANOBATTERIO ***CHROOCOCCUS MINUTUS*** (Dx1)

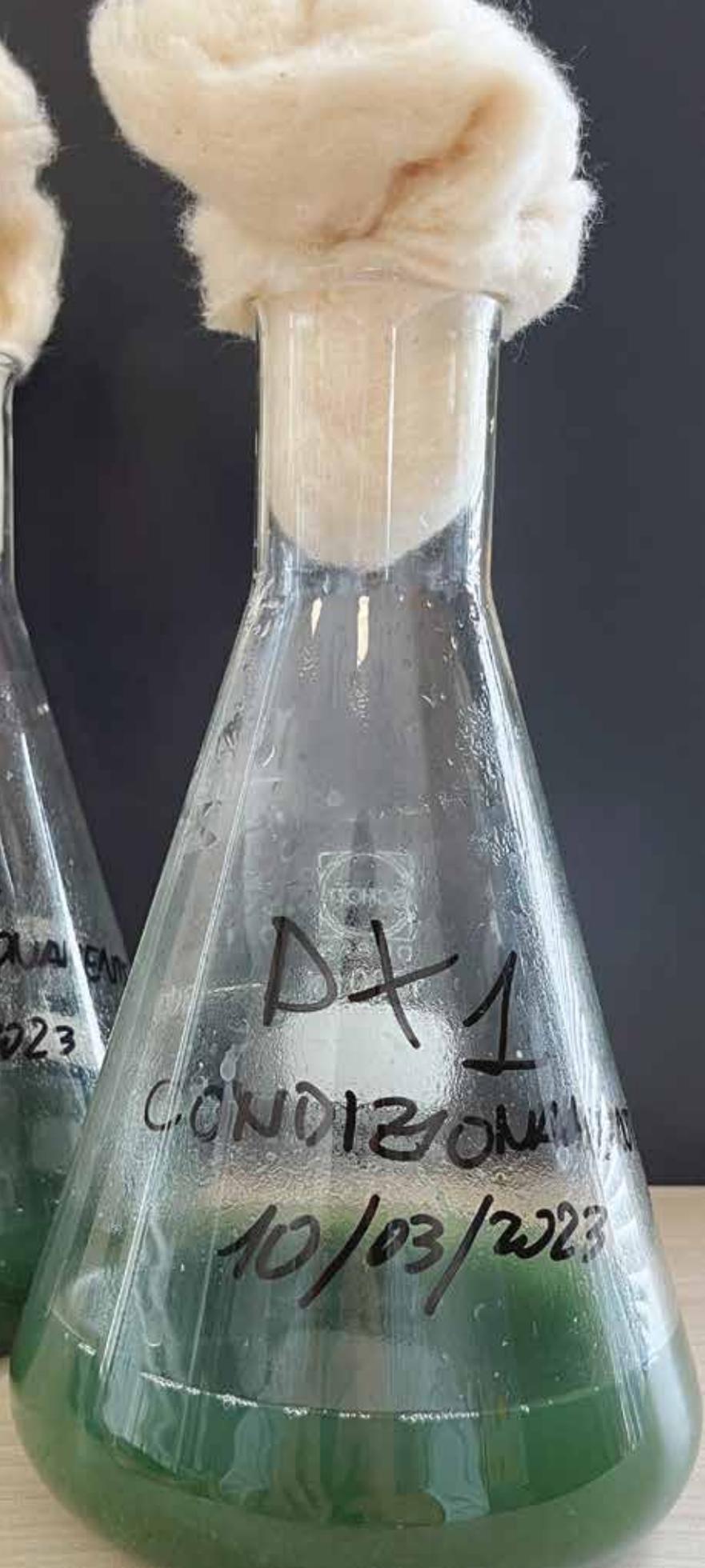
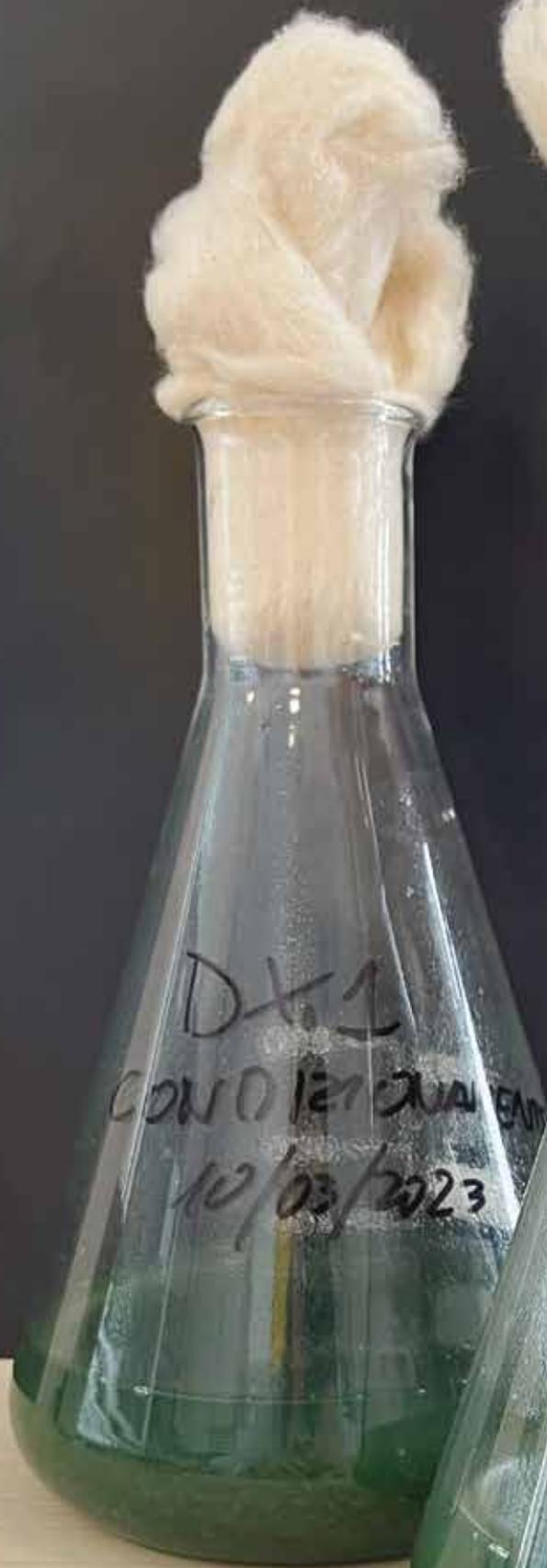
- + PESO SECCO
- + PRELIEVO CULTURA
- + INTEGRAZIONE CON NUTRIENTI E SOMMINISTRAZIONE DI CALCIO E BICARBONATO DI SODIO
- + BEUTA IN INCUBATORE

OBIETTIVO

Favorire l'induzione di precipitati di carbonato di calcio da parte del cianobatterio *C. minutus* Dx1

COSA ABBIAMO CAMBIATO RISPETTO ALLA PROVA 1?

Per questa nuova prova si è prelevato la quantità di coltura utilizzando il rapporto tra biomassa e inerte pari a 2,5, mentre nella prova 1 avevamo utilizzato un rapporto di 1,71



FASE 6

PREPARAZIONE INERTIAL BIOBASED MATERIAL

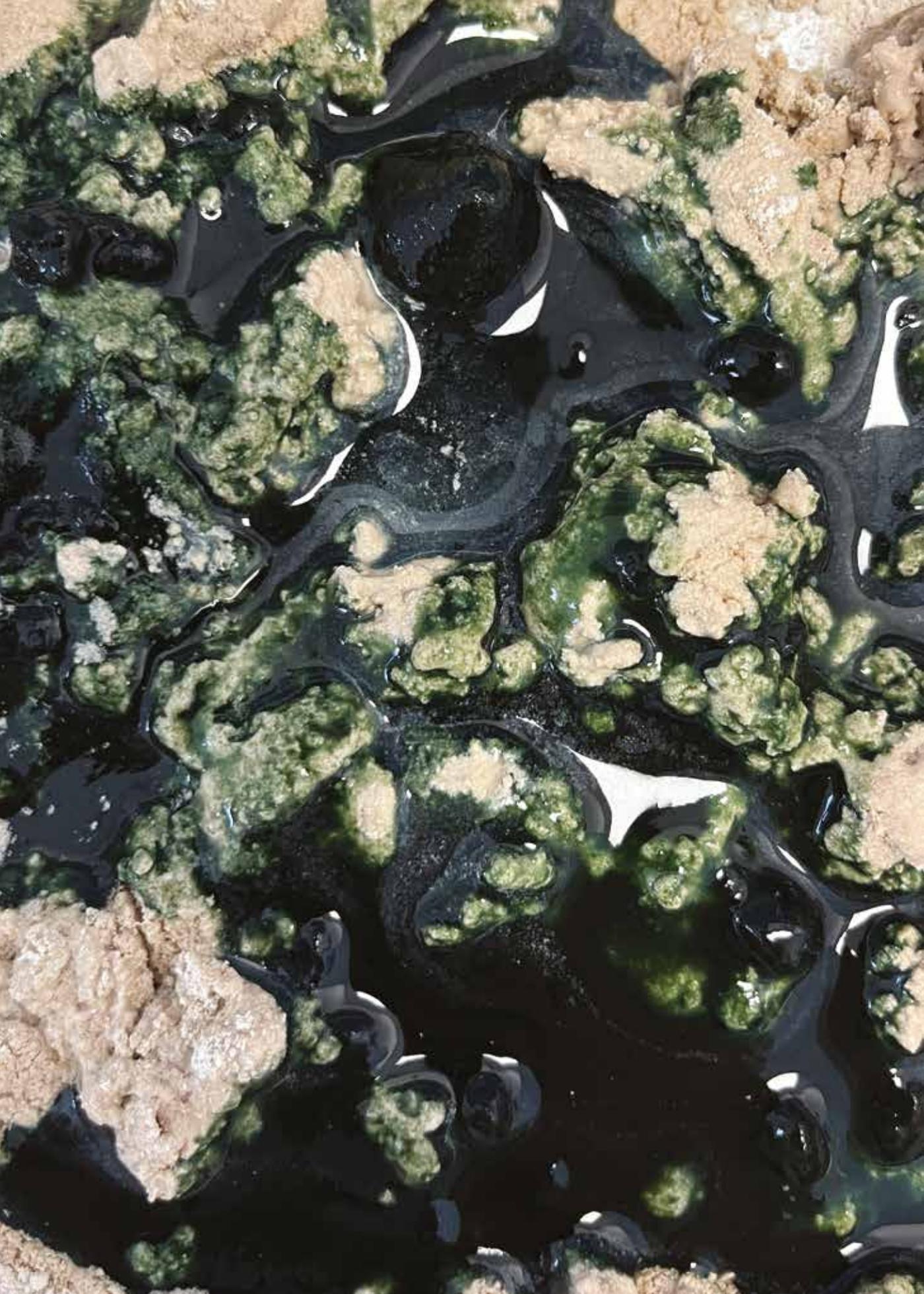
- + CENTRIFUGAZIONE DELLA COLTURA
- + PREPARAZIONE INERTE
- + CENTRIFUGA FINALE
- + PREPARAZIONE PECTINA
- + PREPARAZIONE BIOMASSA
- + MIX INGREDIENTI

OBIETTIVO

Preparare il nuovo impasto con la nuova quantità di ingredienti

COSA ABBIAMO CAMBIATO RISPETTO ALLA PROVA 1?

Abbiamo modificato la ricetta, incrementando il rapporto tra Biomassa/Inerte e il rapporto tra Pectina/Inerte, con l'obiettivo di aumentare la parte "collante" del materiale al fine di migliorare la consistenza finale





RICETTA INERTIAL

PROVA 1

+ 466 g di SABBIA DI MARMO

+ 233 g di LIMO DI MARMO

+ 2,625 g di PECTINA

+ 1,197 g di BIOMASSA (Dx1)

+ 175 mL LIQUIDO di cui:

- 64,5 mL di TEST

(mezzo standard arricchito con calcio e bicarbonato)

- 110,5 mL di BG11

(mezzo di coltura standard)

RICETTA INERTIAL

PROVA 2

- + 466 g di SABBIA DI MARMO
- + 233 g di LIMO DI MARMO
- + 2,800 g di PECTINA
- + 1,750 g di BIOMASSA (Dx1)
- + 175 mL LIQUIDO di cui:
 - 64,5 mL di TEST
(mezzo standard arricchito con calcio e bicarbonato)
 - 110,5 mL di BG11
(mezzo di coltura standard)

FASE 7

VERSARE INERTIAL BIOBASED MATERIAL

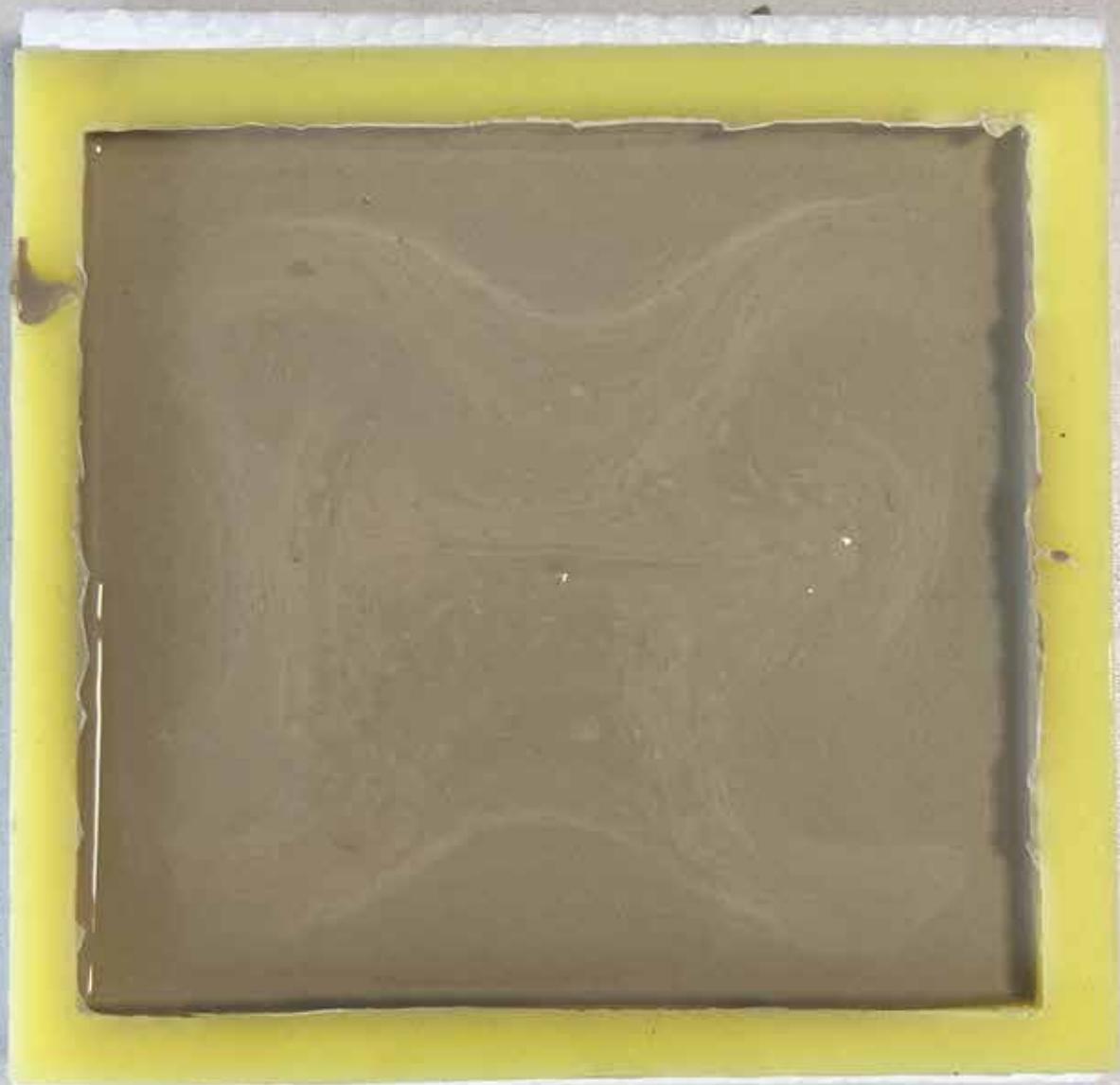
+ COLAGGIO MATERIALE INERTIAL

OBIETTIVO

Colare il materiale Inertial nello stampo negativo della piastrina biorecettiva

COSA ABBIAMO CAMBIATO RISPETTO ALLA PROVA 1?

Abbiamo dedicato maggior tempo alla vibrazione dello stampo realizzato per evitare il più possibile la formazione di bolle d'aria



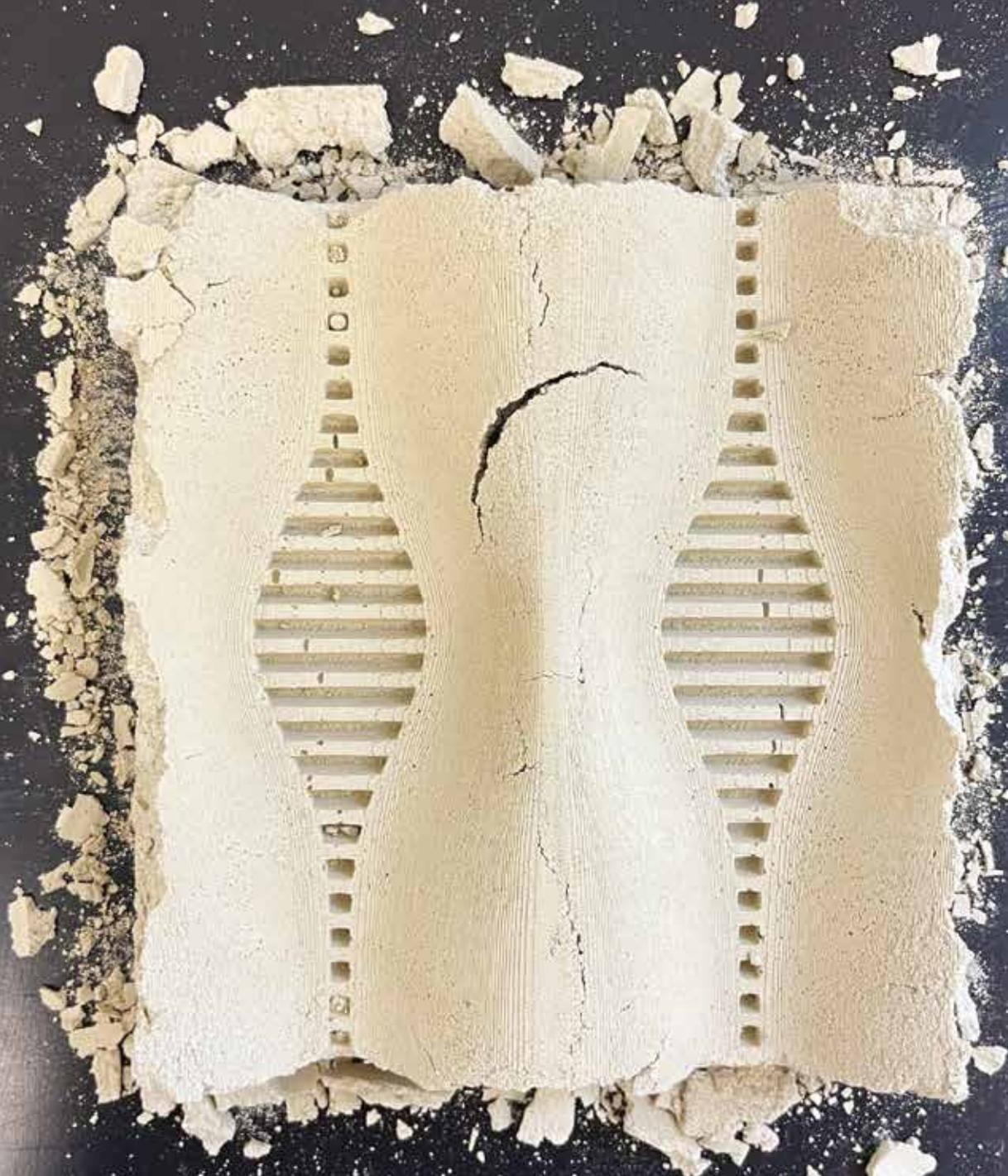
FASE 8

RIMOZIONE STAMPO IN SILICONE

- + RIMOZIONE DELLO STAMPO
- + VALUTAZIONE DEL RISULTATO

OBIETTIVO

Rimuovere lo stampo in silicone senza danneggiare la piastrella biorecettiva



Fase 8_Operazione 2

VALUTAZIONE DEL RISULTATO

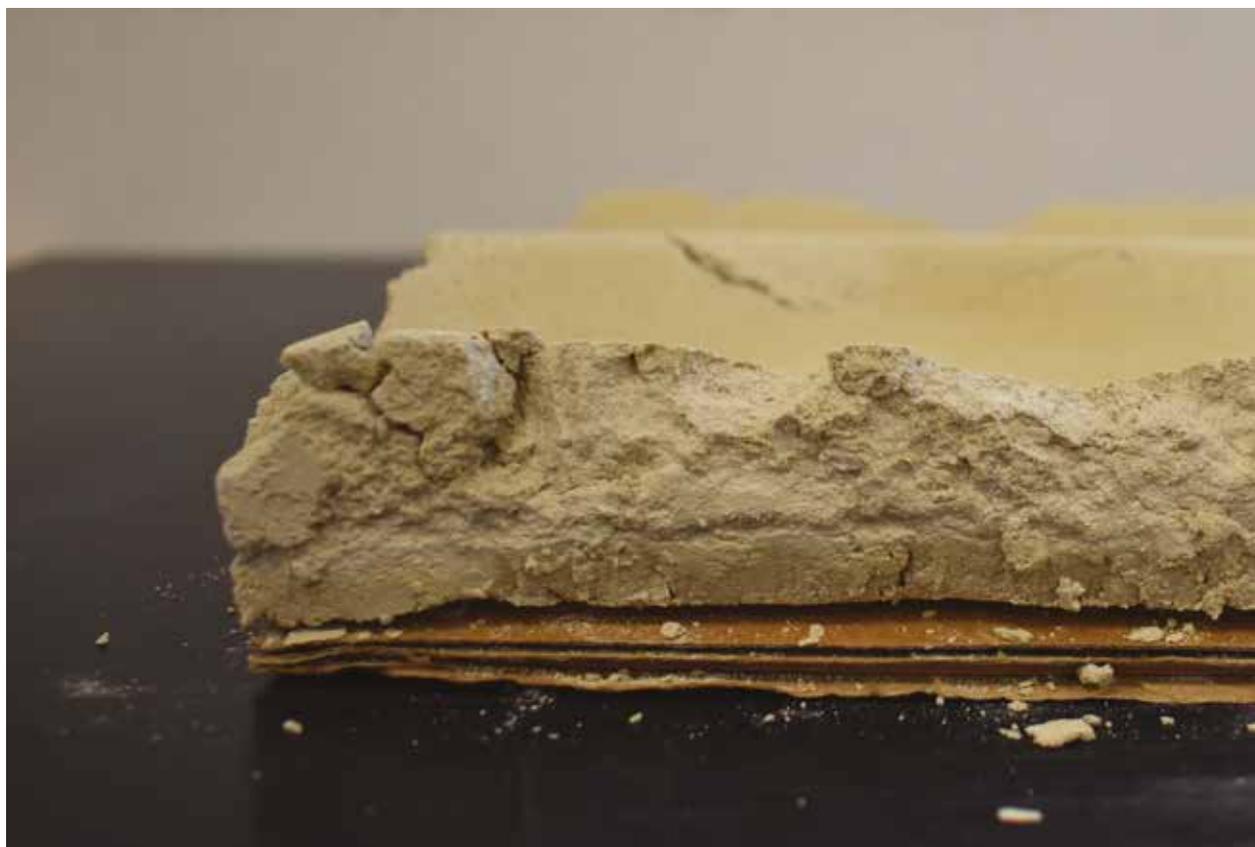
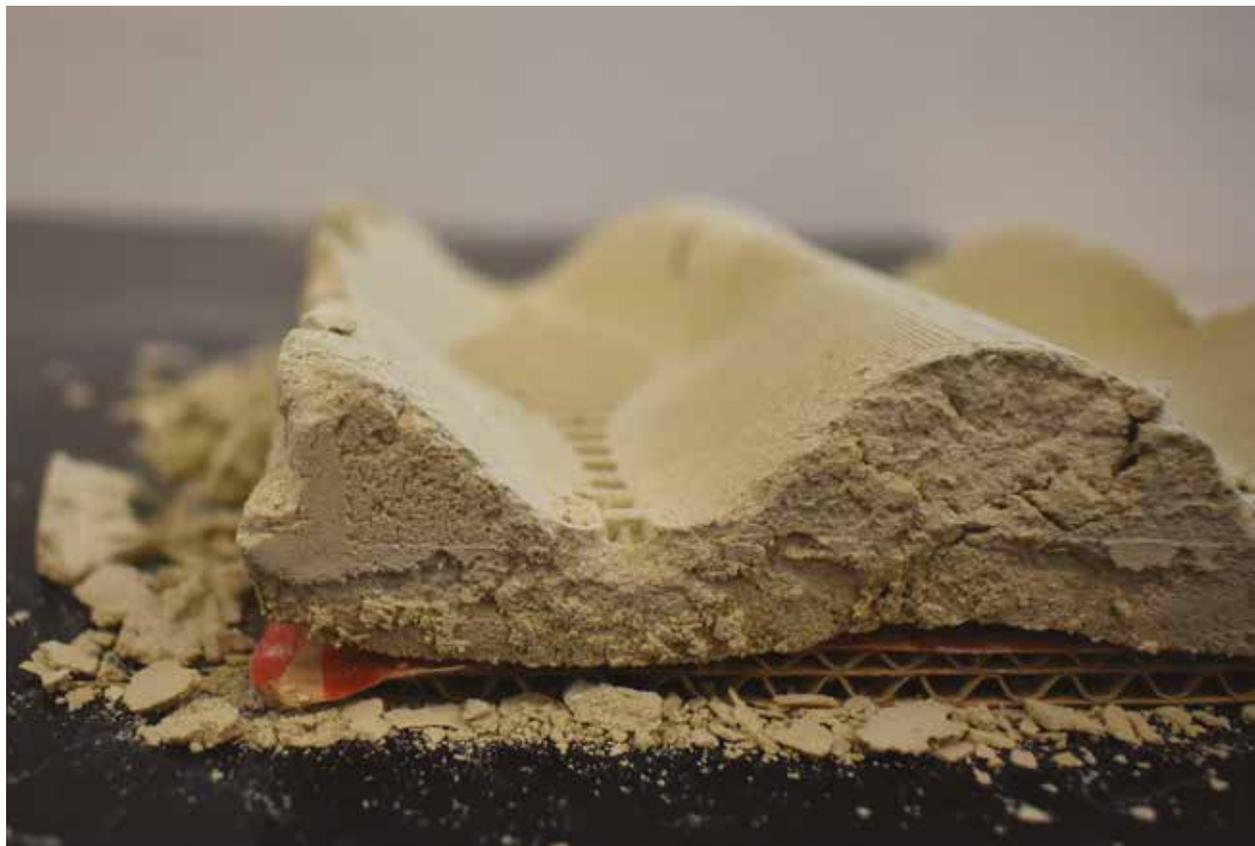
OBIETTIVO

Valutare il risultato ottenuto per cercare di migliorare il l'esito delle future prove

Il risultato è nettamente migliore rispetto alla prova precedente, la superficie al tatto risulta molto liscia e soprattutto non sono presenti microfessurazioni che invece comparivano sulla precedente prova. La piastrella presenta una fessurazione centrale e soprattutto i bordi sono ancora sbriciolati e friabili. Questo potrebbe essere anche una conseguenza dello spessore dello stampo siliconico, in futuro si potrebbe provare anche a realizzare un nuovo stampo, più "fine" oppure con un materiale diverso". Questa volta come si vedrà dalle foto successive abbiamo provato anche a "stuccare" la piastrella, aprendo una nuova fase della ricerca che chiaramente andrà sviluppata. Il risultato della macrogeometria e microgeometria è buono, ma anche questa volta sono però presenti "fori" causati probabilmente da piccole bolle d'aria formatesi durante il colaggio del materiale. La consistenza della piastrella risulta insufficiente, in quanto sottoponendola a compressione è facile sbriciolarla. Quindi si può affermare che la quantità di biomassa influisce sul risultato finale, con nuove prove e continua ricerca si riuscirà ad ottenere la ricetta "definitiva".

RISULTATO:

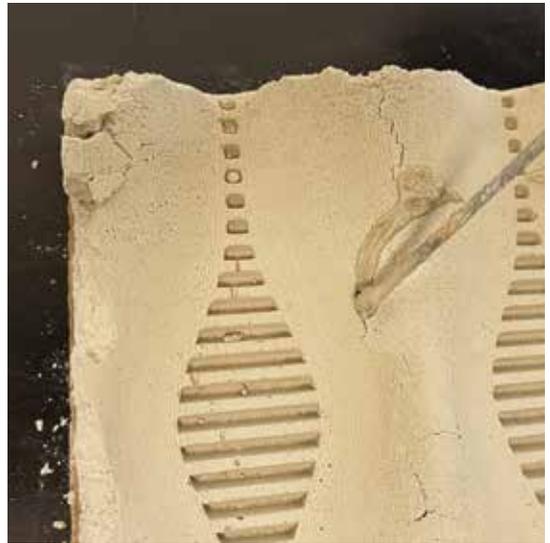
- + RIMOZIONE DELLO STAMPO: BUONO
- + COLORE: GRIGIO - VERDE
- + ASPETTO GENERALE: MEDIOCRE
- + MACROGEOMETRIA: BUONA
- + MICROGEROMETRIA: BUONA
- + CONSISTENZA: INSUFFICIENTE
- + SUPERFICIE: LISCIA
- + BORDI: SBRICCIOLATI





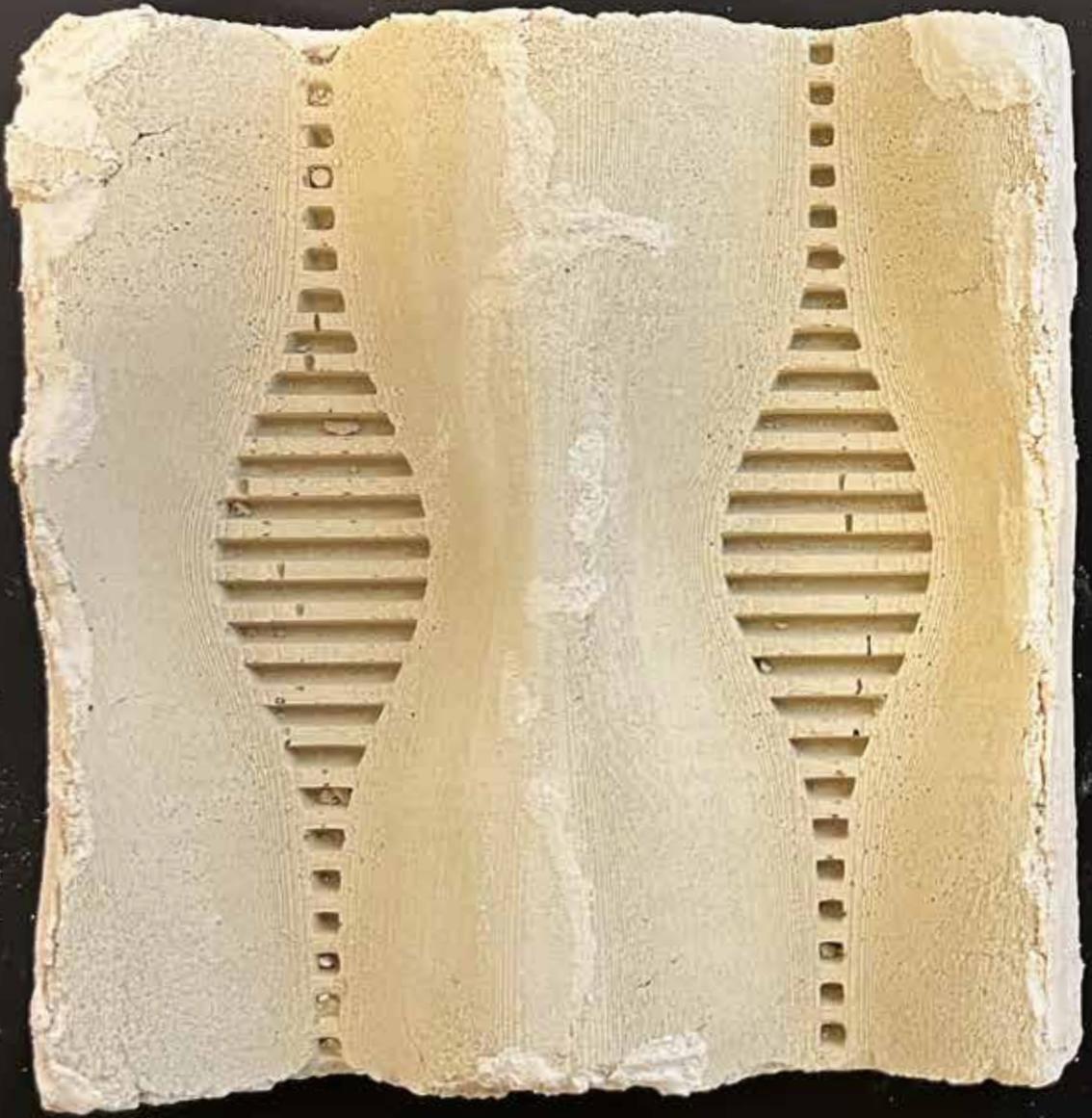
Prova 02, Piastrella Biorecettiva
Foto scattata nel Centro di Competenza VALORE





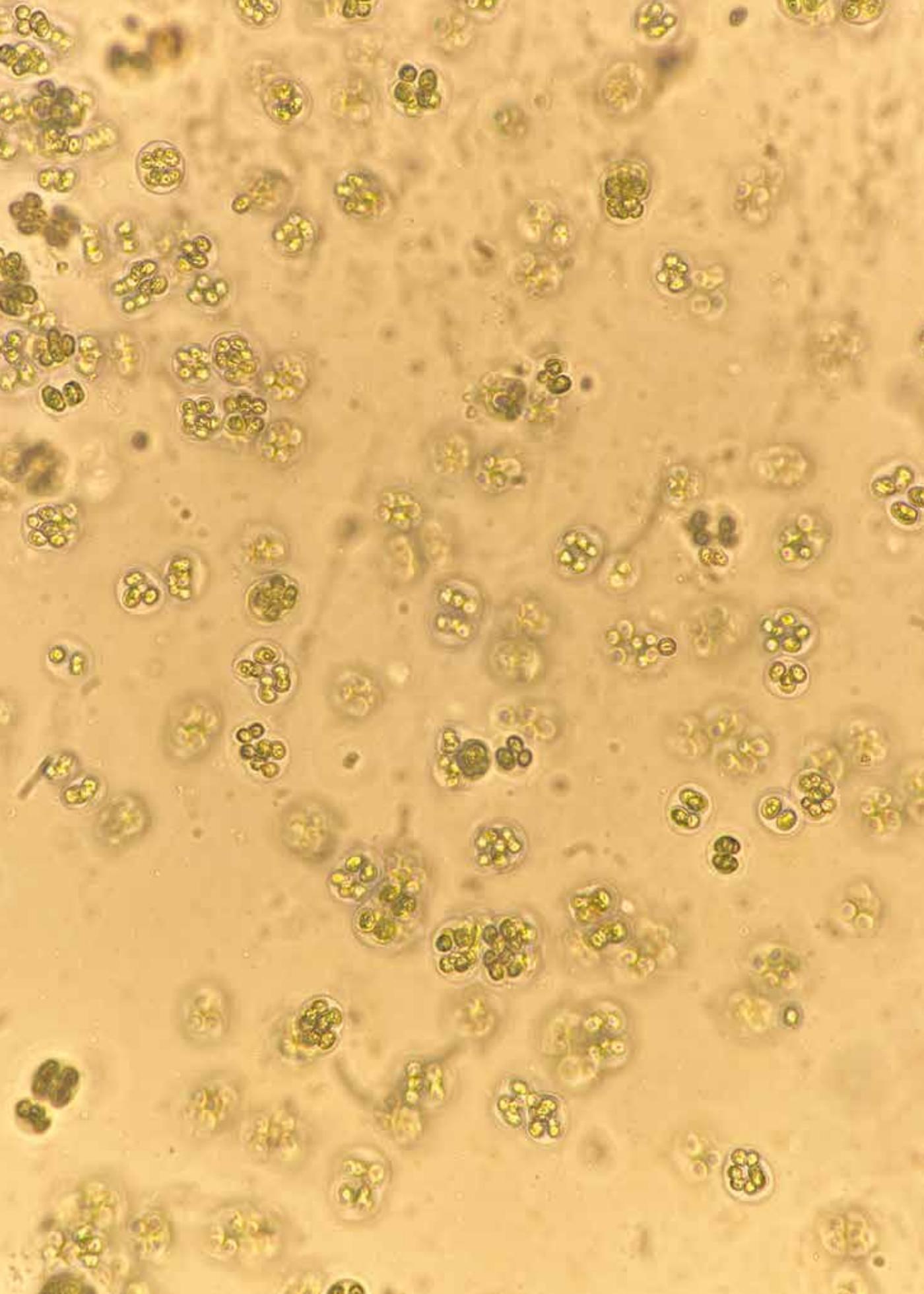
*Operazione di stuccatura della piastrella
con materiale Inertial*
Foto scattata nel Centro di Competenza VALORE





Piastrelle "stuccate"
Foto scattata nel Centro di Competenza VALORE

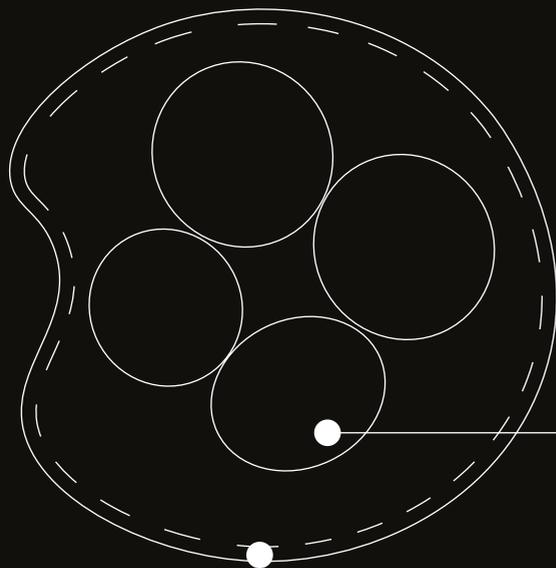




CIANOBATTERIO

CHROOCOCCUS MINUTUS (Dx1)

I cianobatteri sono organismi unici nel loro genere poiché rappresentano i soli procarioti a svolgere una fotosintesi ossigenica simile a quella delle piante superiori.



CELLULE

POLISACCARIDI

TENGONO INSIEME LE CELLULE
PROTEGGENDOLE DALLE CONDIZIONI AVVERSE

pagina precedente

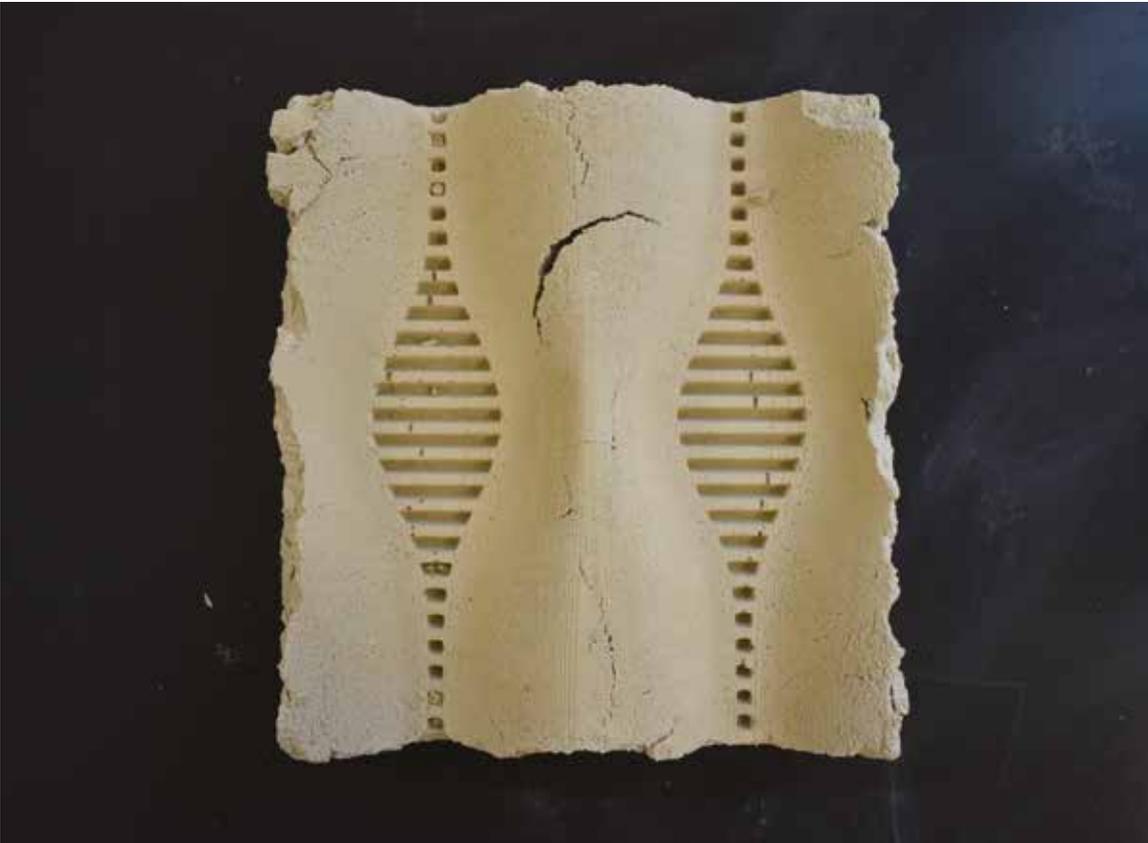
Cianobatterio Chroococcus minutus (Dx1)

Foto scattata al microscopio presso il Centro di competenza VALORE "Gino Florenzano"

Dipartimento DAGRI, UNIFI

CONFRONTO
TRA I 2 PROTOTIPI

	PROTOTIPO 1	PROTOTIPO 2
RIMOZIONE STAMPO:	BUONA	BUONA
COLORE:	GREIGE	GRIGIO-VERDE
ASPETTO GENERALE:	INSUFFICIENTE	MEDIOCRE
MACROGEOMETRIA:	BUONA	BUONA
MICROGEROMETRIA:	BUONA	BUONA
CONSISTENZA:	INSUFFICIENTE	INSUFFICIENTE
SUPERFICIE:	FRIABILE	LISCIA
BORDI:	SBRICCIOLATI	SBRICCIOLATI



PROVA EXTRA PIANTARE SEMI ALL'INTERNO DI INERTIAL

- + PIANTARE SEMI
- + VALUTAZIONE DEL RISULTATO

OBIETTIVO

Valutare se i semi di alcune specie selezionate riescono a germogliare all'interno di Inertial al fine di comprendere la biorecettività del materiale biobased

TEMPO NECESSARIO

15 giorni



Prova Extra_Operazione 1

PIANTARE SEMI

OBIETTIVO

Piantare semi all'interno di campioni di materiale Inertial

Una degli sviluppi per la parte progettuale potrebbe essere quella di poter stampare in 3D Inertial, e allo stesso tempo seminare alcune specie di piante; per questo motivo si è proseguito con questo test, al fine di valutare se e in che modo i semi avrebbero germogliato.

Per prima cosa ho acquistato semi di 4 specie che non hanno bisogno di particolari condizioni al fine di germogliare e crescere.

I semi di ognuna di queste specie sono stati inseriti all'interno di un piccolo stampo in silicone contenente il biobased material Inertial, ottenuto dal processo per realizzare la piastrina biorecettiva vista in precedenza.

Sono stati realizzati 5 campioni, in ognuno di essi i semi sono stati interrati appena sotto la superficie, solo per il prezzemolo si è fatto un test mescolando i semi con il materiale.

- + STAMPO 1: SEMI DI PREZZEMOLO INTERRATI (PI)
- + STAMPO 2: SEMI DI PREZZEMOLO IN SUPERFICIE (PS)
- + STAMPO 3: SEMI DI MARGHERITINA (M)
- + STAMPO 4: SEMI DI ERBA DECONDRA (D)
- + STAMPO 5: SEMI DI NASTURZIO (N)



Prova Extra_Operazione 2

VALUTAZIONE DEL RISULTATO

OBIETTIVO

Valutare il risultato ottenuto per guidare nuove prove e capire come può essere sfruttato quanto ottenuto

Dopo 15 giorni in cui è stata fornita acqua giornalmente a tutti gli stampi (piccole gocce di acqua) si nota che al momento l'unica specie ad aver germogliato è la decondra, la quale come era prevedibile ha rotto il materiale ed è fuoriuscita. Le altre specie ad ora non sono germogliate ma potrebbero avere bisogno di più tempo per farlo. Il Nasturzio sembra la specie che dopo la decondra potrebbe riuscire a germogliare.

RISULTATO:

- + DECONDRA: HA GERMOGLIATO, ROMPENDO IL MATERIALE
- + NASTURZIO: NON HA ANCORA GERMOGLIATO
- + PREZZEMOLO IN SUPERFICIE: NON HA ANCORA GERMOGLIATO
- + PREZZEMOLO INTERRATO: NON HA ANCORA GERMOGLIATO
- + MARGHERITINA: NON HA ANCORA GERMOGLIATO
- + ASPETTO SUPERFICIE STAMPI: CREPE E FESSURE DOVUTE AL GERMOGLIO

COME OTTIMIZZARE:

- + FARE NUOVE PROVE CON DIVERSE CONDIZIONI DI CRESCITA
- + FARE NUOVE PROVE CON ALTRE SPECIE
- + STUDIARE LA POSIZIONE DEL SEME NEL PRODOTTO



RISULTATI DELLE PROVE



INERTIAL HA UNA CONSISTENZA
“FRIABILE”, SI DEVE FARE
ULTERIORI PROVE PER
TROVARE IL GIUSTO MIX TRA
GLI INGREDIENTI



VA MIGLIORATA LA
RESISTENZA ALL’ACQUA,
ANCHE IN QUESTO CASO UN GIUSTO
MIX TRA GLI INGREDIENTI
POTREBBE MIGLIORARE QUESTA
CARATTERISTICA



INERTIAL HA LE
CARATTERISTICHE DI UN
MATERIALE BIORECETTIVO



LA VEGETAZIONE RIESCE A
GERMOGLIARE ALL’INTERNO
DI INERTIAL. IN FUTURO SI PUÒ
TENTARE DI “SEMINARE” DURANTE
IL PROCESSO DI STAMPA 3D

QUALI POTREBBERO
ESSERE LE PROSSIME PROVE?



AUMENTARE IL RAPPORTO
BIOMASSA/INERTE



AUMENTARE IL RAPPORTO
PECTINA/INERTE



SOSTITUIRE LA PECTINA CON UN
DIVERSO COLLANTE
ES. GELATINA



PROVARE AD UTILIZZARE DIVERSI
SCARTI LAPIDEI



TESTARE LA CRESCITA DI NUOVE
SPECIE DI VEGETAZIONE
E IN DIVERSE CONDIZIONI

Ossigeno

La ricerca mostra che nel 2050 tre quarti di tutte le persone vivranno in una città e questa estrema densità di popolazione ridurrà ancora di più la qualità dell'aria in queste aree urbane. "Ossigeno" propone una soluzione sviluppando un nuovo modo di vivere insieme in città, mettendo in relazione uomo e natura.

Ossigeno, è un sistema di arredi urbani biofabbricati e biorecettivi, con l'obiettivo di aumentare la biodiversità nelle città in cui viene installato e migliorare la qualità dell'aria, grazie alla fissazione di CO_2 e il rilascio di molecole di O_2 da parte delle piante attraverso il processo di fotosintesi.

Il progetto infatti integra la crescita della natura, le geometrie formali di ogni elemento creano "microambienti" e "microclimi" in cui la vegetazione naturale può annidarsi e crescere, creando un'interazione tra verde dinamico e grigio statico, con conseguente aumento di biodiversità e un ecosistema in crescita.

Il progetto è realizzato con l'ausilio del design computazionale e realizzabile con tecniche di Additive Manufacturing, in particolare attraverso la stampa 3D di materiale fluido-denso, LDM.

OBIETTIVI



AUMENTARE/RIPORTARE
LA BIODIVERSITÀ
NELLE CITTÀ

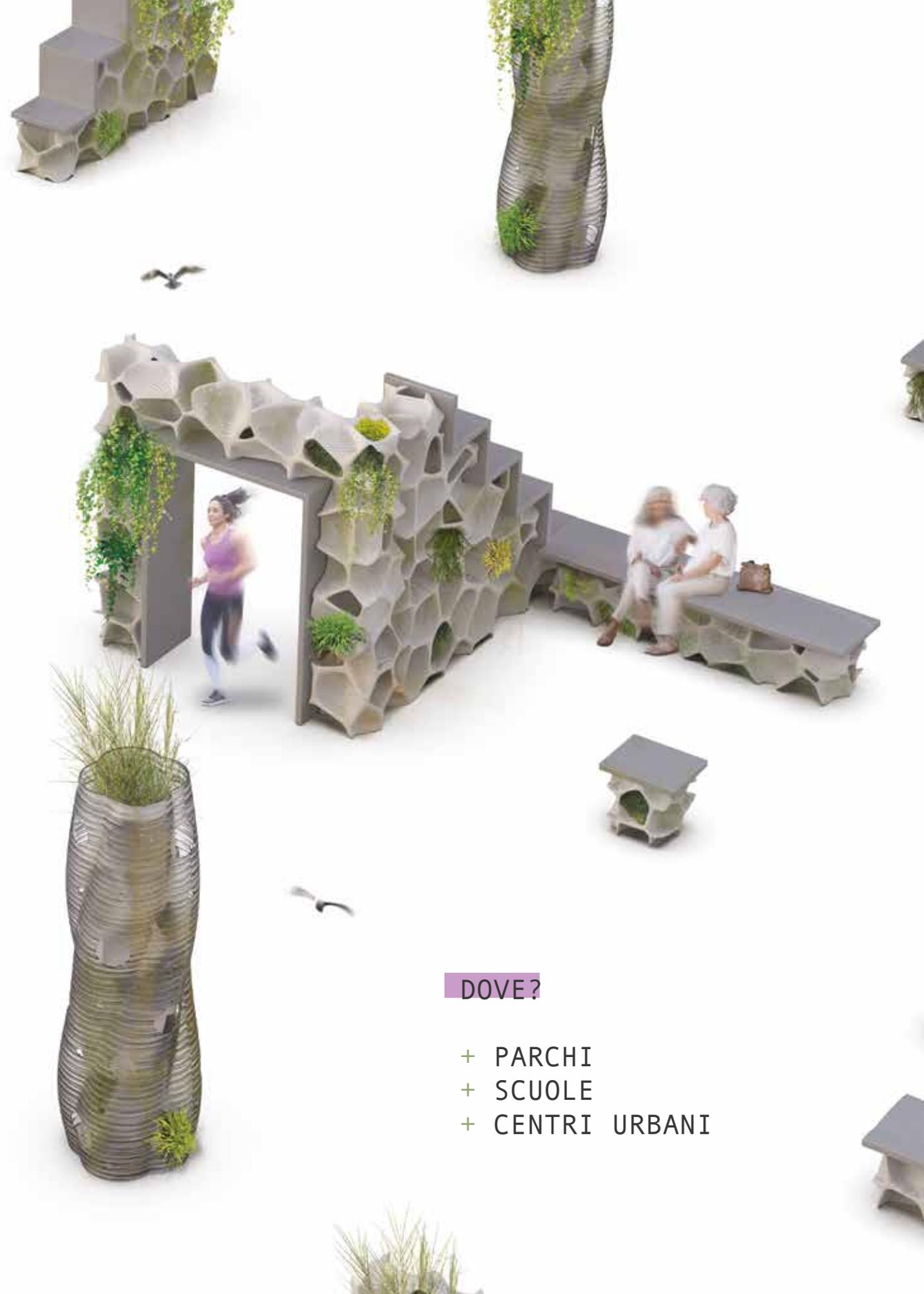


MIGLIORARE LA QUALITÀ
DELL'ARIA, ATTRAVERSO
IL PROCESSO DI FOTOSINTESI



IMPLEMENTARE IL RAPPORTO
UOMO | NATURA

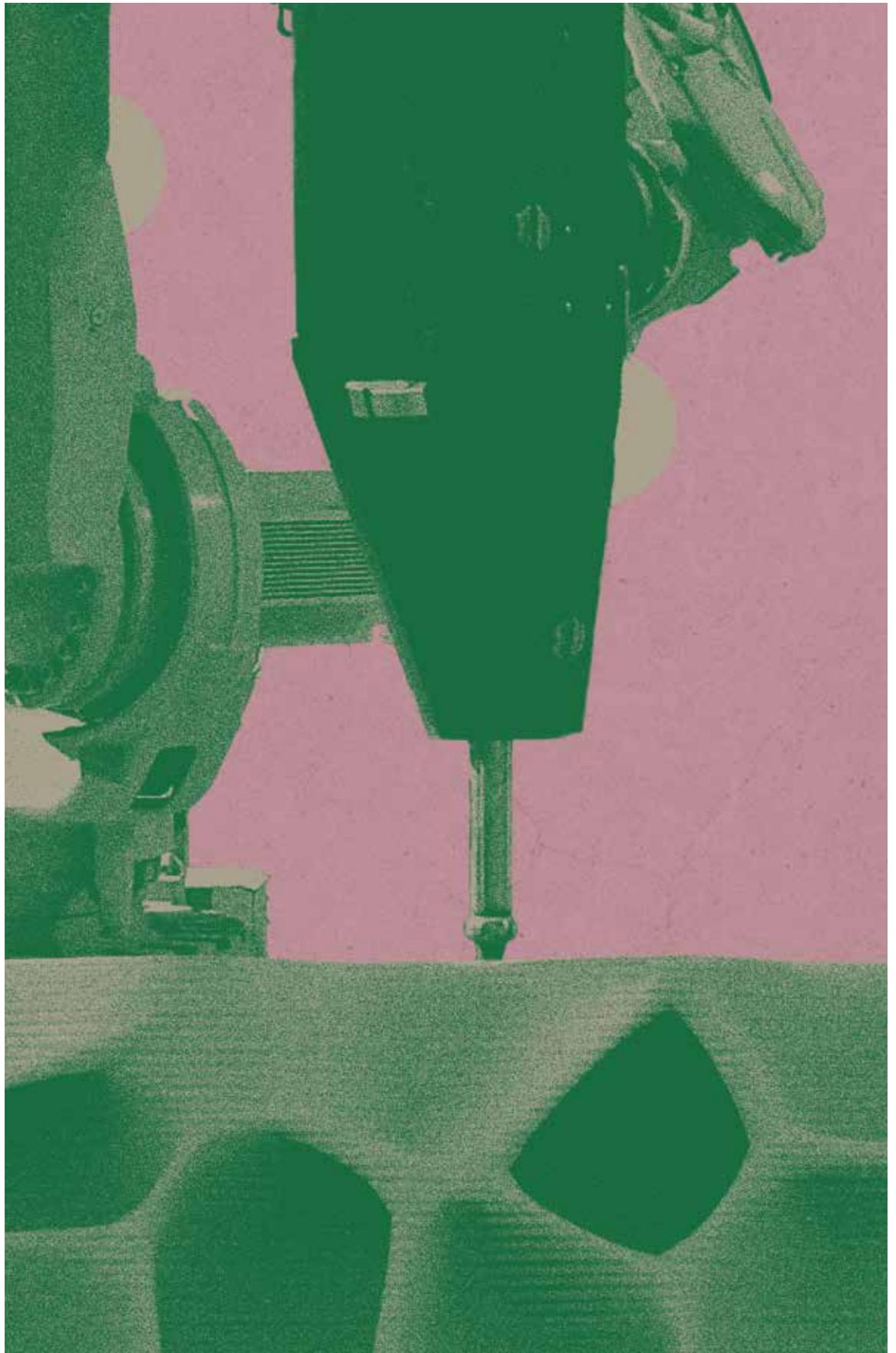




DOVE?

- + PARCHI
- + SCUOLE
- + CENTRI URBANI

“La biofabbricazione è
la generazione di prodotti
biologicamente funzionali
da cellule viventi e biomateriali
attraverso la biostampa
e i successivi
processi di maturazione”



Come abbiamo visto nella fase di ricerca e approfondimento, la biorecettività è l'attitudine di un materiale ad essere colonizzato da organismi viventi. "Ossigeno", grazie alle sue caratteristiche biorecettive può essere biocolonizzato da varie specie di organismi come alghe, licheni e muschi che presentano vantaggi rispetto alle piante vegetative più grandi poiché si propagano con spore e non hanno sistemi di radici che possono danneggiare l'"ospite". La capacità strutturale e fisiologica unica di questi organismi consente loro di resistere a lunghi periodi di siccità e temperature estreme, si reidratano assorbendo l'acqua piovana, il vapore e la rugiada, e hanno bisogno di esigua manutenzione per sopravvivere e stabilirsi. Ancora più importante, suddette specie, attraverso il processo di fotosintesi possono assorbire grandi quantità di inquinanti e quindi migliorare la qualità dell'aria nelle città in cui viene installato il sistema di arredi urbani "Ossigeno". I colonizzatori iniziali tendono ad essere fototrofi, come alghe e cianobatteri che richiedono solo materiali inorganici per la crescita. Una volta stabiliti, organismi eterotrofi come licheni e muschi seguono poi come una successione naturale.

CHI SONO I BIOCOLONIZZATORI?



CIANOBATTERI

Organismi procariotici fotosintetici ossigenici. Dispongono di notevole tolleranza a condizioni estreme di temperatura, illuminazione, disponibilità d'acqua e nutrienti, ed hanno elevata adattabilità a una vasta gamma di condizioni



ALGHE

Le alghe sono formate da cellule eucariotiche, cioè provviste di nucleo, con una parete cellulare in cui è presente la clorofilla. Quest'ultima è la sostanza di colore verde per catturare la luce del Sole e quindi per svolgere la fotosintesi, attraverso la quale si trasforma l'acqua e la CO₂ in sostanze organiche utilizzate dall'organismo come nutrimento, oltre a liberare ossigeno, indispensabile per la vita di tutti i viventi.



MUSCHI

Il muschio possiede una radice molto semplice e un fusto composto da minuscole foglioline. Vive nei luoghi umidi formando un soffice tappeto dove molti animaletti trovano rifugio. La sua sopravvivenza dipende dalla presenza di acqua.



LICHENI

I licheni sono formati da un'alga e un fungo, che si aiutano a vicenda: l'alga fa la fotosintesi e produce sostanze organiche che vengono utilizzate dal fungo per crescere, il fungo dà all'alga ciò che le serve per fare la fotosintesi e cioè acqua e sostanze minerali.

ALGHE E CIANOBATTERI



Fig. 049

MUSCHI

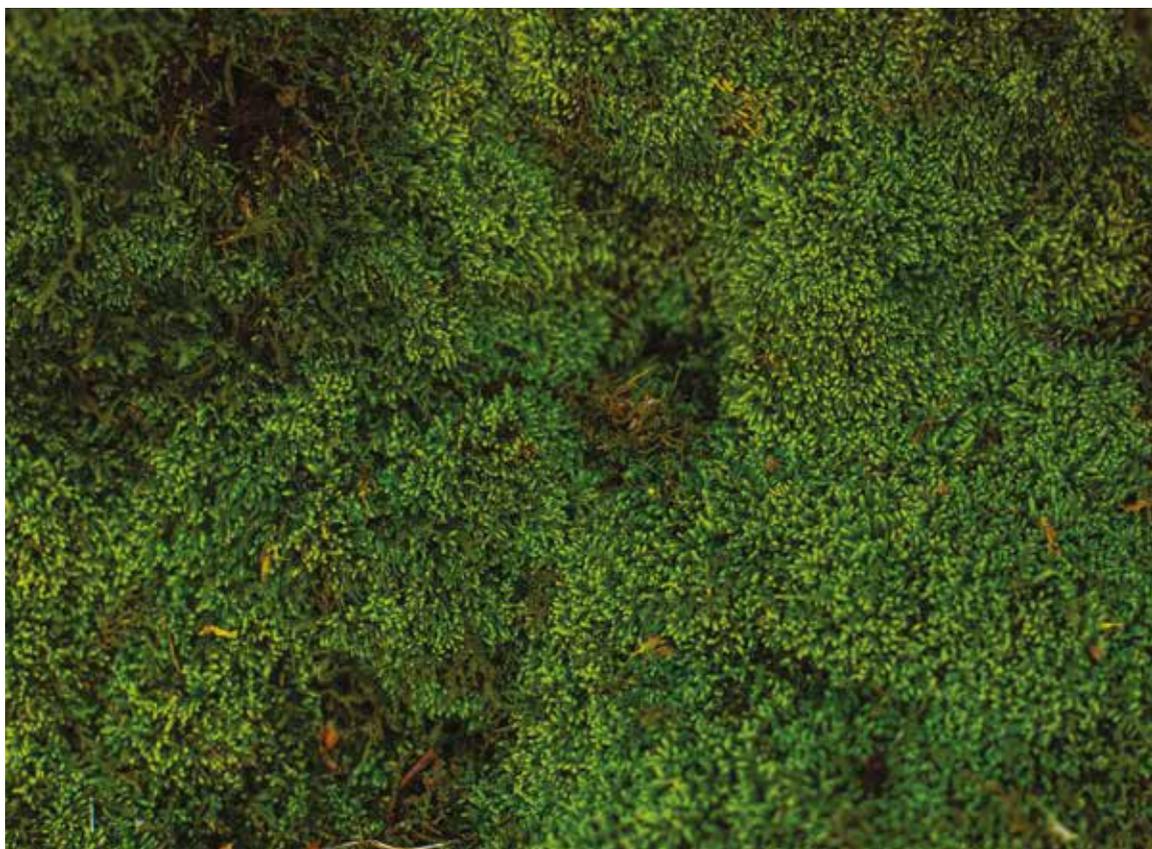


Fig. 050

LICHENI



Fig. 051

VEGETAZIONE SPONTANEA

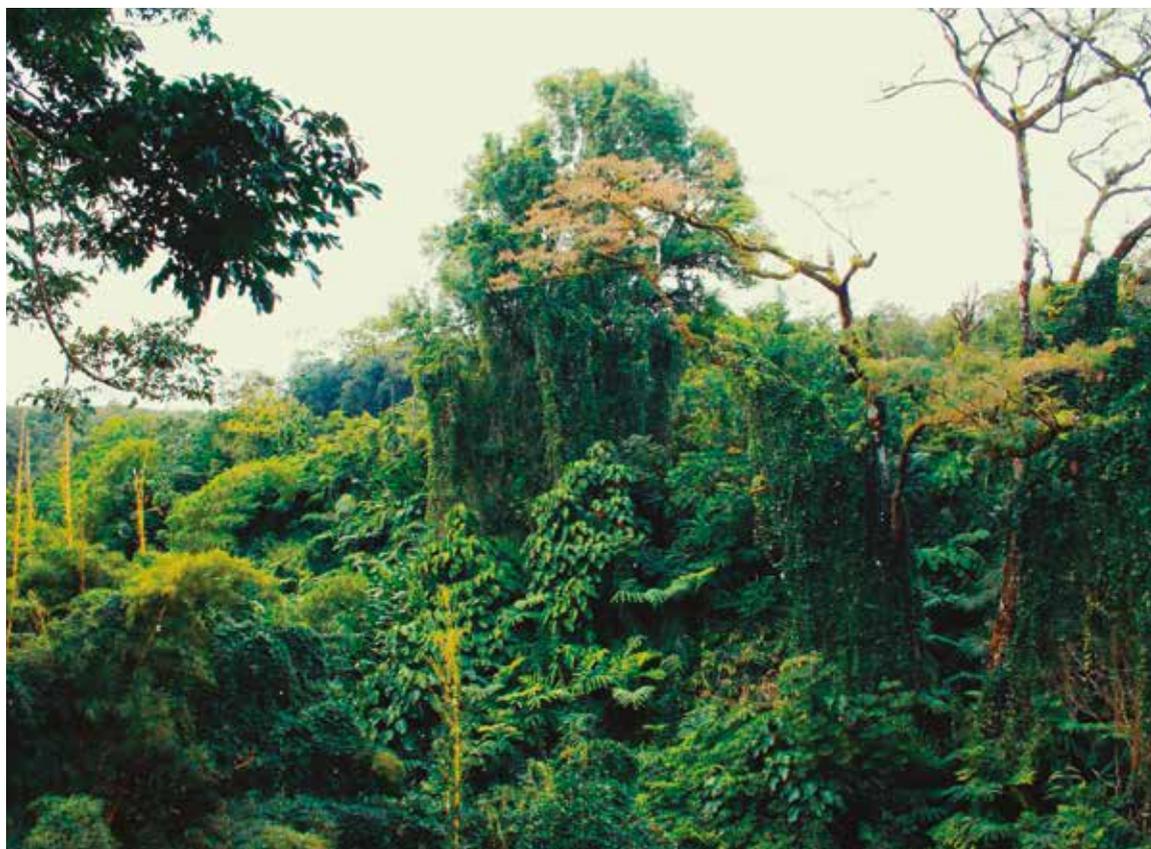
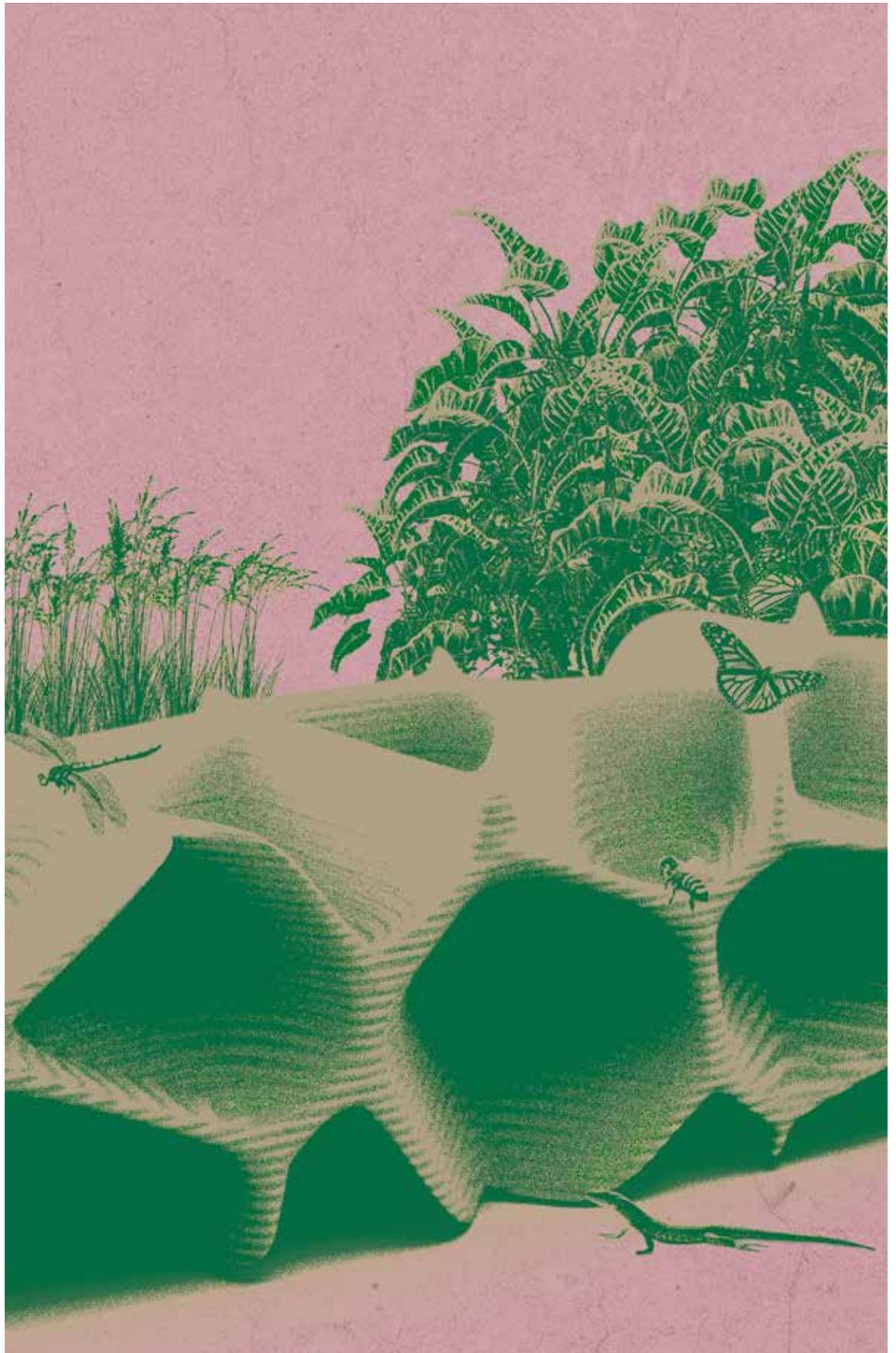


Fig. 052

Gli elementi che compongono il sistema "Ossigeno" oltre ad incentivare la vegetazione a biocolonizzare e crescere su di esse attireranno a sé anche biodiversità "animale", come insetti e volatili, i quali negli ultimi decenni sono sotto pressione a causa del cambiamento climatico e alla perdita di habitat in favore di una spesso ed inutile cementificazione. Queste strutture creeranno un habitat favorevole per gli insetti, con vegetazione e zone d'ombra per sopravvivere nella stagione più calda, e per i volatili che potranno rifugiarsi e creare nidi durante il periodo riproduttivo. Anche se molti insetti sono talvolta fastidiosi è bene ricordarsi che ogni organismo presente in un ecosistema è necessario e ha un determinato ruolo ecologico che è fondamentale per l'equilibrio naturale complessivo. Secondo uno studio dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, oltre il 75% delle principali colture agrarie e circa il 90% delle piante selvatiche da fiore si servono di api, vespe, farfalle, coccinelle, ragni, rettili, uccelli e mammiferi e in generale di impollinatori per trasferire il polline da un fiore all'altro e riprodursi. L'impollinazione animale, consentendo a tantissime piante di riprodursi, è la base fondamentale per l'ecologia delle specie e il funzionamento degli ecosistemi, la conservazione degli habitat e la fornitura di una vasta gamma di importanti e vitali servizi e benefici per l'uomo, inclusa la produzione di alimenti, fibre, legname e altri prodotti tangibili. In sintesi, l'impollinazione soprattutto entomofila è alla base della biodiversità, della nostra esistenza e delle nostre economie.



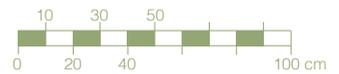
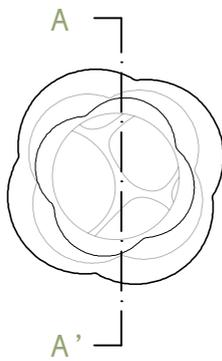
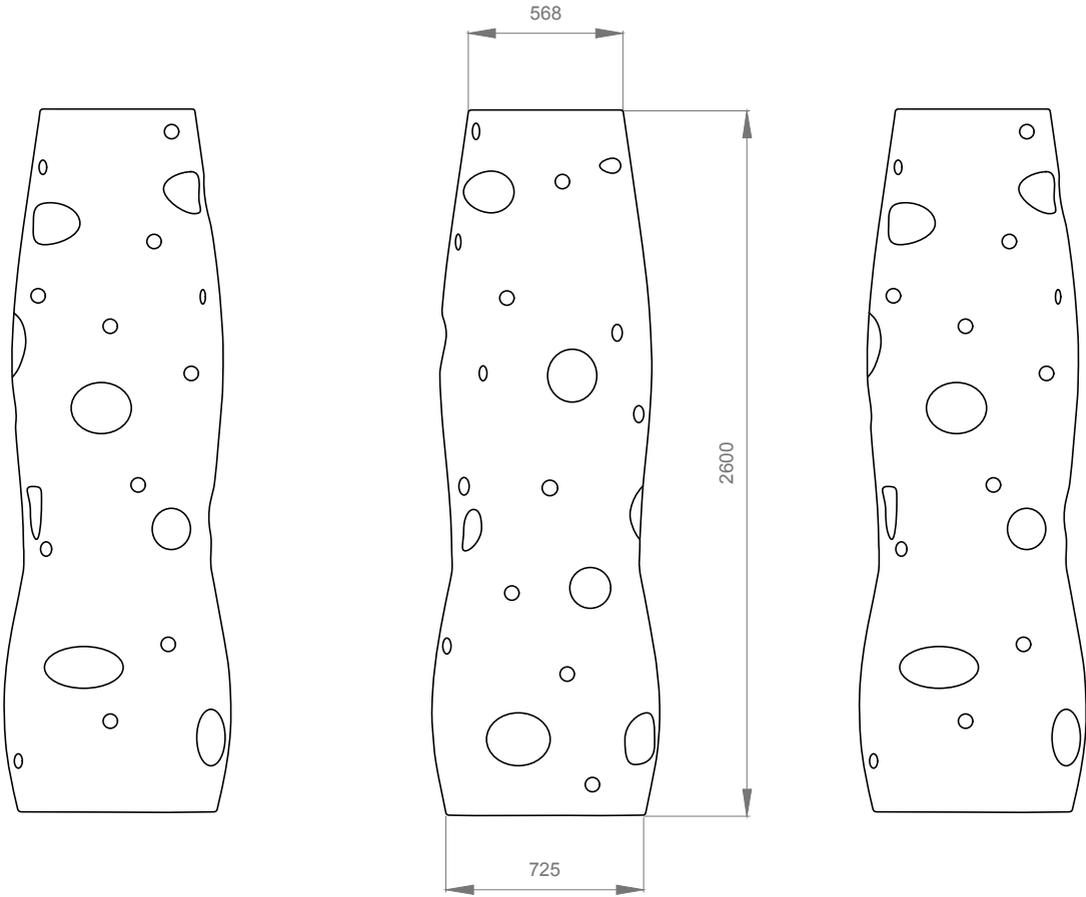
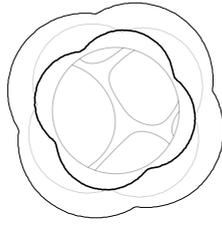
OSSIGENO

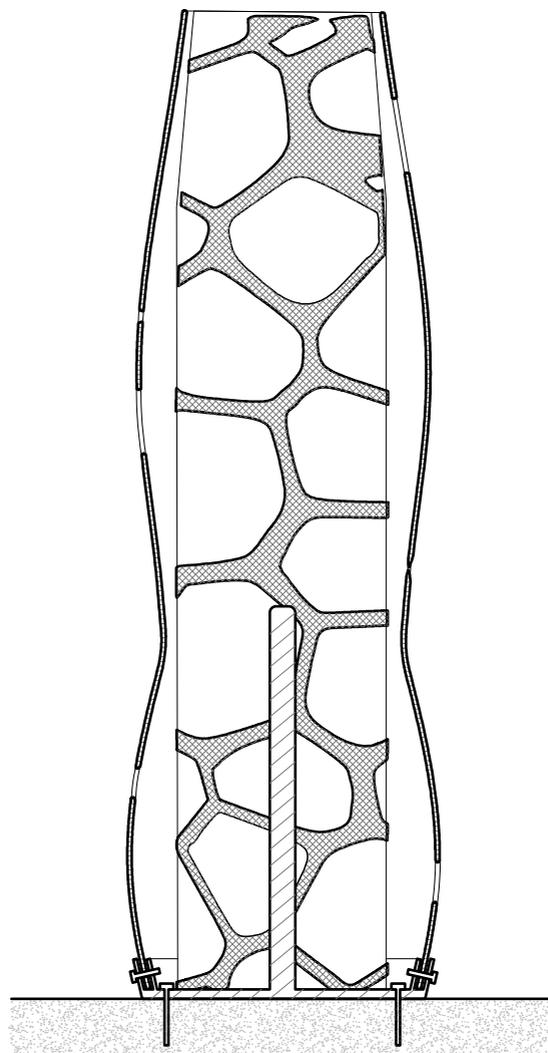
Il sistema biofabbricato e biorecettivo "Ossigeno" è composto da 1 totem + 6 elementi + 1 piastrella. Tutti gli elementi possono essere disposti in varie configurazioni per creare installazioni "viventi"/"mutanti" in cui uomo e natura possono mettersi in relazione

TO

TEM







 VETRO
STAMPATO IN 3D

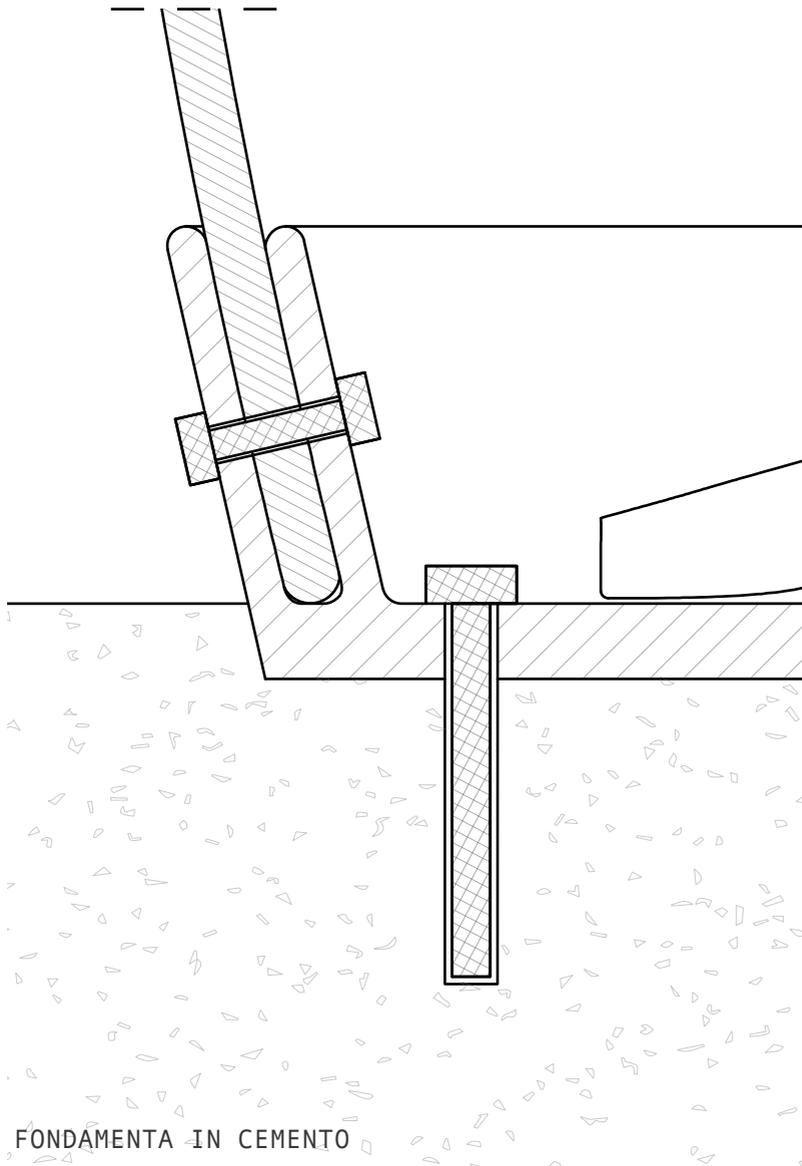
 INERTIAL
STAMPATO IN 3D

 STRUTTURA
IN METALLO

SEZIONE A-A'

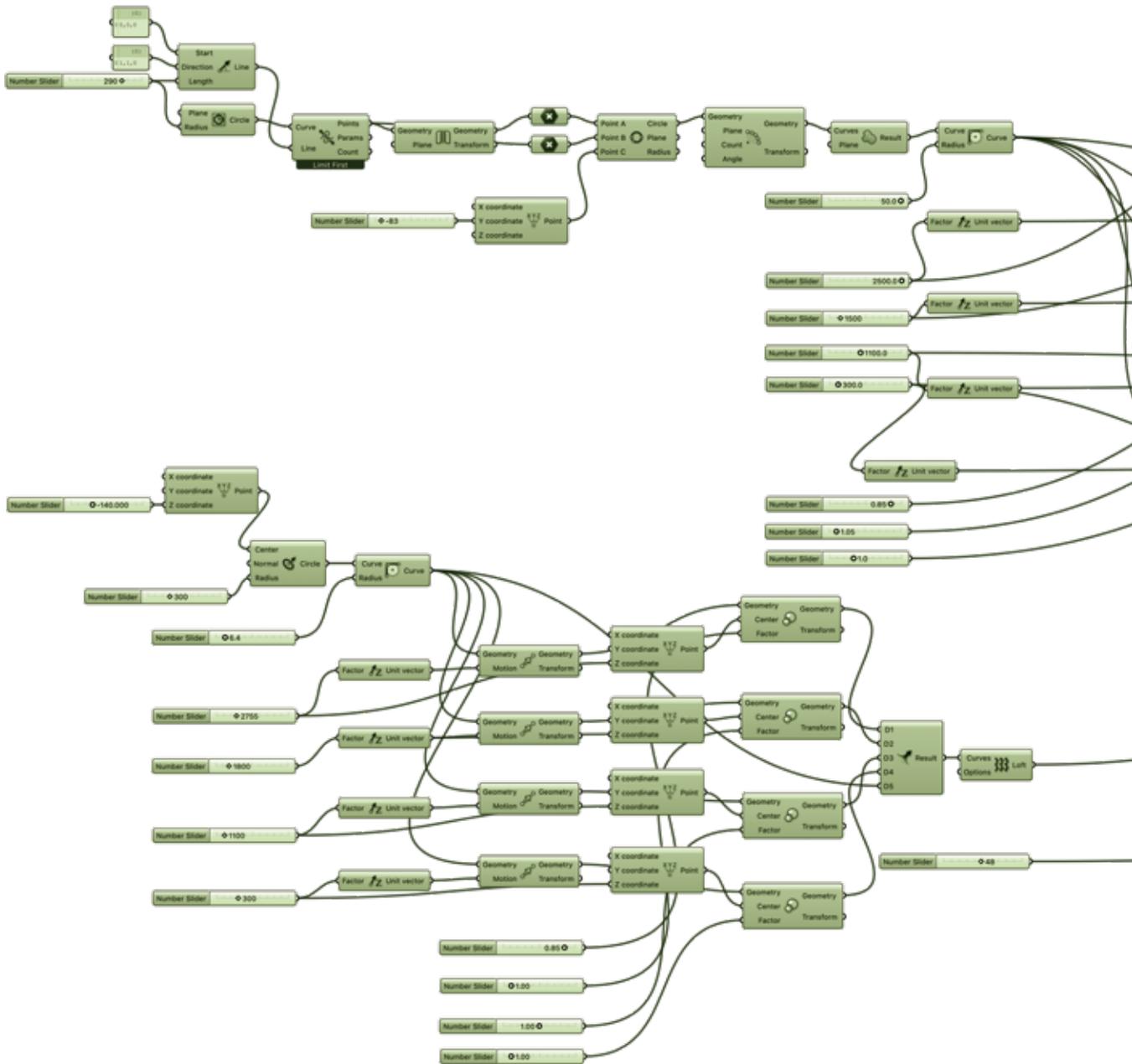
SCALA 1:20

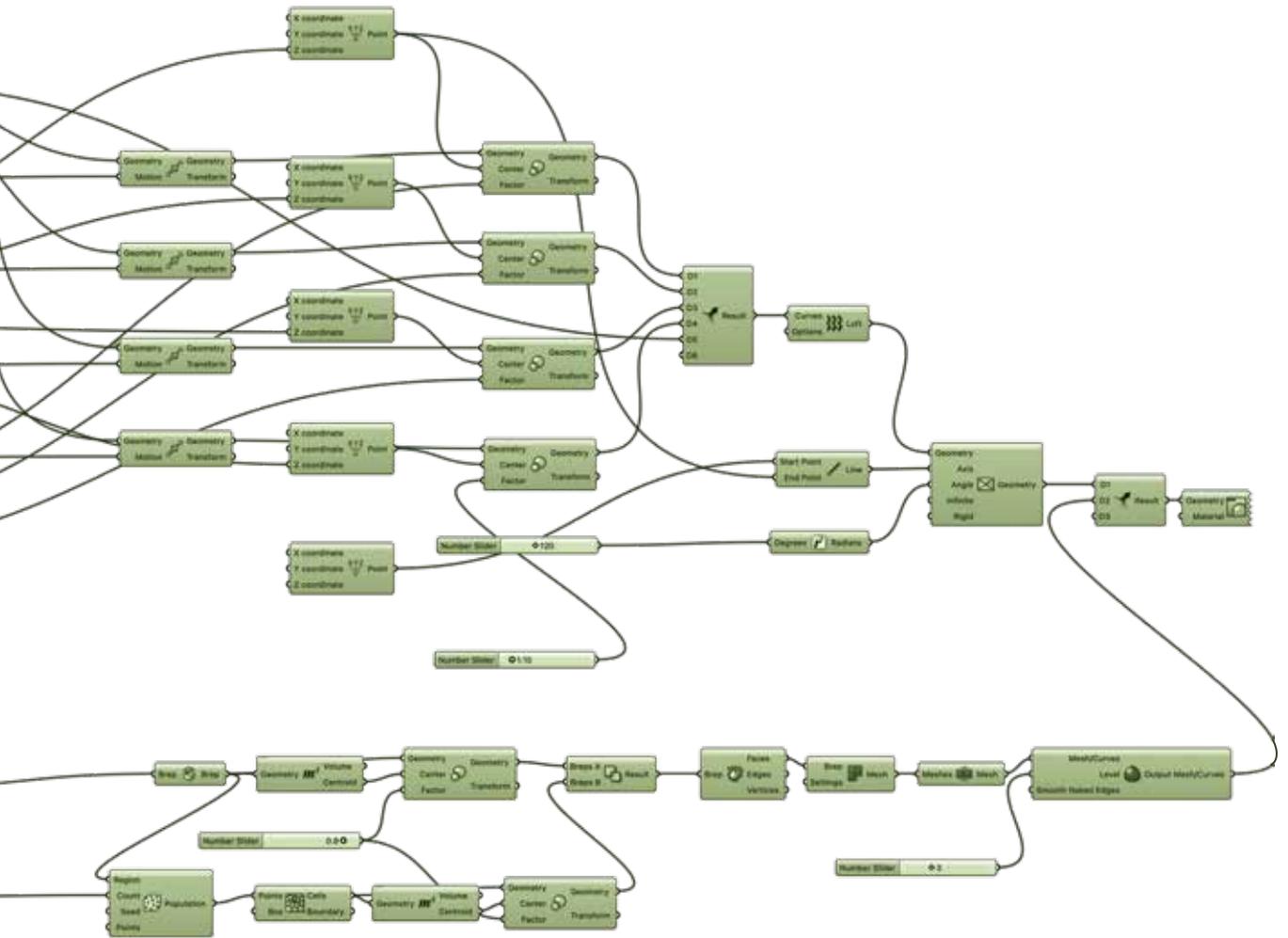
-  VETRO STAMPATO IN 3D
-  VITE, BULLONE, INSERTO FILETTATO
-  STRUTTURA IN METALLO





ESPLOSO





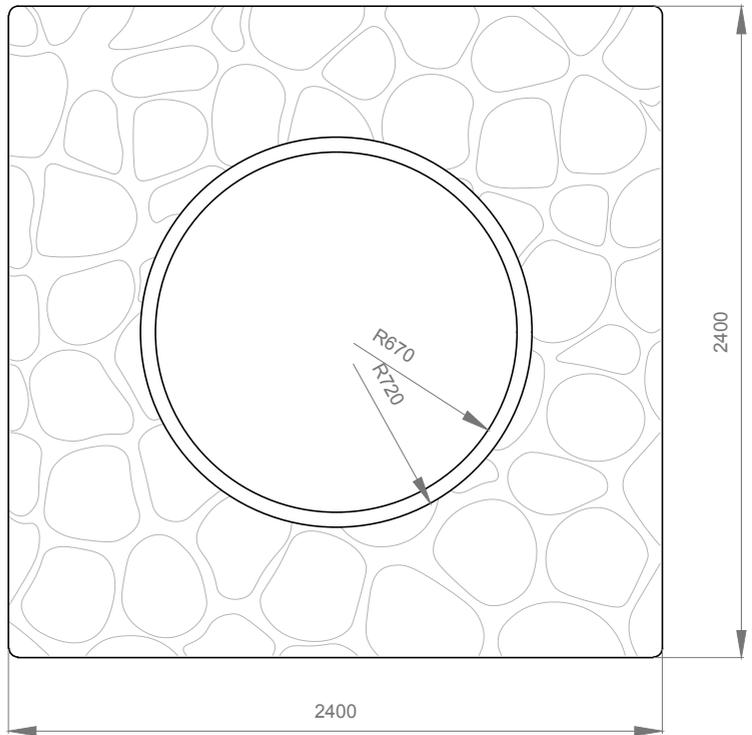
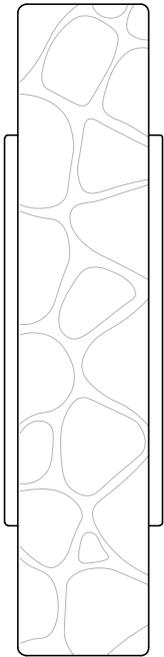
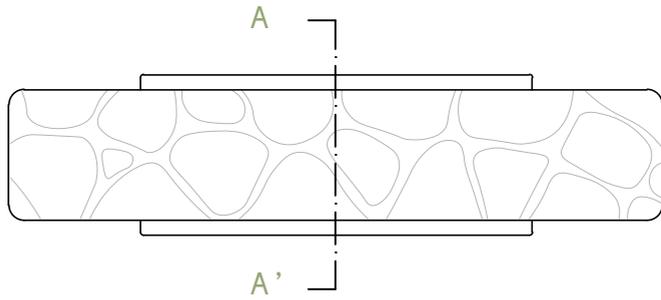
ELEMENTO 1

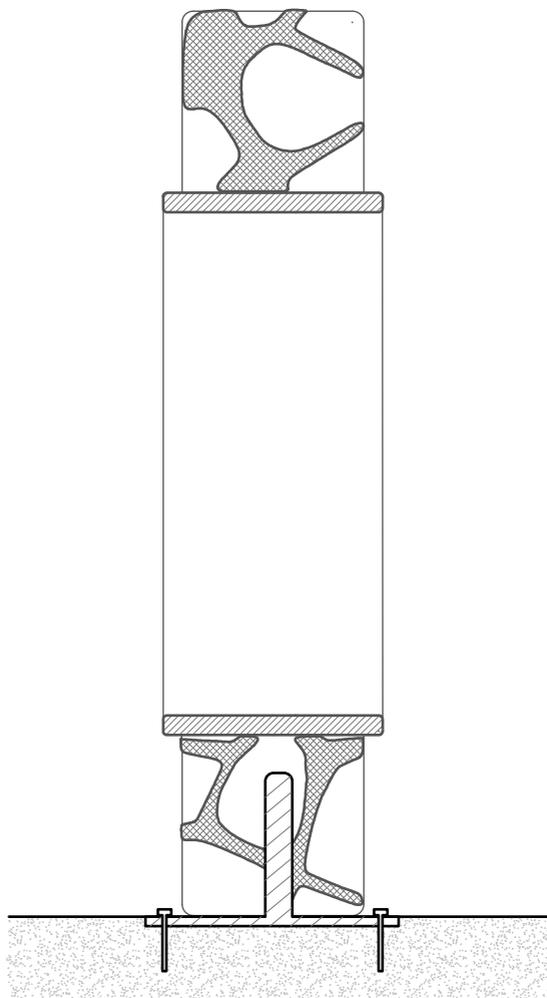
CE

RCH

IO







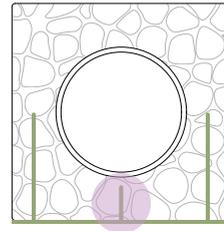
 PIETRA
SERENA

 INERTIAL
STAMPATO IN 3D

 STRUTTURA
IN METALLO

SEZIONE A-A'

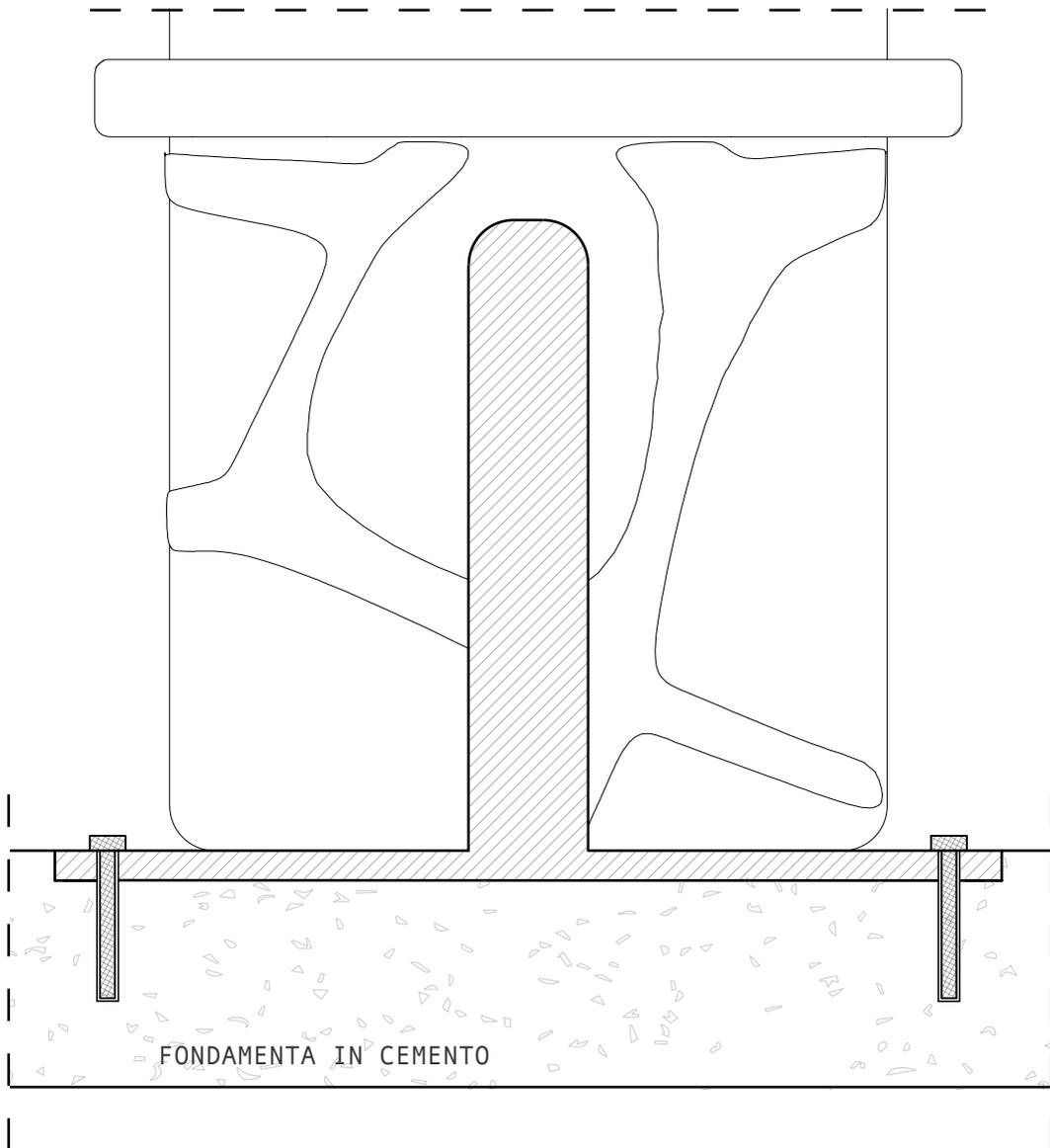
SCALA 1:20



VITE, BULLONE,
INSERTO FILETTATO

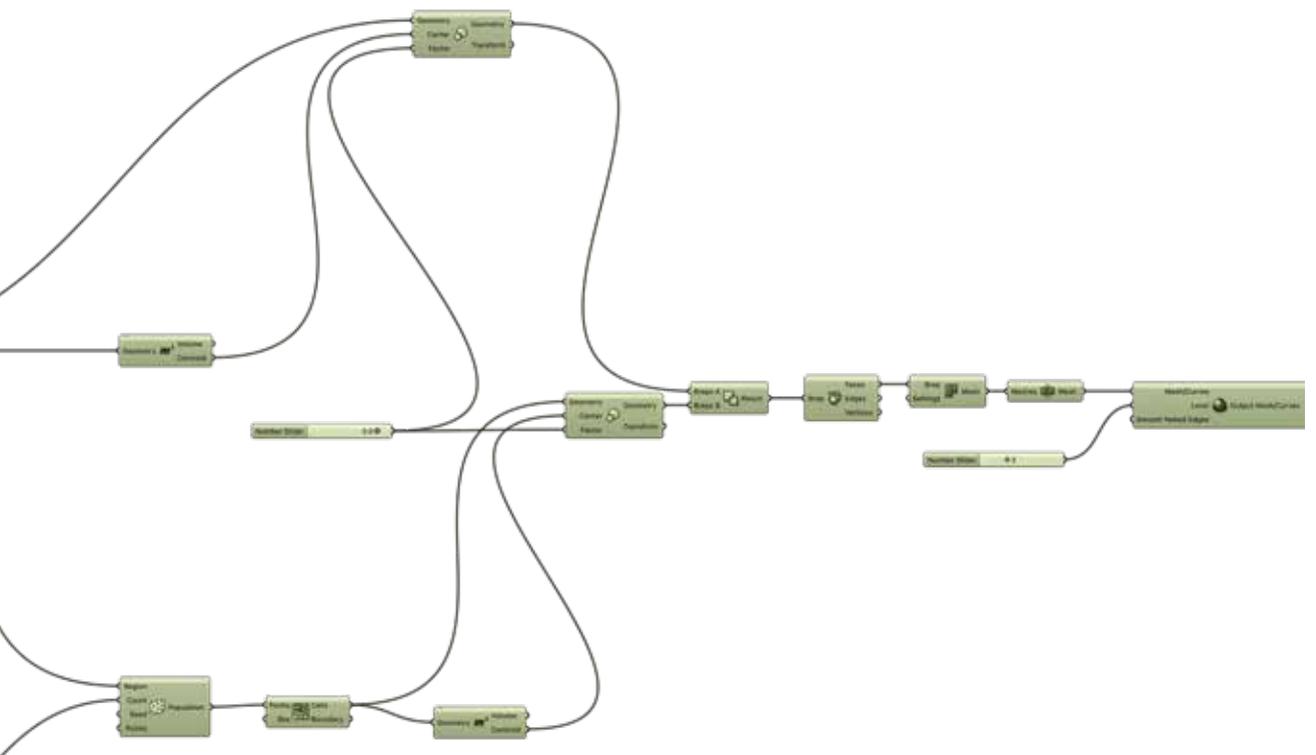


STRUTTURA
IN METALLO





ESPLOSO



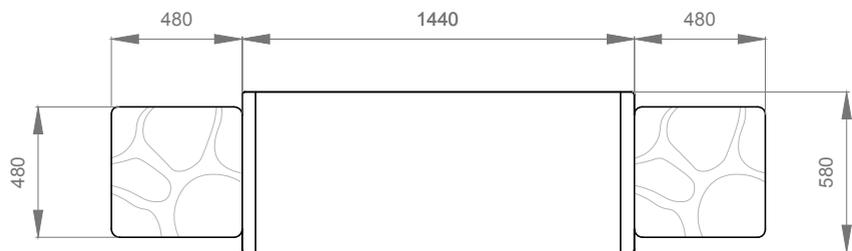
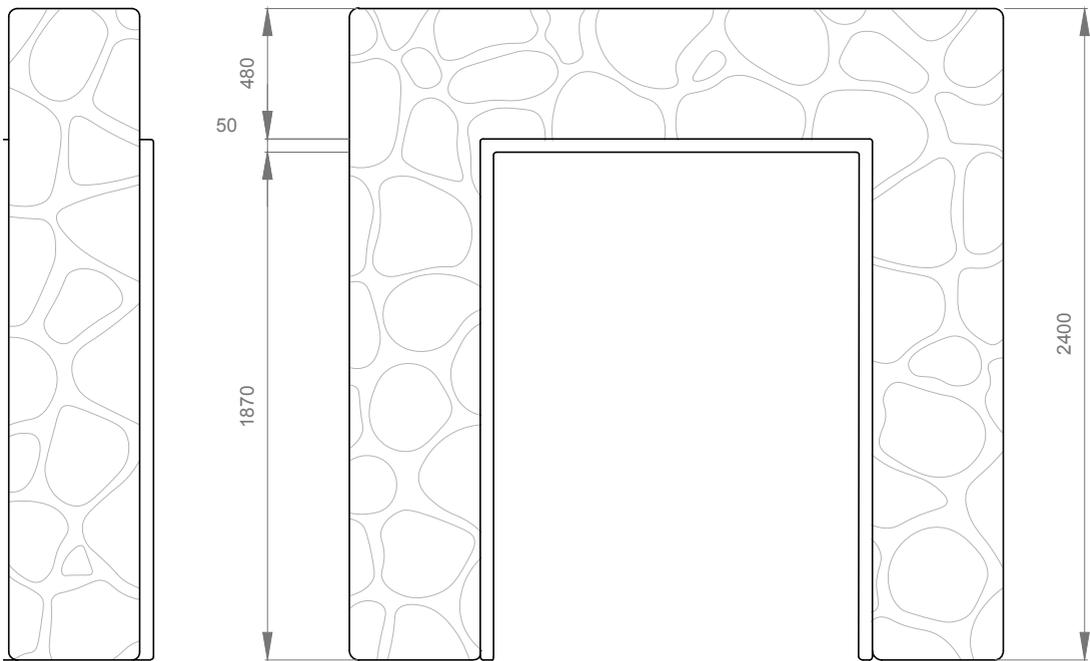
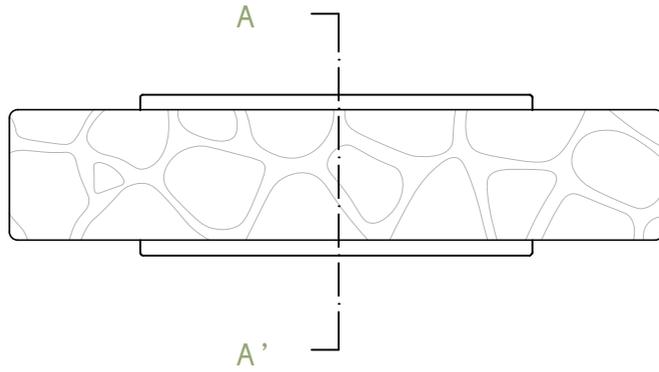
ELEMENTO 2

POR

TA

LE







 PIETRA
SERENA

 INERTIAL
STAMPATO IN 3D

 STRUTTURA
IN METALLO

SEZIONE A-A'

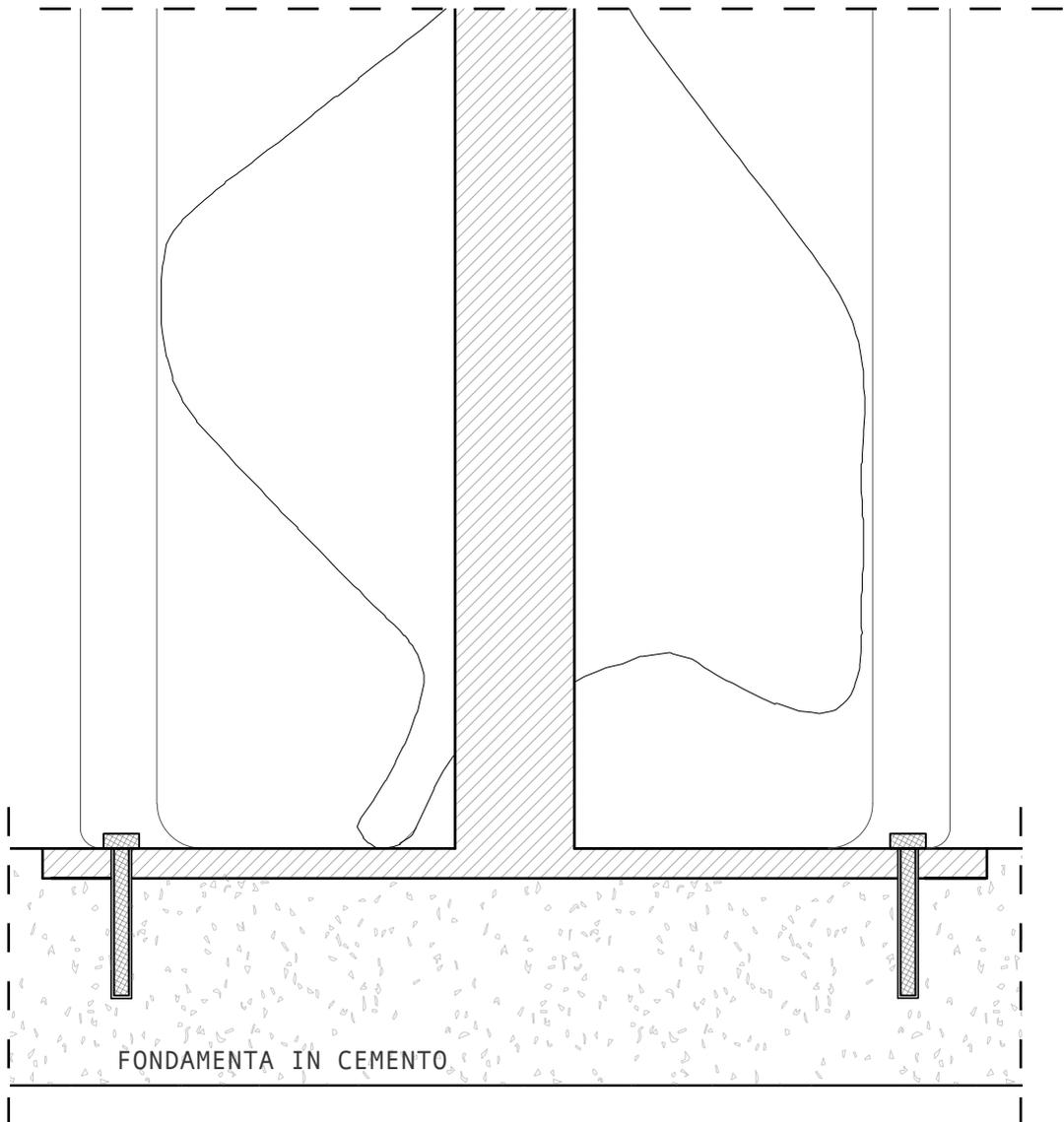
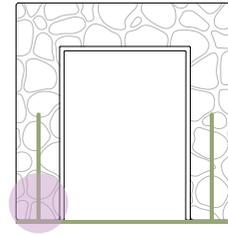
SCALA 1:20



VITE, BULLONE,
INSERTO FILETTATO

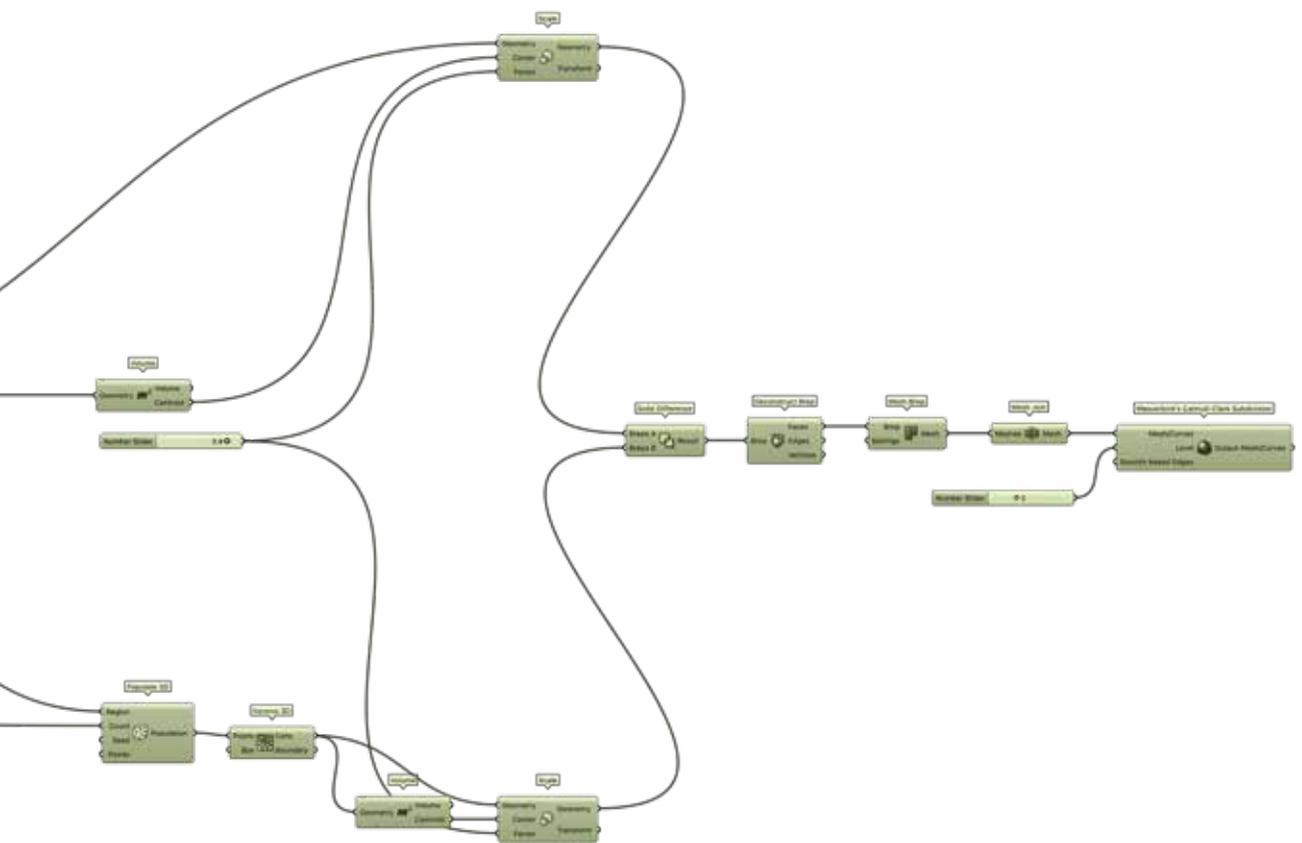


STRUTTURA
IN METALLO





ESPLOSO



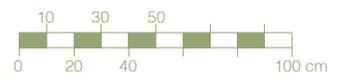
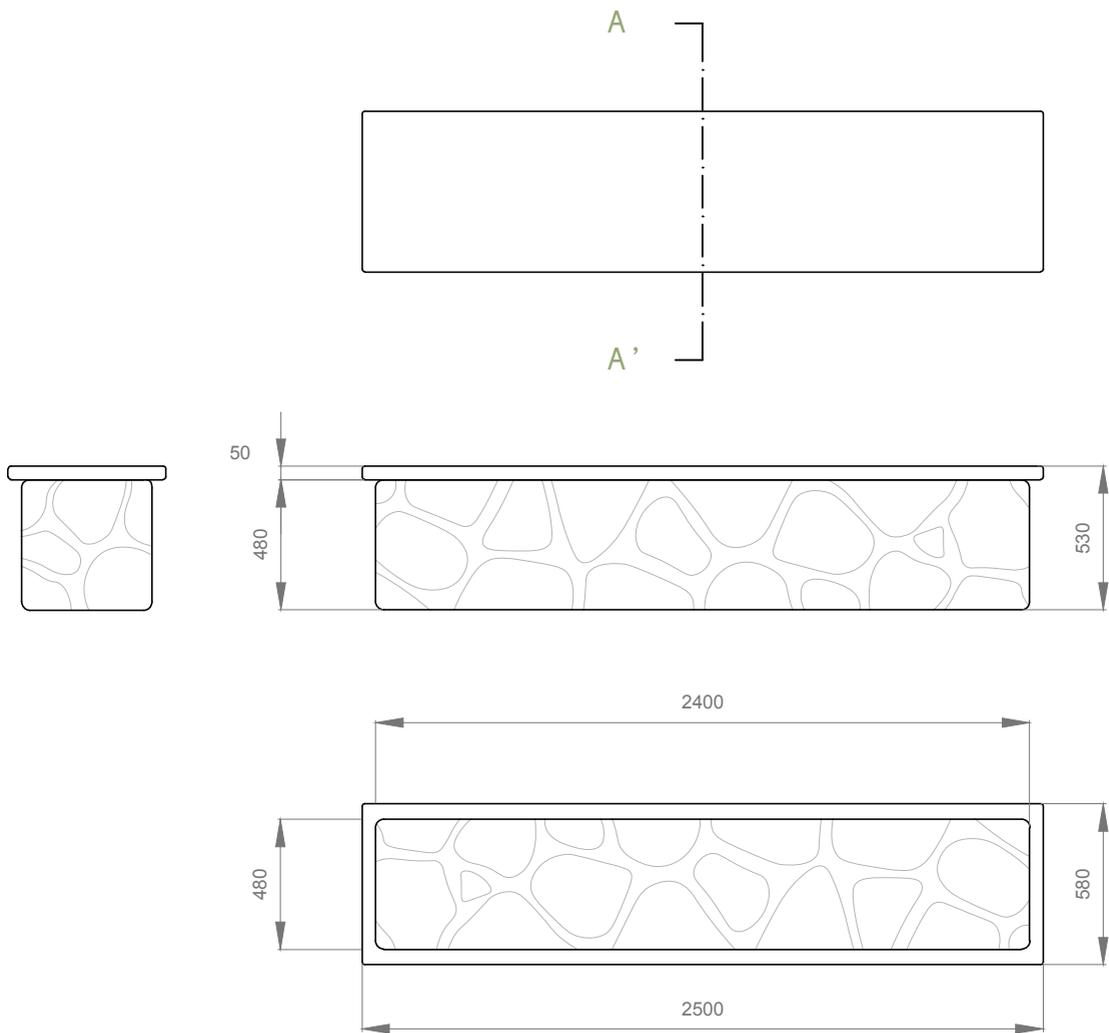
ELEMENTO 3

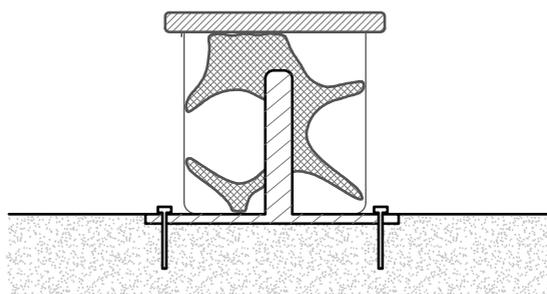
PAN

CHI

NA







 PIETRA
SERENA

 INERTIAL
STAMPATO IN 3D

 STRUTTURA
IN METALLO

SEZIONE A-A'

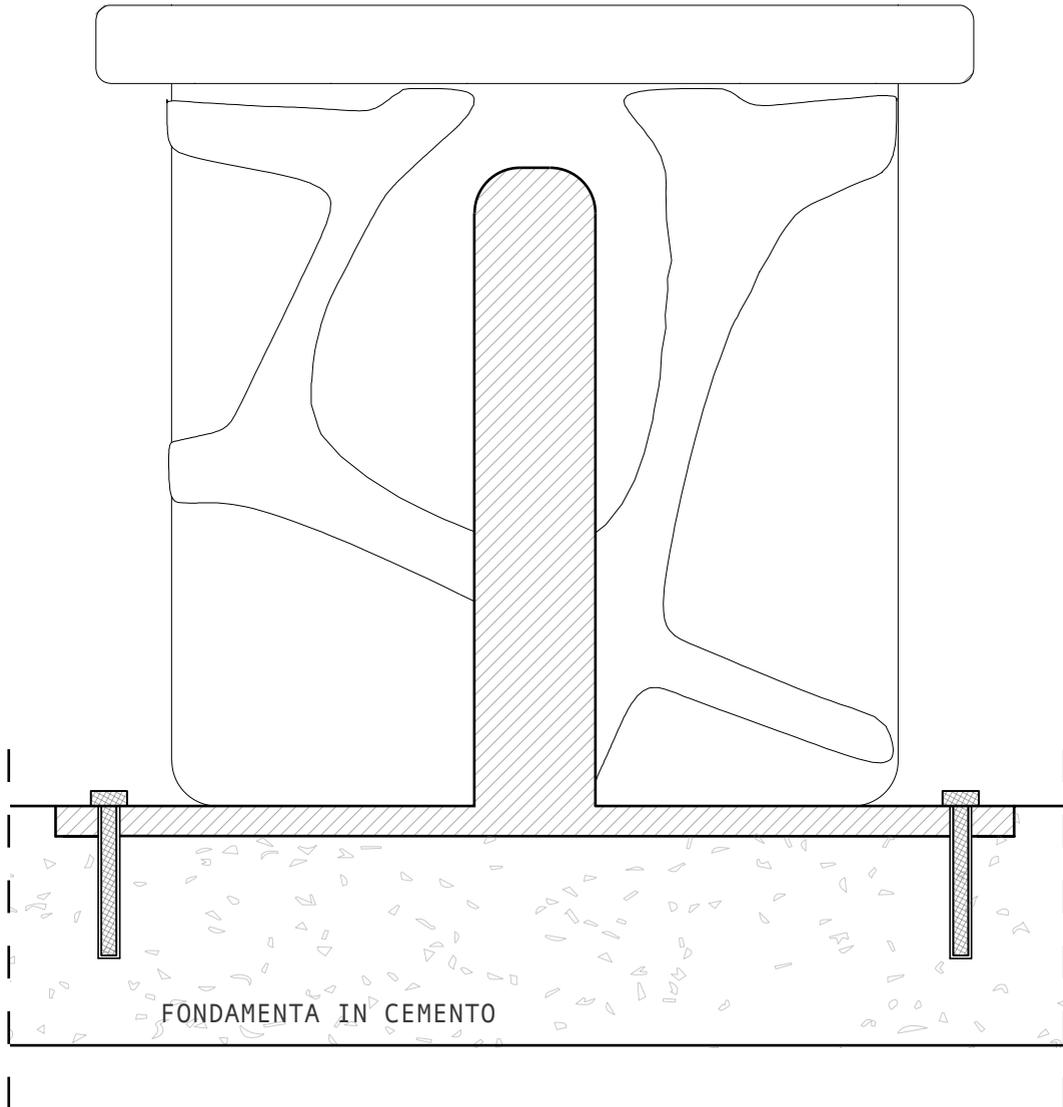
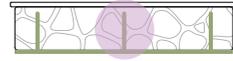
SCALA 1:20



VITE, BULLONE,
INSERTO FILETTATO

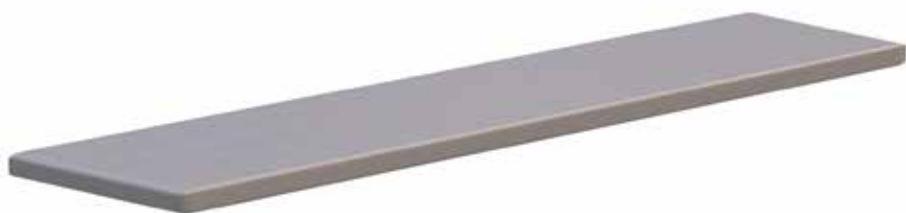


STRUTTURA
IN METALLO

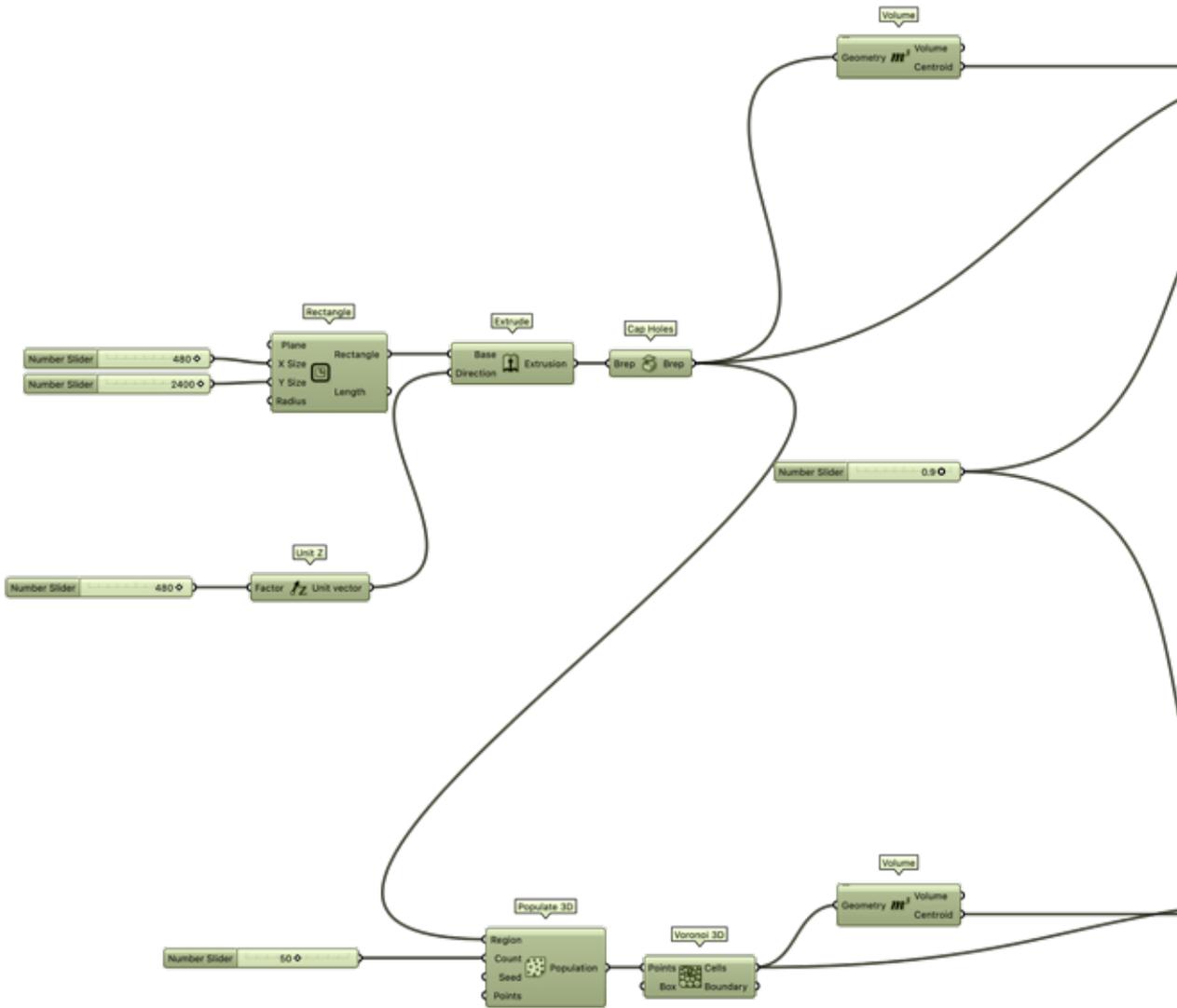


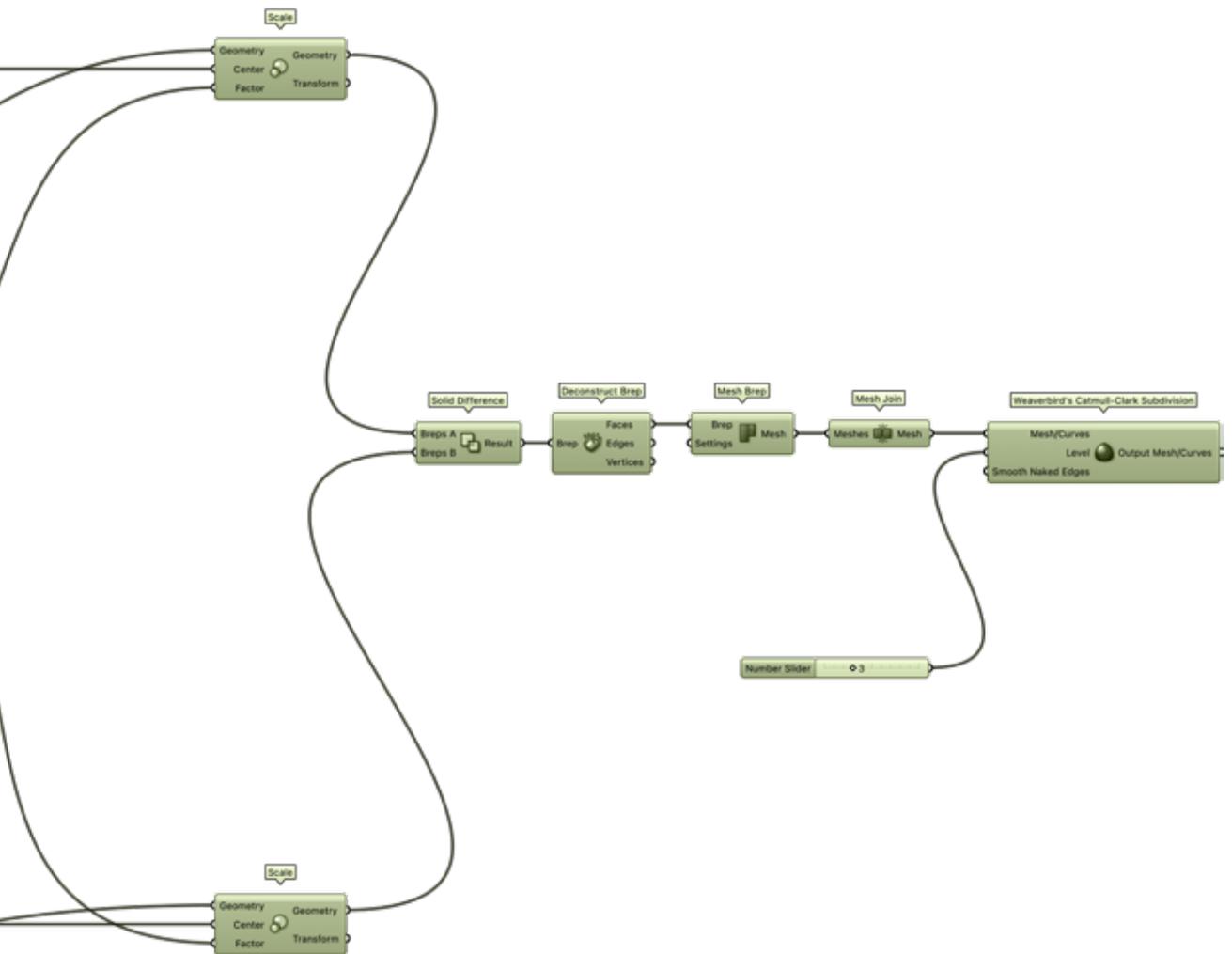
PARTICOLARE ANCORAGGIO A TERRA

SCALA 1:5



ESPLOSO



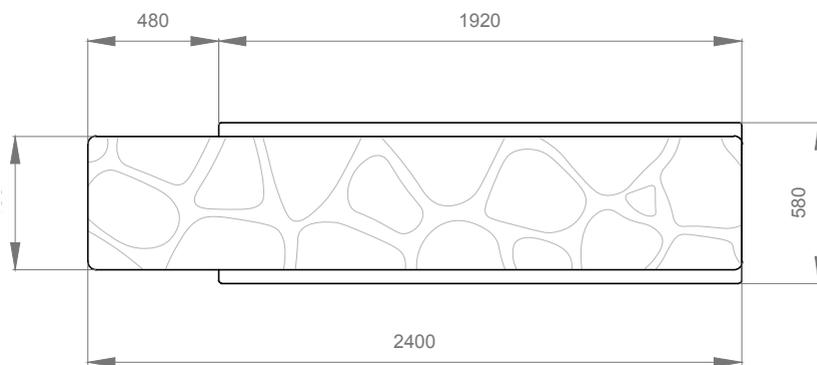
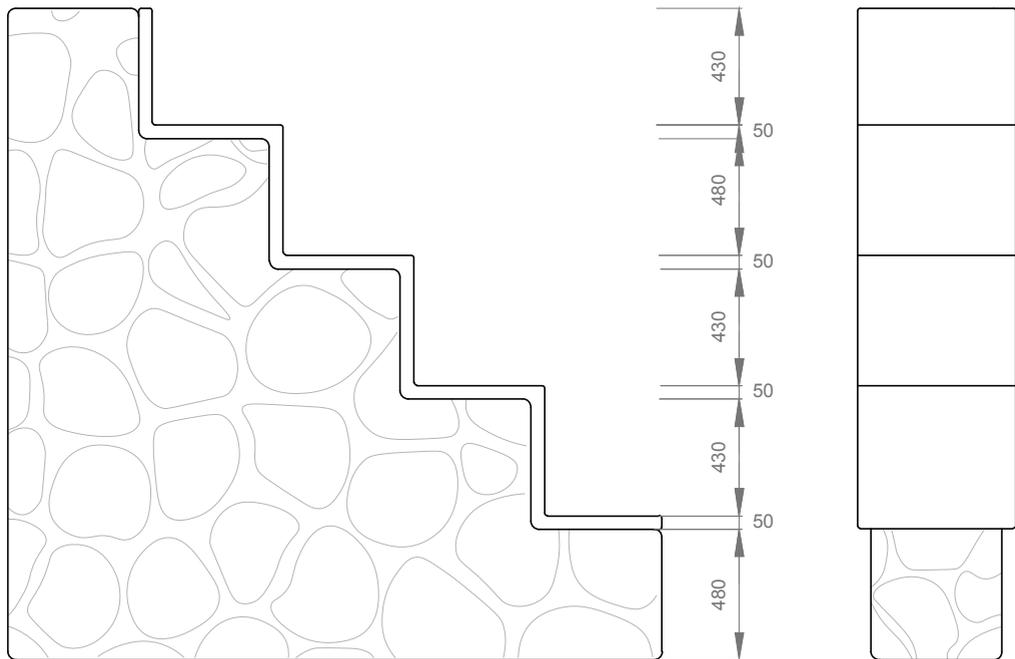
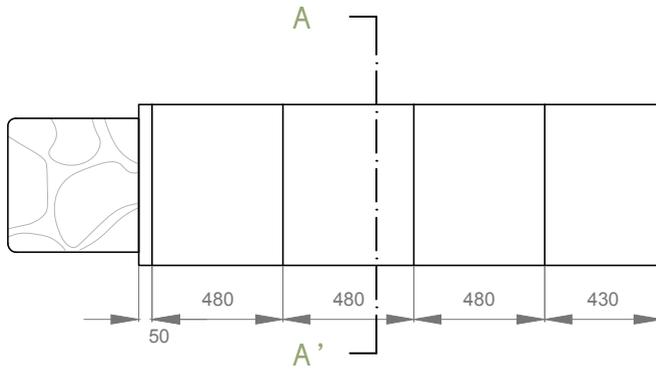


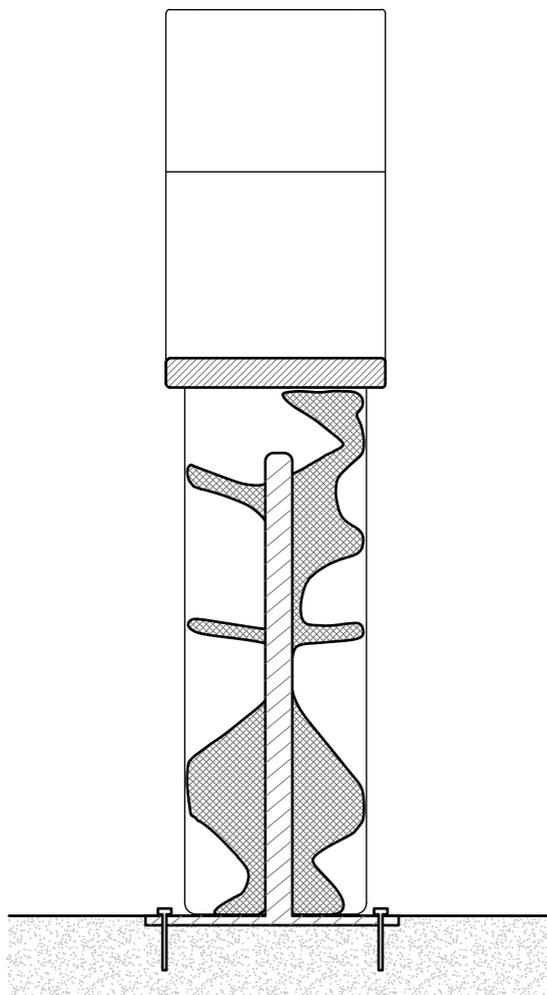
ELEMENTO 4

SCA

LA







 PIETRA
SERENA

 INERTIAL
STAMPATO IN 3D

 STRUTTURA
IN METALLO

SEZIONE A-A'

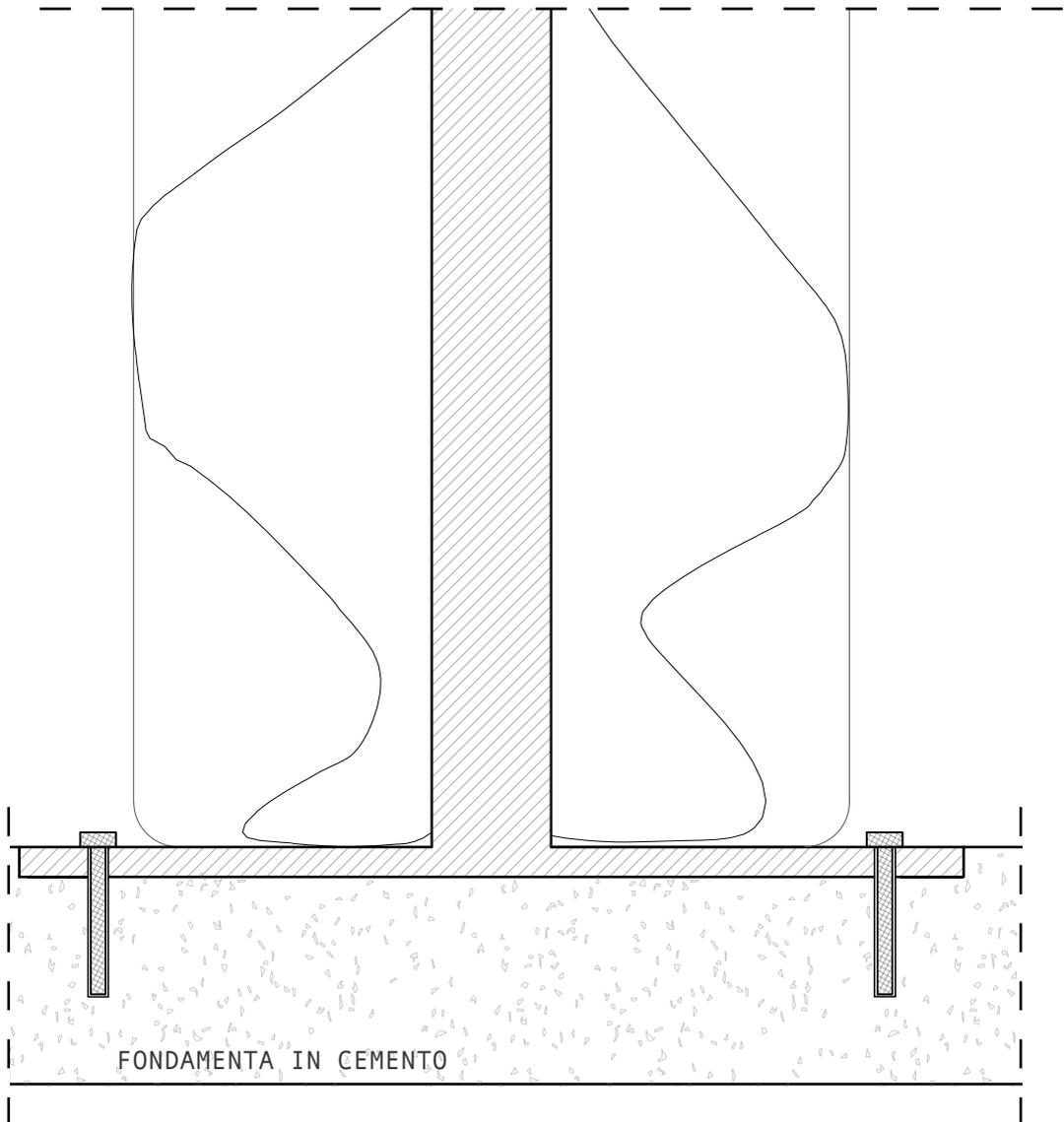
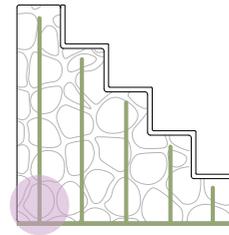
SCALA 1:20

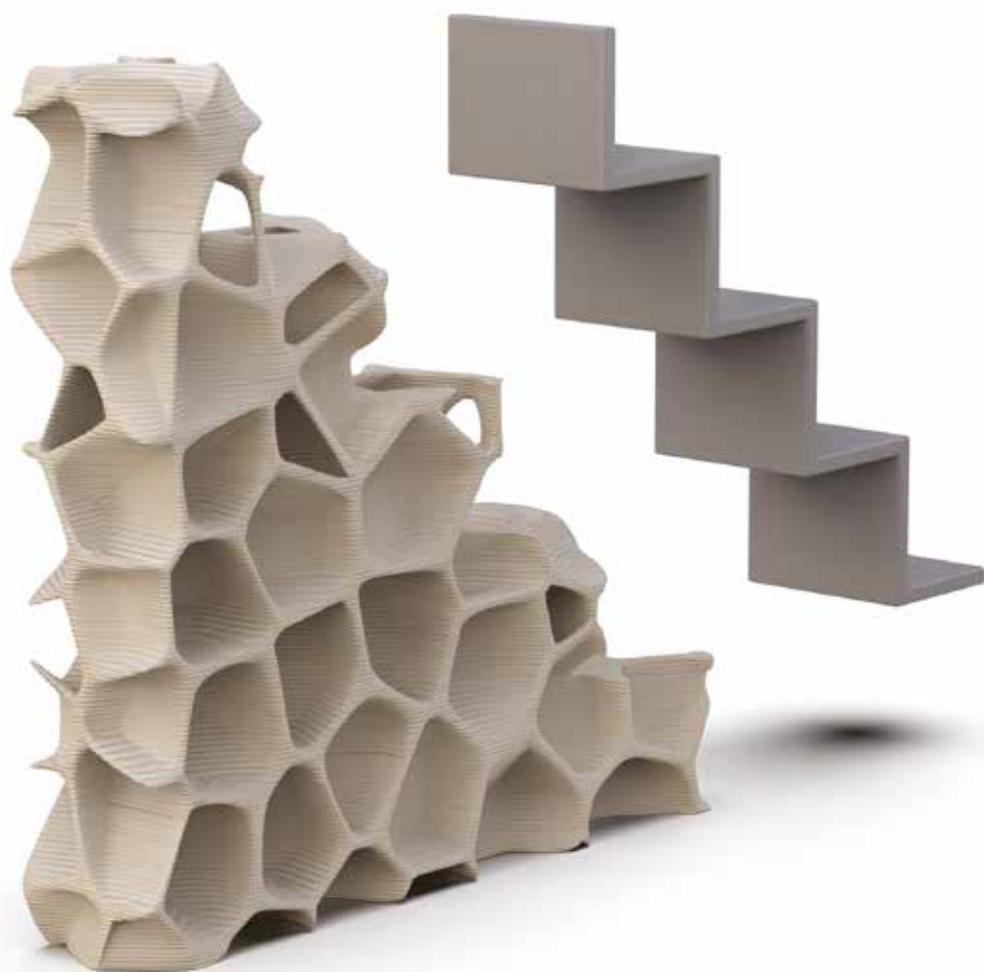


VITE, BULLONE,
INSERTO FILETTATO

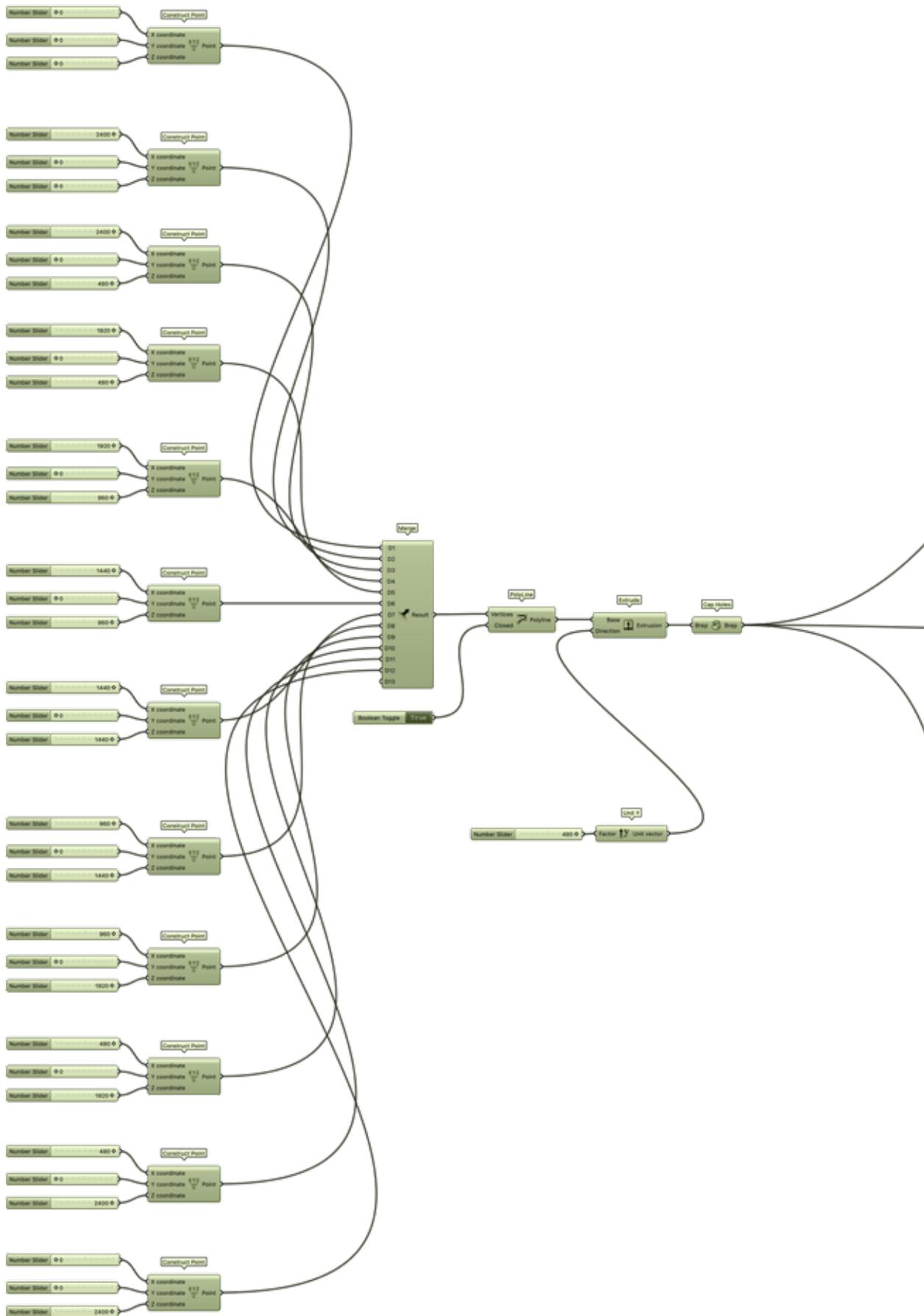


STRUTTURA
IN METALLO





ESPLOSO



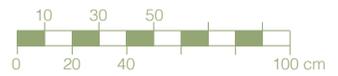
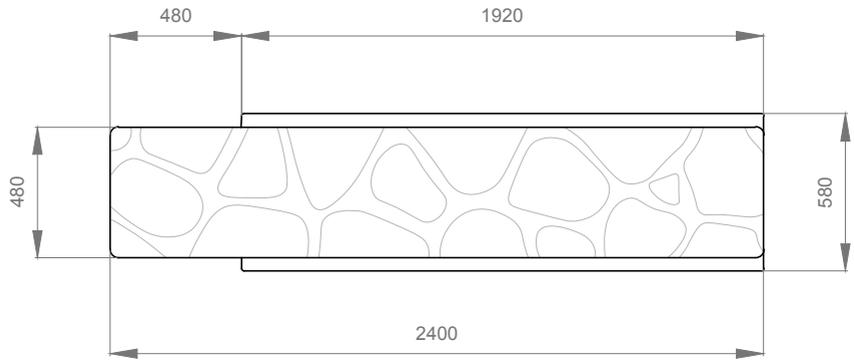
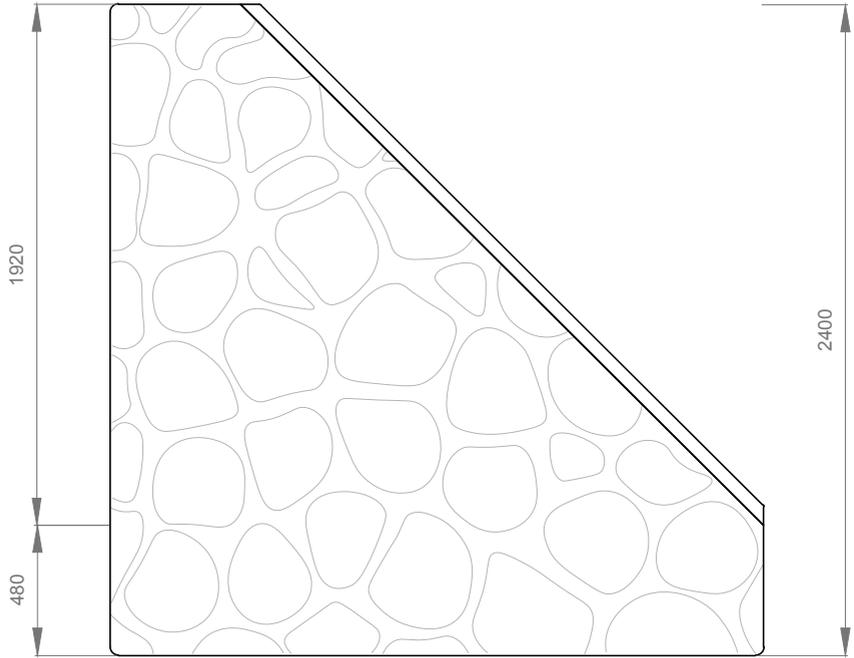
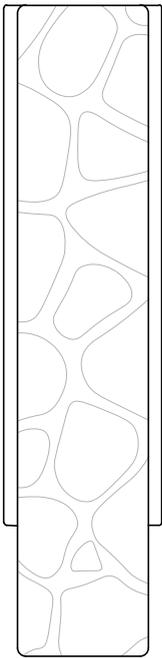
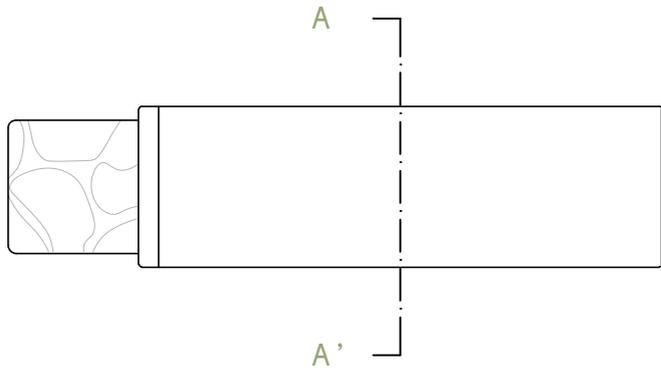
ELEMENTO 5

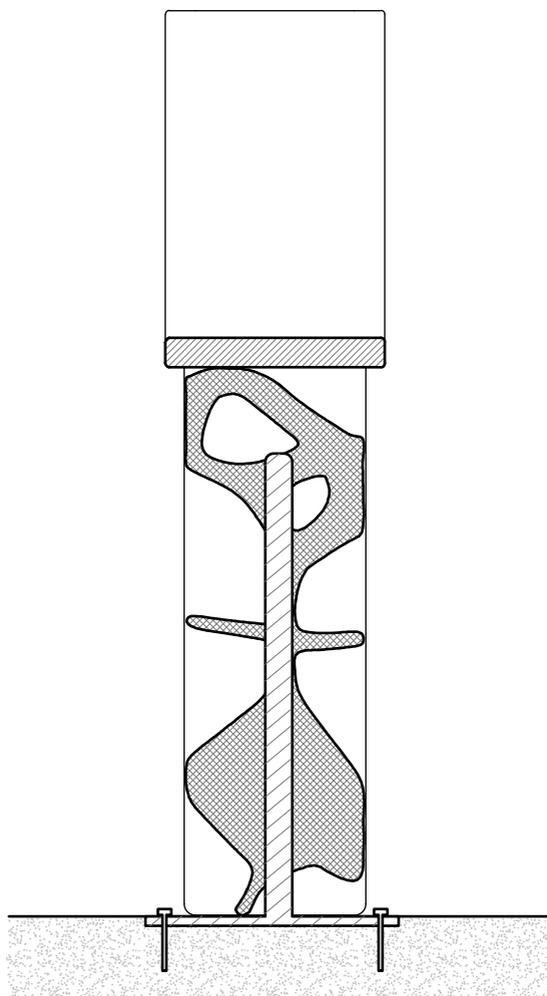
SCI

VO

LO







 PIETRA
SERENA

 INERTIAL
STAMPATO IN 3D

 STRUTTURA
IN METALLO

SEZIONE A-A'

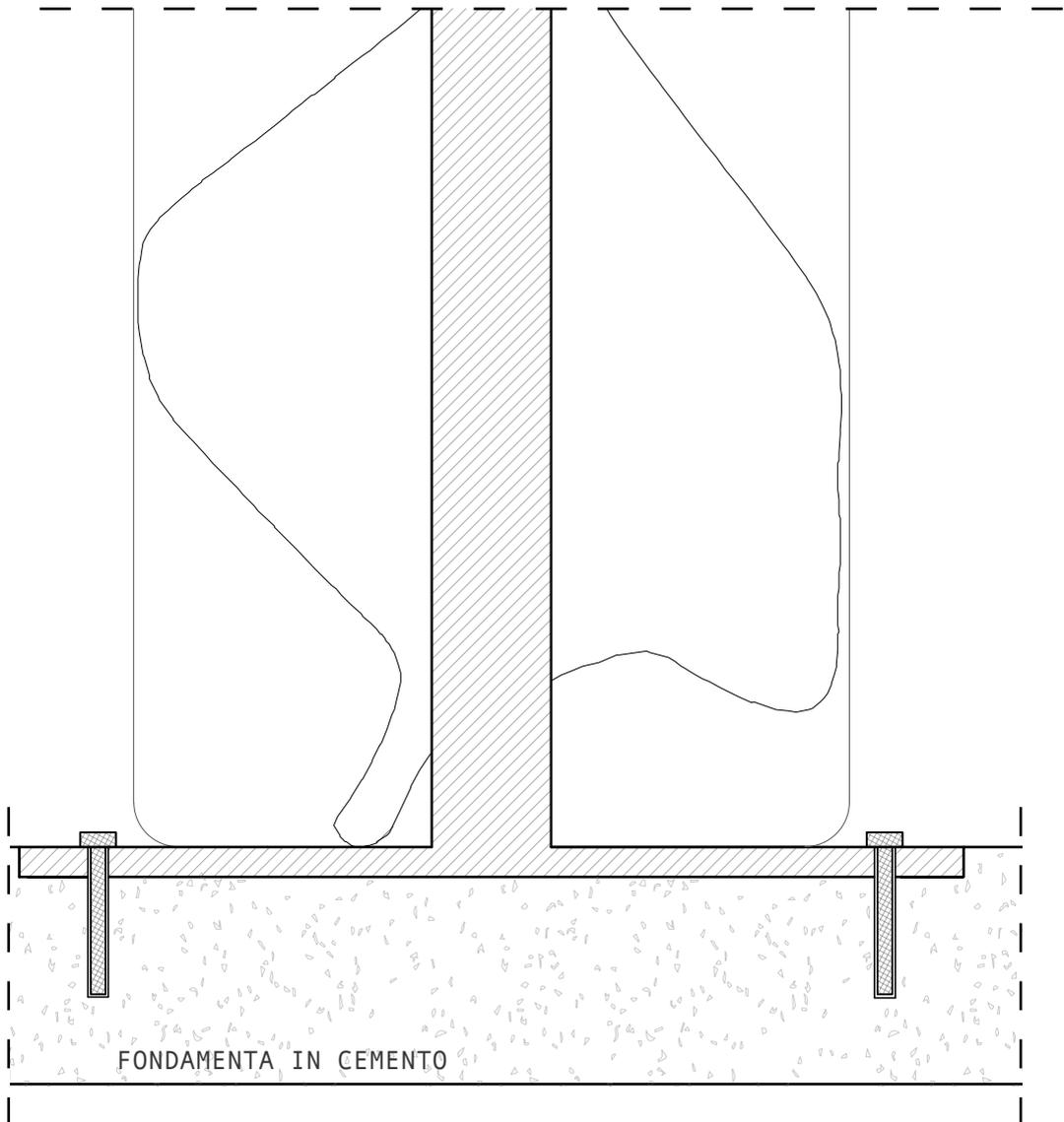
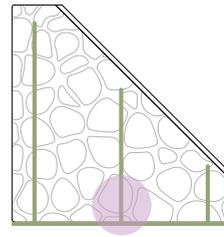
SCALA 1:20



VITE, BULLONE,
INSERTO FILETTATO

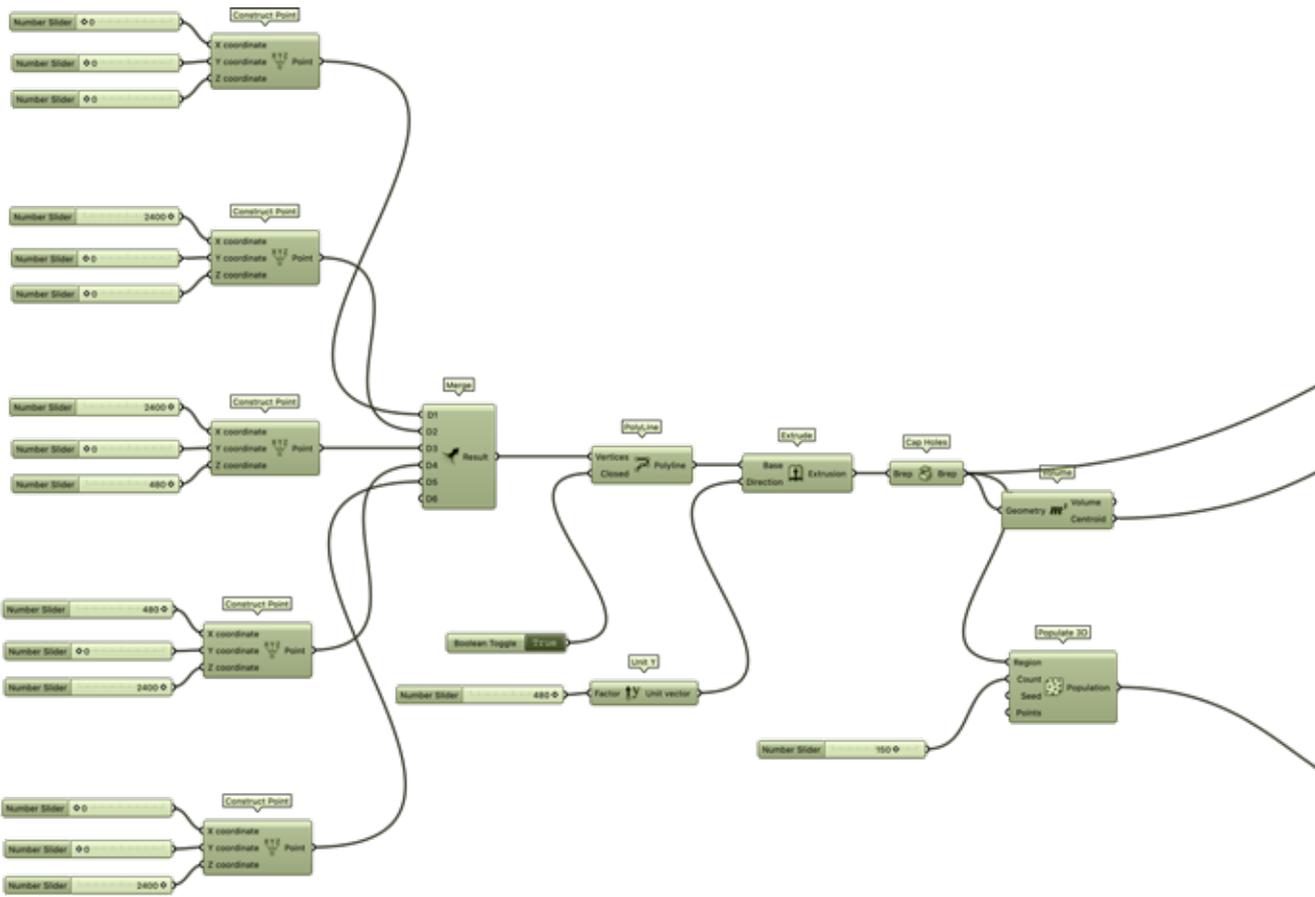


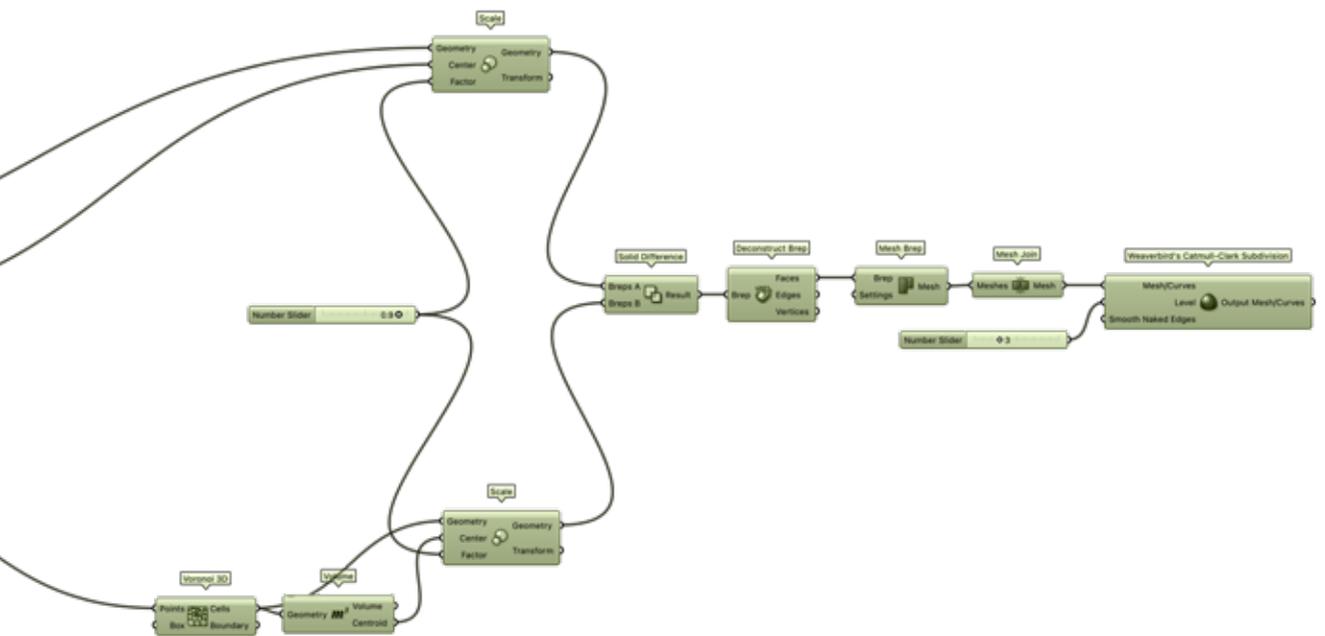
STRUTTURA
IN METALLO





ESPLOSO





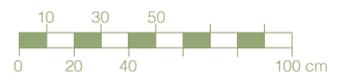
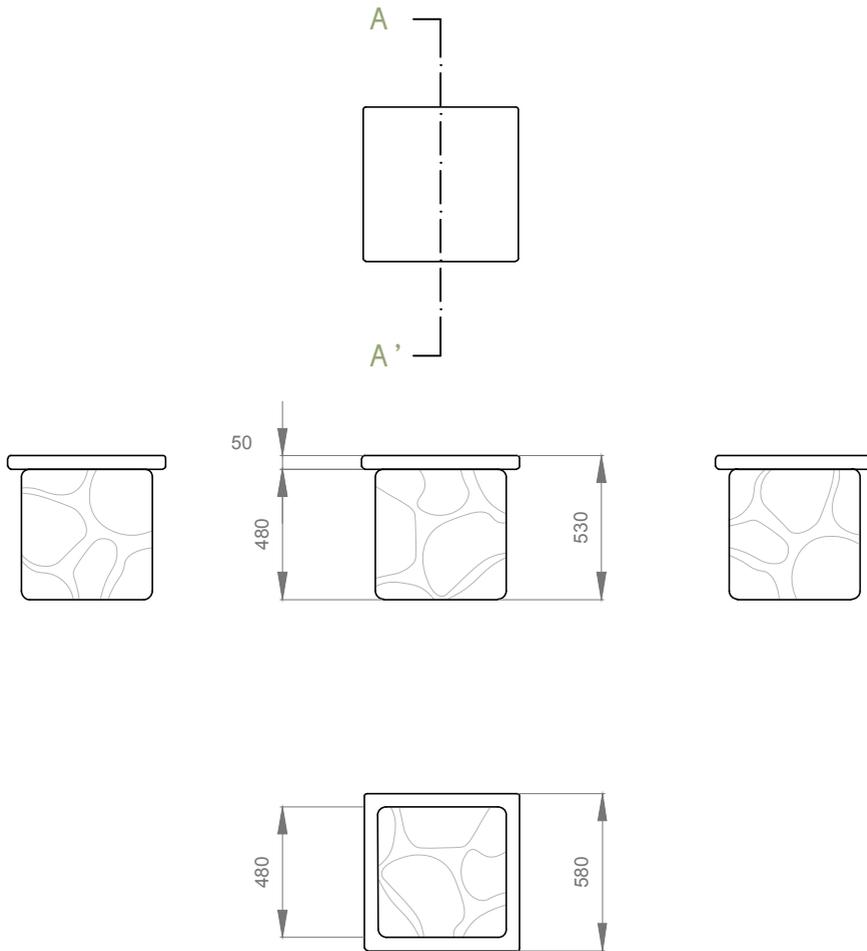
ELEMENTO 6

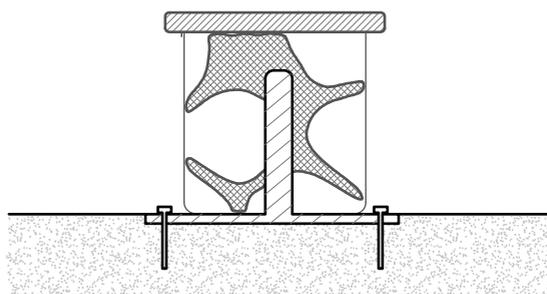
SE

DU

TA







 PIETRA
SERENA

 INERTIAL
STAMPATO IN 3D

 STRUTTURA
IN METALLO

SEZIONE A-A'

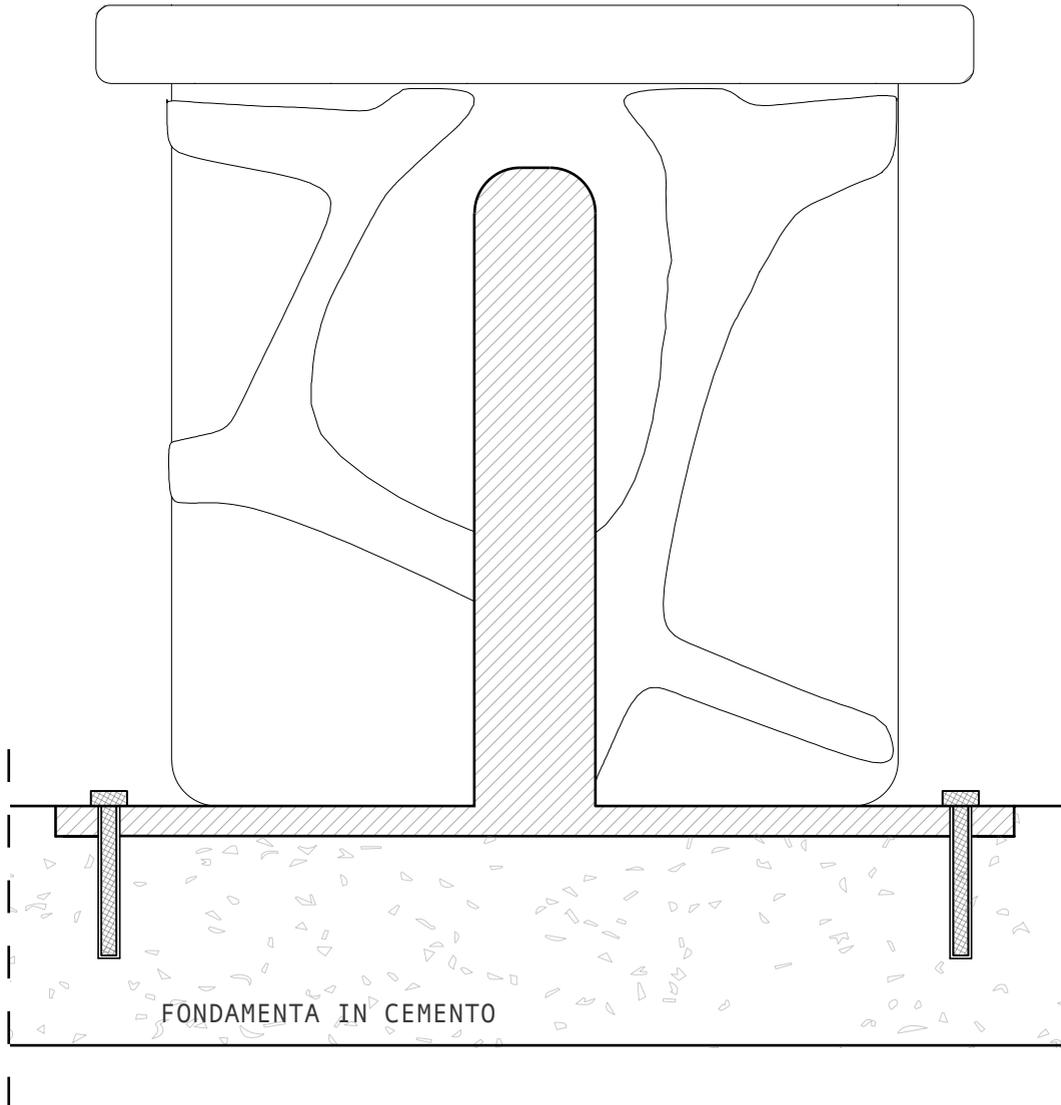
SCALA 1:20



VITE, BULLONE,
INSERTO FILETTATO

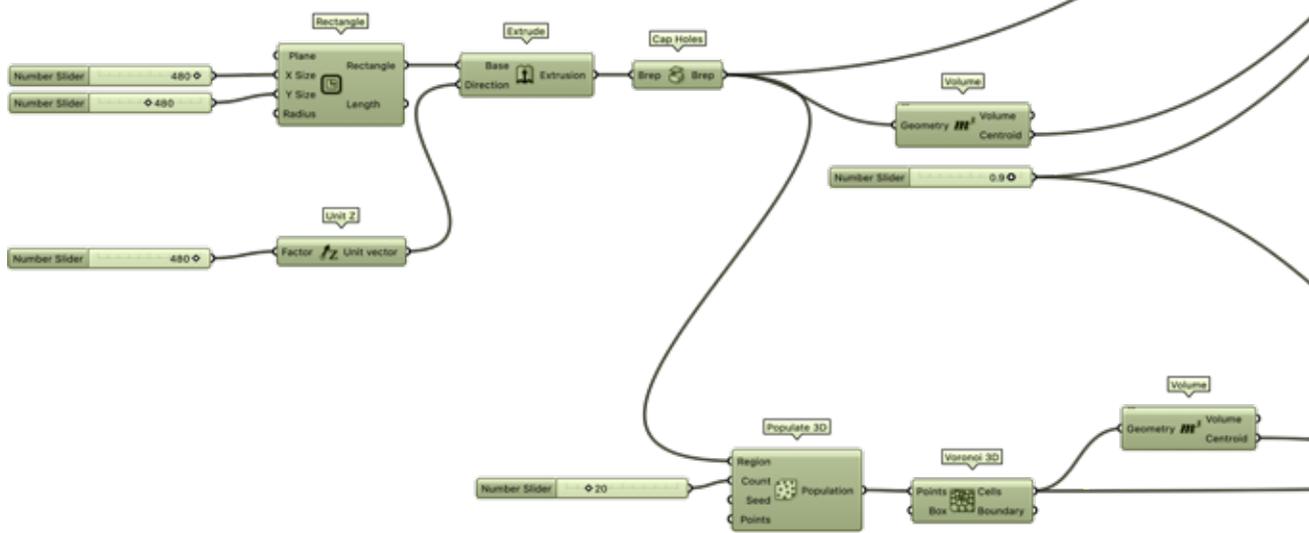


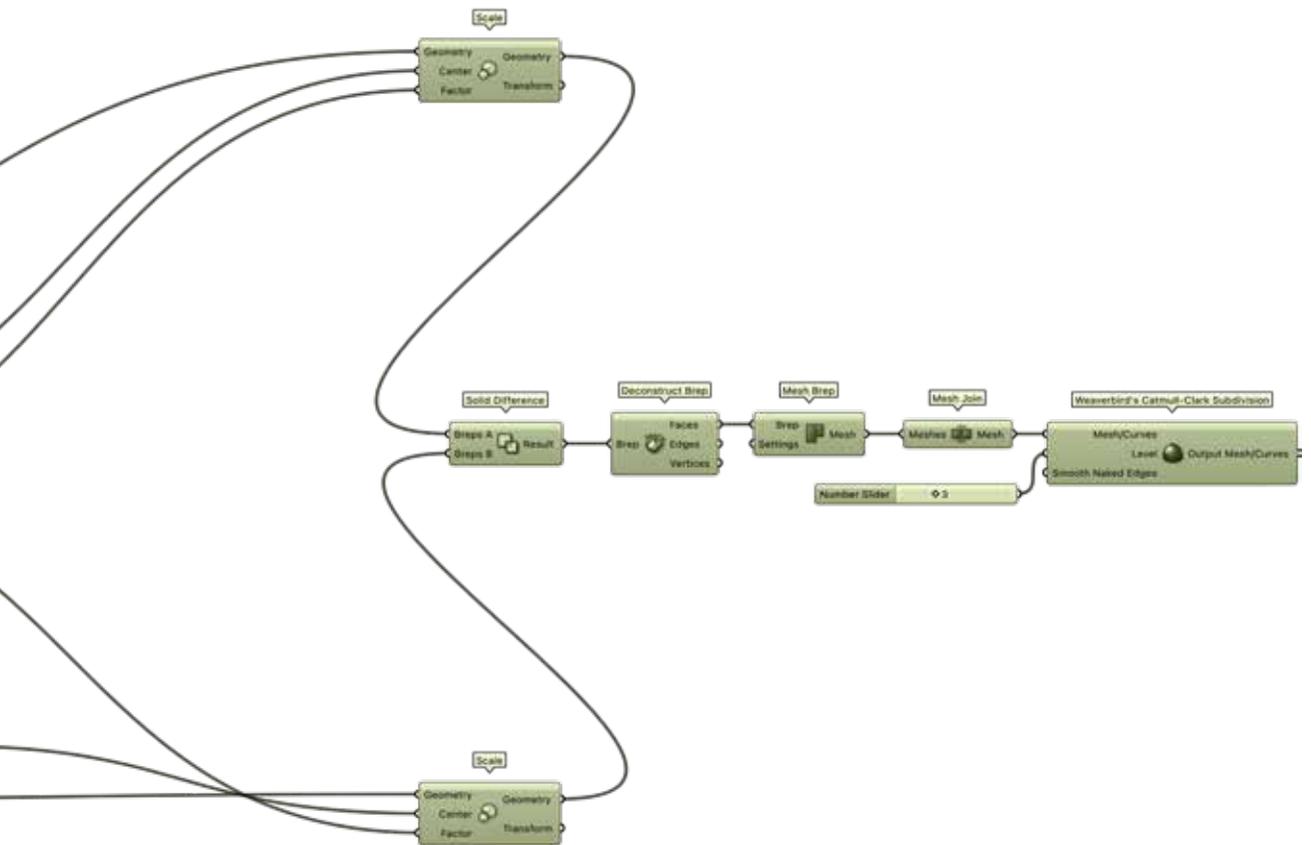
STRUTTURA
IN METALLO





ESPLOSO

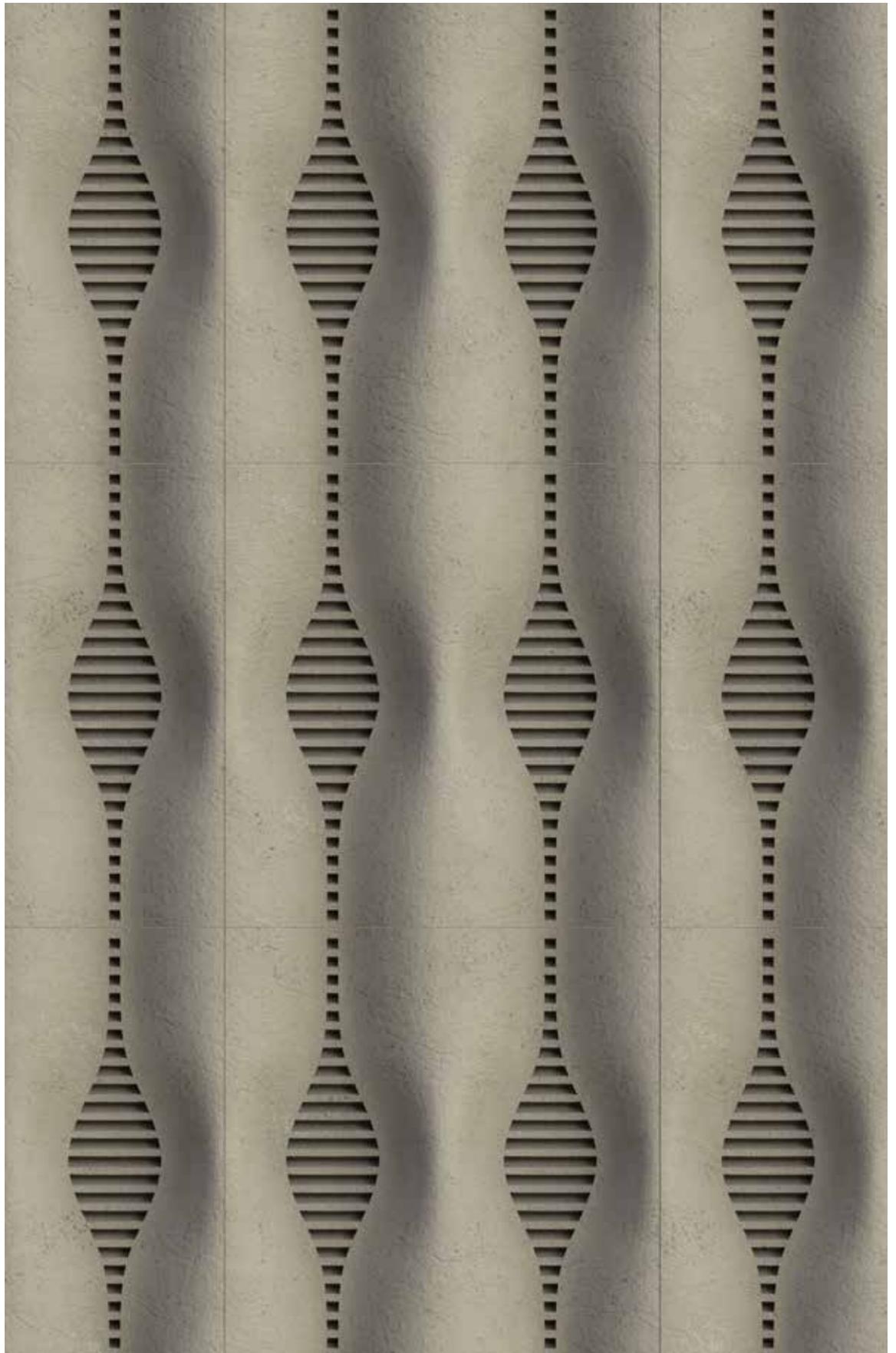


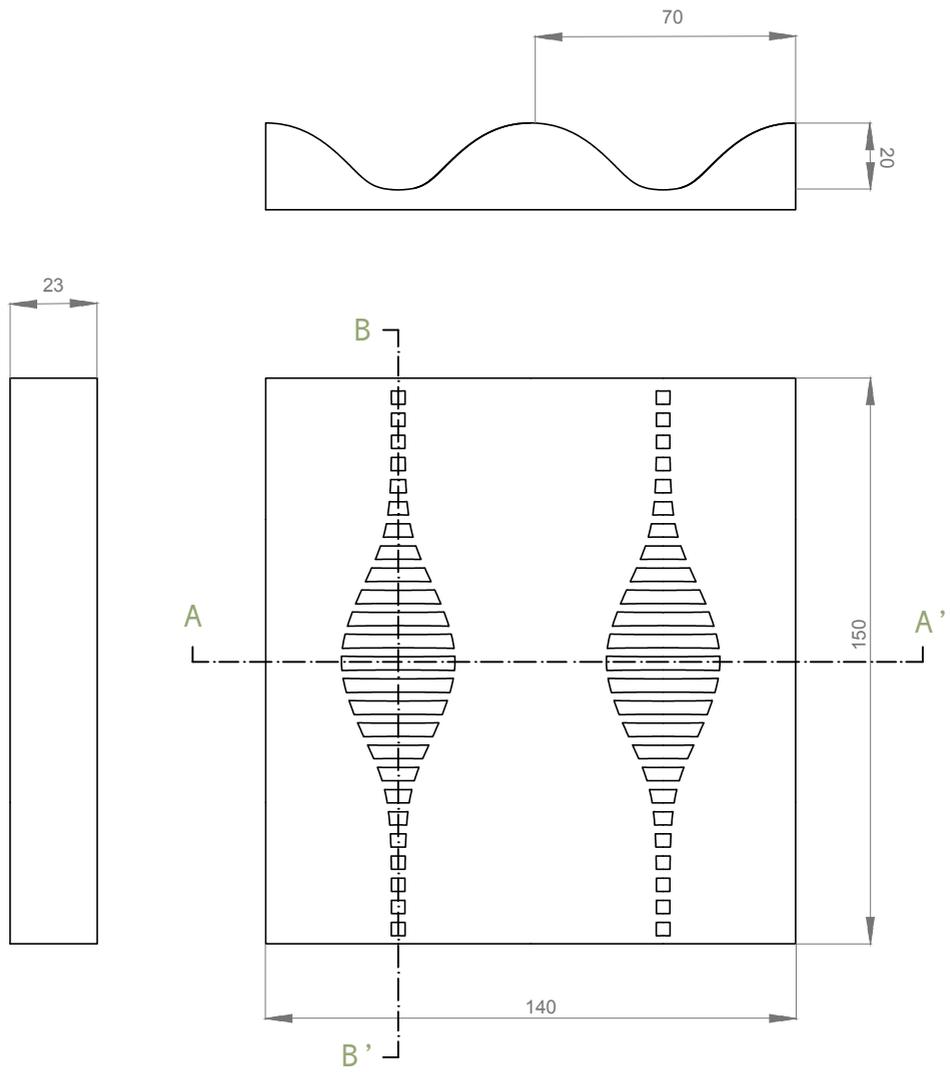


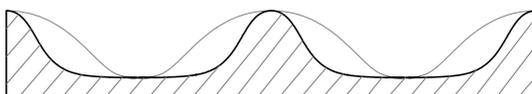
PIAS

TREL

LA

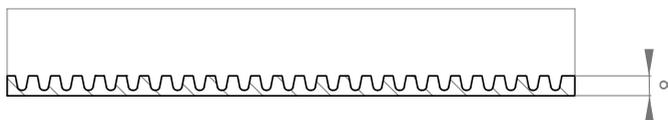






SEZIONE A-A'

SCALA 1:2



SEZIONE B-B'

SCALA 1:2

Materiali 1 INERTIAL STAMPATO IN 3D

CARATTERISTICHE

Inertial è un biobased material ottenuto partendo da scarti provenienti dalla filiera lapidea che da rifiuto diventano nuova risorsa, utilizzando processi in cui i microrganismi fotosintetici sono in grado di generare polimeri collanti in grado di trasformare, attraverso i processi di biomineralizzazione, il materiale lapideo di scarto in un nuovo materiale adatto alla produzione industriale e alla stampa 3D. Le caratteristiche meccaniche del materiale sono in continuo sviluppo visto che il *progetto di ricerca INERTIAL* è in corso, ma già i primi dati ottenuti da test meccanici fatti su dei campioni saranno presto disponibili.



Materiale 2

VETRO STAMPATO IN 3D

CARATTERISTICHE

Antico ma moderno, racchiudente ma invisibile, il vetro è stato creato per la prima volta in Mesopotamia e nell'antico Egitto 4.500 anni fa. Le ricette precise per la sua produzione, la chimica e le tecniche spesso rimangono segreti strettamente custoditi. Il vetro può essere modellato, formato, soffiato, placcato o sinterizzato; le sue qualità formali sono strettamente legate alle tecniche utilizzate per la sua formazione. Nel 2015 il MIT ha realizzato e brevettato il primo sistema di estrusione 3D di vetro fuso per la produzione di componenti otticamente trasparenti, realizzando la collezione di vasi Glass I, e successivamente Glass II, perfezionando la tecnica e realizzando delle colonne stampate in 3D.



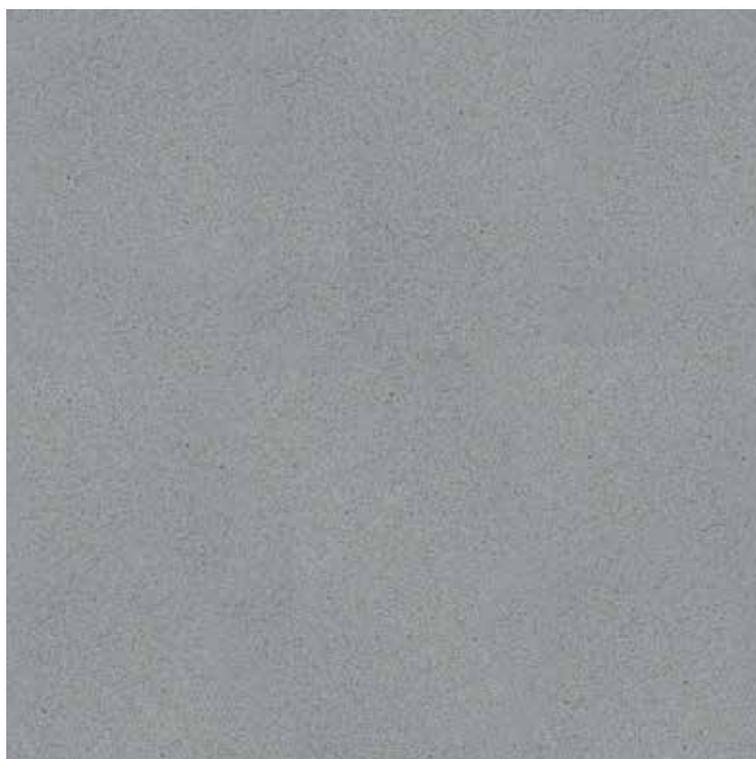
Materiale 3

PIETRA SERENA**CARATTERISTICHE**

La pietra serena è un materiale antico, ricco di storia ed esteticamente affascinante. La pietra serena è una particolare varietà di roccia arenaria, la sua origine è sedimentaria, perché si forma per deposizione e successiva cementazione di sabbie di vario tipo, anticamente facenti parte di un deserto, del letto del fiume o dei fondali di un lago o del mare di colore grigio.

Dal punto di vista estetico e materico la pietra serena si riconosce soprattutto per la grana, le venature e il colore, a seconda della cava di provenienza la grana si presenta da medio-fine a grossolana; la tessitura è omogenea e si caratterizza per le minute pagliuzze dorate dovute a piccole scaglie di Mica. Il colore è intenso, variabile dal grigio-azzurro al color ferro in base alla varietà e sono possibili ampie venature più scure.

Non è lucidabile ma può essere ben levigata. Si lavora facilmente e ha una discreta resistenza alla compressione.



“PAROLE CHIAVE”



ARREDI CARBON NEGATIVE

La presenza di vegetazione biocolonizzata sugli elementi bio-recettivi permette, attraverso il processo di fotosintesi, di migliorare la qualità dell'aria, attraverso l'assorbimento di molecole di CO₂ e il rilascio di quelle di O₂



ARREDI VIVENTI | MUTANTI

Ossigeno può essere definito un oggetto vivente | mutante perché oltre ad essere biofabbricato grazie all'azione della microalga, le strutture che lo compongono sono in continua evoluzione, proprio perché le piante che lo biocolonizzano mutano continuamente in specie, forma, dimensioni e colori, fornendo un aspetto unico, magnifico e in continua evoluzione



DESIGN COMPUTAZIONALE O ALGORITMICO

La progettazione del sistema “Ossigeno” è avvenuta con l'ausilio del Design Computazionale o Algoritmico, che, come abbiamo visto, è uno strumento adatto alla realizzazione di arredi bio-recettivi che permettono di trattenere più umidità, aggettare delle micro zone d'ombra e favorire condizioni adeguate; perché il problema dei centri urbani è l'effetto “isola di calore”, quindi alte temperature



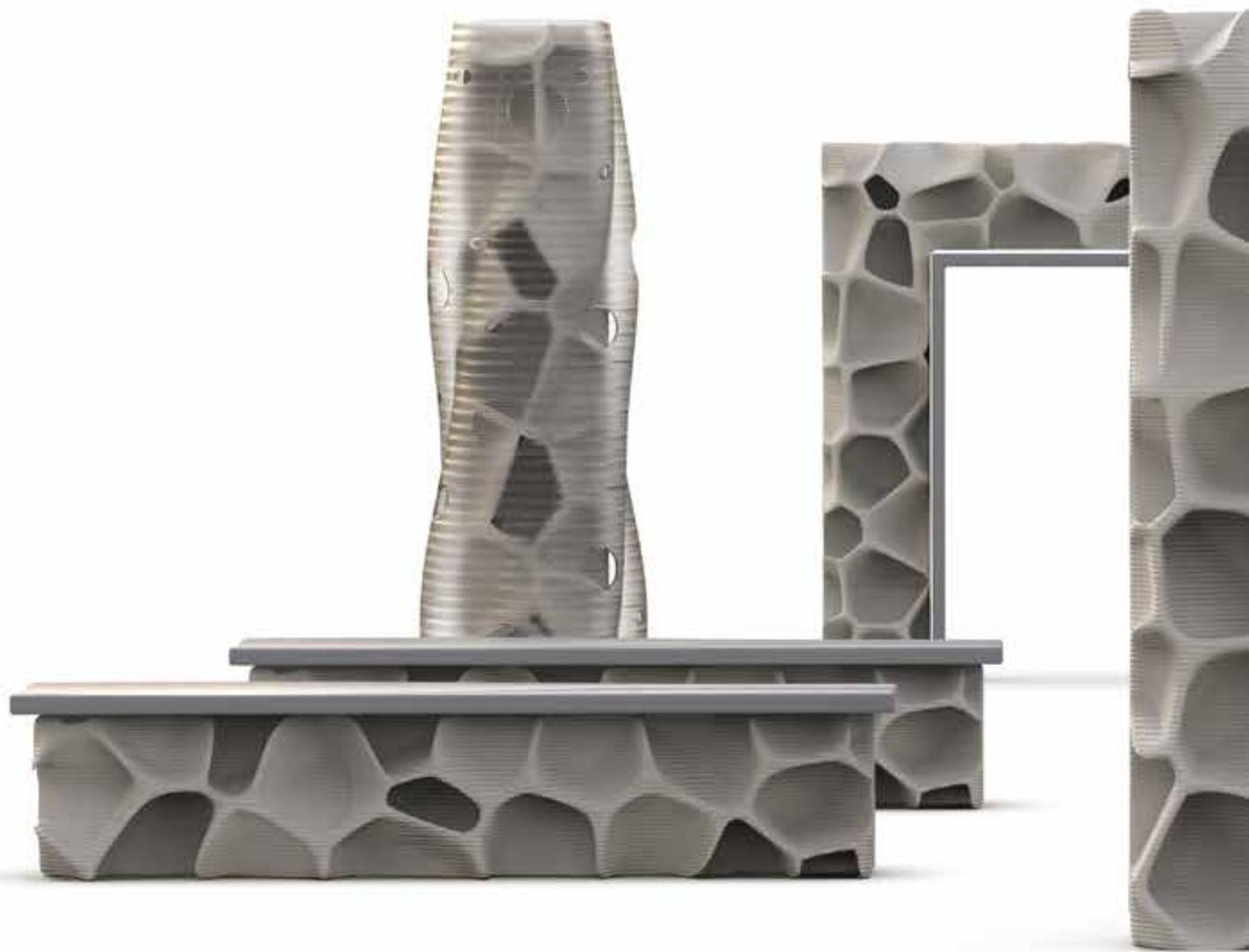
ADDITIVE MANUFACTURING

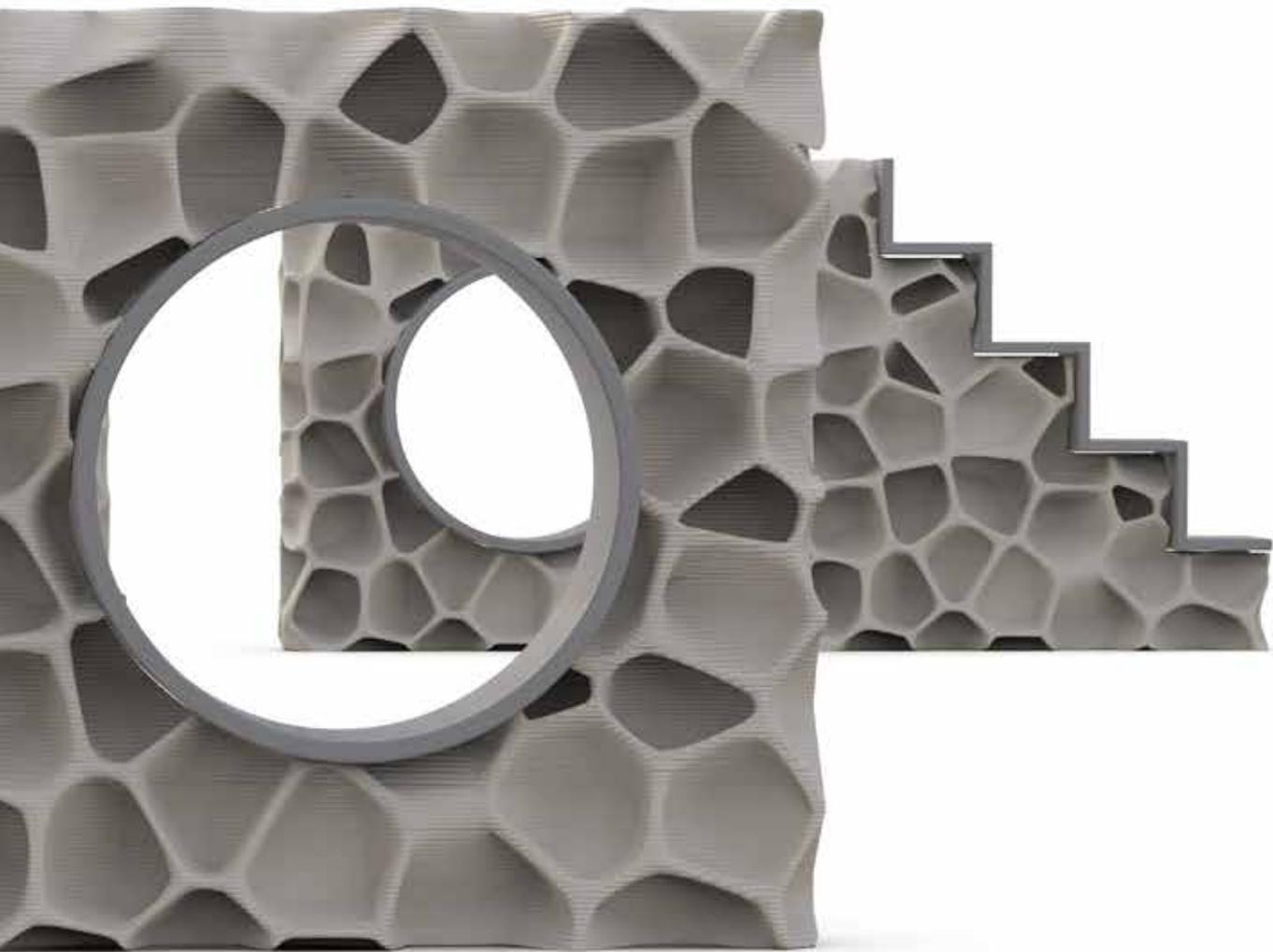
Le strutture Ossigeno sfruttano tutto il potenziale dell'Additive Manufacturing e in particolare sono realizzabili attraverso la stampa 3d di materiale fluido-densi di grandi dimensioni, attraverso un braccio robot a 6 assi



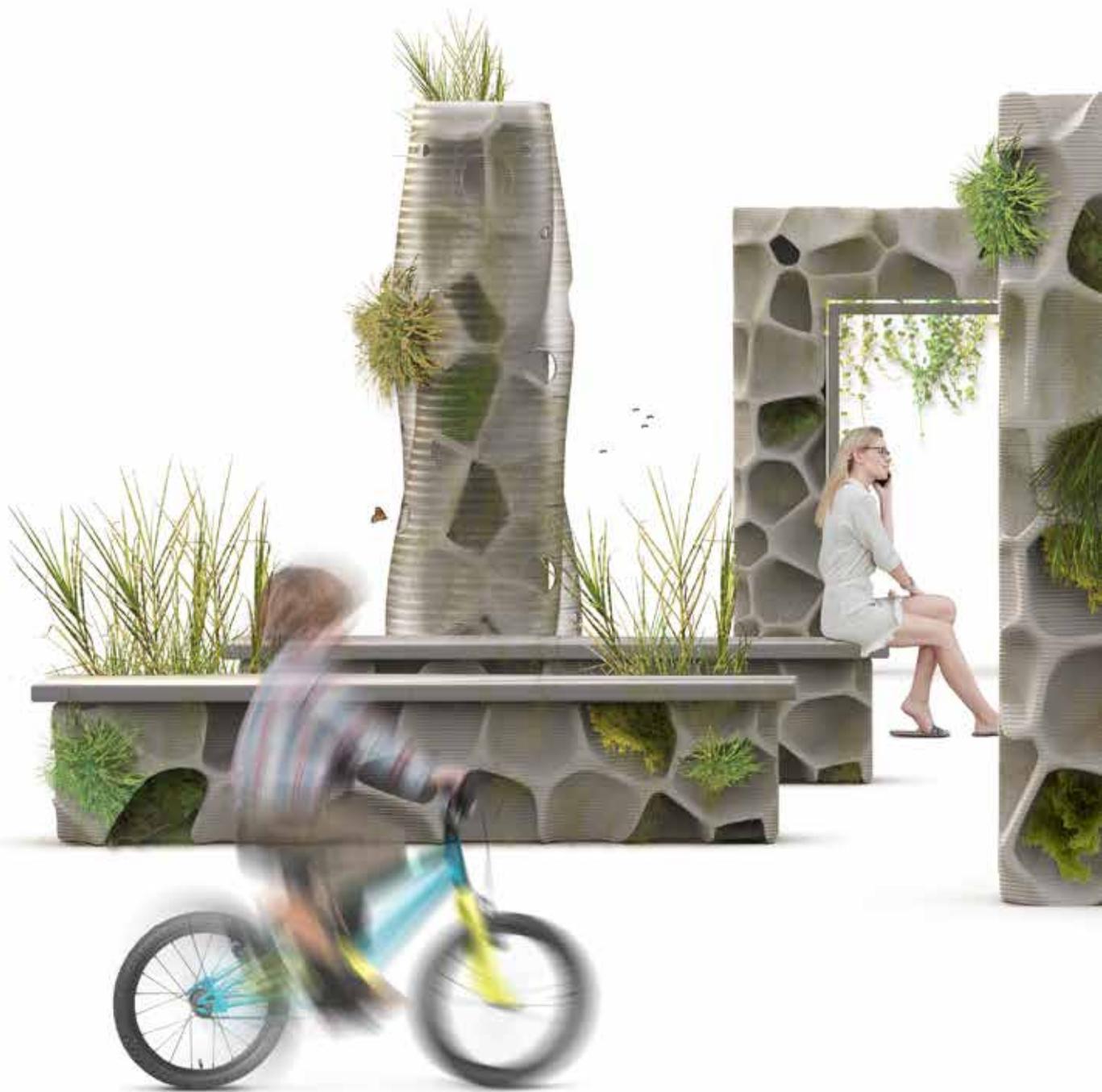


in alto
Esempio di applicazione piastrella biorecettiva





INSTALLAZIONE





1 ANNO DOPO



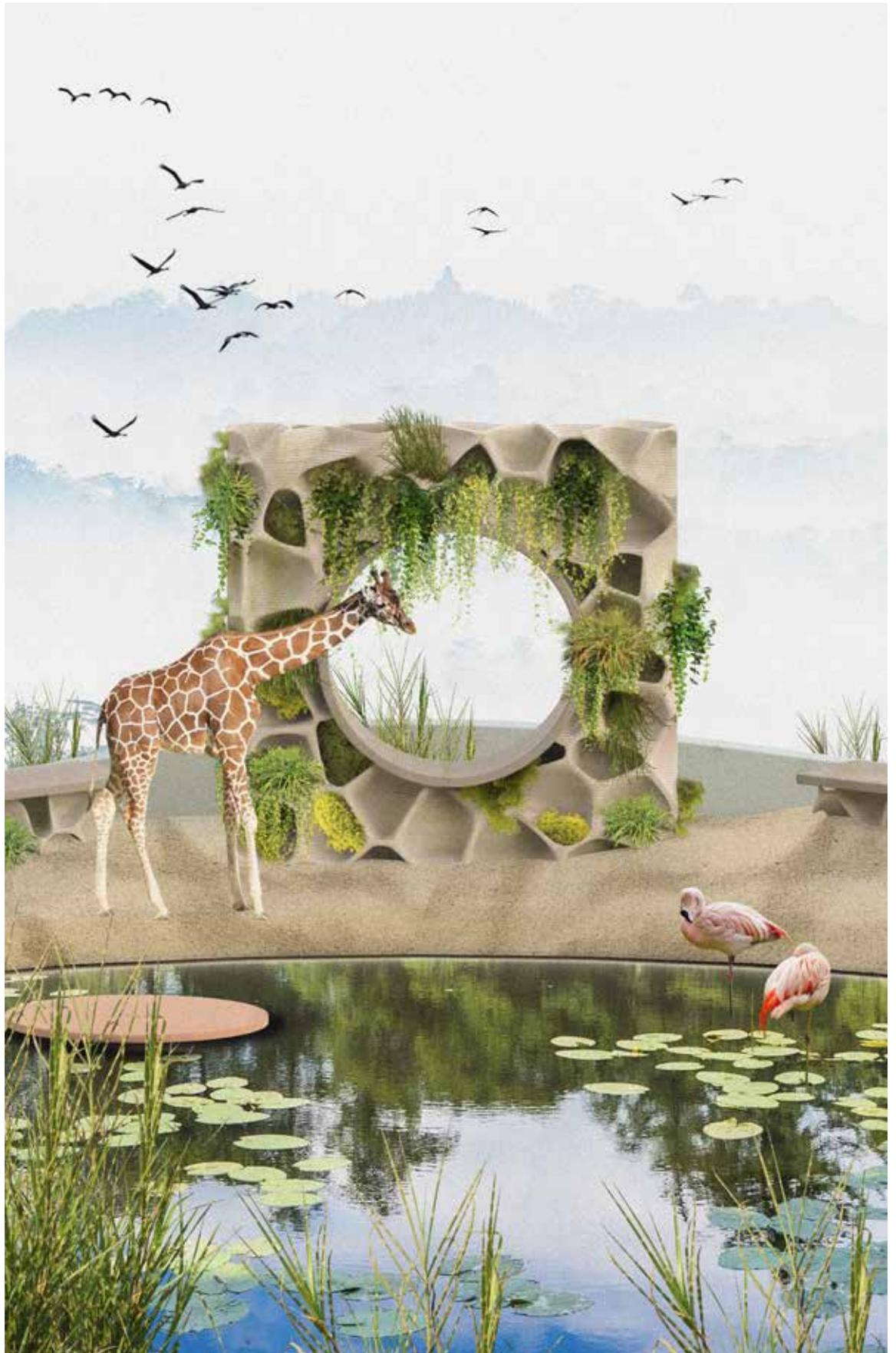






“Le piante rappresentano quasi
tutta la vita sulla Terra.
Se fossero una nazione, sarebbe di
gran lunga la più importante, l’unica
da cui noi tutti dipendiamo:
la Nazione delle Piante”

Stefano Mancuso



“I envisage a future factory as clearly ordered, similar to factories today, but much more alive.

My sketches of the future factory are like fields of cultivation, with both micro and macro entities, fungi, algae, crops... Such factories will not be there for growing food, but for growing semi-finished and finished components”

Maurizio Montalti

Scenario

Il progetto Ossigeno si inserisce proprio all'interno di quegli scenari ipotizzati da Maurizio Montalti, Suzanna Lee e Neri Oxman, cioè in un futuro, ormai prossimo, in cui i prodotti non saranno più solo fabbricati ma saranno coltivati, poiché lavoreremo con gli organismi viventi per aprire un'economia materiale simbiotica.

La nascita di vere e proprie biofabbriche permetterà di realizzare gli elementi del sistema "Ossigeno", saranno luoghi specializzati in cui si passerà in poco tempo dal tubo contenente microalga al prodotto finito che per caratteristiche sarà in breve termine biocolonizzato da vegetazione spontanea e specie come alghe, cianobatteri, muschi e licheni, che permetteranno all'uomo di riallacciare quei legami con la natura che, come abbiamo visto, sono stati ormai recisi.

GRO

NO

ASSEM

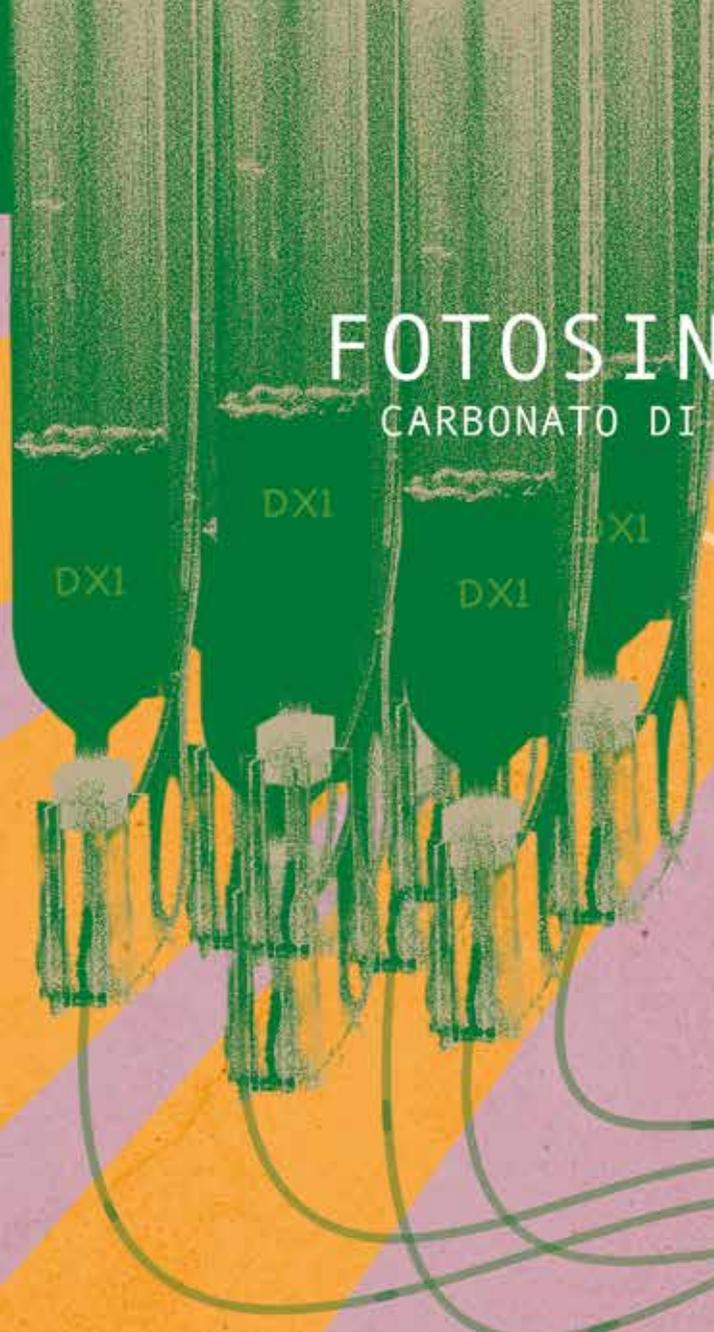
W T H

O T

M B L E D

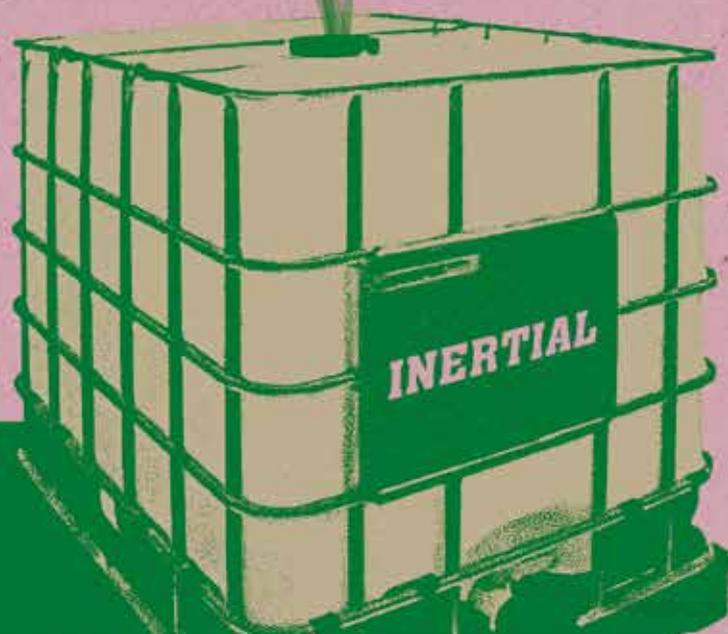
FOTOSINTESI

CARBONATO DI CALCIO



INERTIAL:

LIMO DI MARMO
SABBIA DI MARMO
MICROALGAE
LIQUIDO





STAMPA 3D
FLUIDODENSI

DESIGN
COMPUTAZIONALE



BIORECEPTIVE

MUSCHI
LICHENI
INSETTI
VOLATILI

Conclusioni

Questa Tesi, che si inserisce all'interno del progetto di ricerca INERTIAL, ha avuto l'obiettivo di esplorare le possibilità dei materiali biobased, attraverso un approccio interdisciplinare; in collaborazione con la biologia si è posta come macro-obiettivo quello di ristabilire la visione della posizione dell'essere umano nell'universo e recuperare il nostro rapporto con la natura attraverso la collaborazione interspecie e la co-creazione.

In particolare, lo scopo è stato quello di co-progettare la materia tra biologia e design favorendo la connessione disciplinare per dare nuovo valore agli scarti provenienti dalla filiera lapidea che da 'rifiuto' potrebbero diventare una nuova risorsa coinvolgendo processi biotecnologici microbici per dare nuova vita ai materiali di scarto. Nello specifico si è sfruttato il processo in cui un microorganismo fotosintetico, cianobatterio *Chroococcus Minutus Dx1*, è in grado di generare polimeri collanti che trasformano, attraverso il processo di biomineralizzazione, il materiale lapideo di scarto (polveri e pezzi di marmo di "varie" dimensioni) in un nuovo materiale adatto alla produzione industriale e in particolare alla stampa 3D, al fine di realizzare con l'ausilio del design computazionale un sistema di arredi urbani biofabbricati, ovvero dove i processi naturali concorrono alla creazione del materiale, con l'obiettivo di stimolare la crescita spontanea, bioreceptive design, e migliorare la qualità dell'aria.

Durante la ricerca si è esplorato la possibilità di stampa 3d del biobased material Inertial, la capacità biorecettiva del materiale e si è ipotizzato uno scenario in cui con la nascita di biofabbriche, in un futuro ormai prossimo, sarà possibile la stampa 3d di materiali fluidodensi per oggetti di grandi dimensioni, al fine di creare il sistema di arredi urbani biofabbricati, "Ossigeno", per aumentare la biodiversità all'interno delle città e migliorare la qualità dell'aria in cui questi vengono installati. I risultati ottenuti evidenziano che c'è ancora tanta ricerca da fare, si veda il risultato della stampa 3D, nelle prove effettuate non si è stati in grado di ottenere risultati degni di nota, si deve fare prove

Conclusions

This Thesis, which is part of the INERTIAL research project, had the objective of exploring the possibilities of biobased materials, through an interdisciplinary approach; in collaboration with biology, it has set itself the macro-objective of re-establishing the vision of the position of the human being in the universe and recovering our relationship with nature through interspecies collaboration and co-creation.

*In particular, the aim was to co-design the material between biology and design by promoting the disciplinary connection to give new value to waste from the stone supply chain which from 'waste' could become a new resource involving microbial biotechnological processes to give new life to waste materials. Specifically, the process was exploited in which a photosynthetic microorganism, the cyanobacterium *Chroococcus Minutus Dx1*, can generate adhesive polymers which transform, through the biomineralization process, the waste stone material (powders and pieces of marble of "various" dimensions) in a new material suitable for industrial production and in particular for 3D printing, to create, with the aid of computational design, a system of biofabricated street furniture, or where natural processes contribute to the creation of the material, with the aim of stimulate spontaneous growth, bioreceptive design, and improve air quality.*

During the research, the possibility of 3D printing the biobased material Inertial was explored, the bioreceptive capacity of the material and a scenario was hypothesized in which with the birth of biofactories, shortly, it will be possible to 3D print fluid-dense materials for large objects, to create the biofabricated urban furniture system, "Ossigeno", to increase biodiversity within cities and improve the quality of the air in which they are installed.

The results obtained show that there is still a lot of research to be done, to see the impact of 3D printing, in the tests carried out we have not been able to obtain noteworthy results, tests must be carried out to optimize the printing technique, both testing various configurations for the printer but above all you

per ottimizzare la tecnica di stampa, sia testando varie configurazioni per la stampante ma soprattutto si dovrà studiare e capire il tempo di asciugatura e indagare su quale possa essere la consistenza ideale del materiale, al fine di riuscire farlo fuoriuscire in maniera omogenea dall'ugello dell'estrusore LDM, ma allo stesso tempo non dovrà essere troppo "liquido" da crollare su sé stesso non appena tocca il piano. Nei prossimi mesi quindi si dovrà investire molte energie in questa direzione, perché nel momento in cui si riuscirà ad avere dei risultati importanti le possibilità di applicazione possono diventare infinite, chiaramente tutte le prossime prove dovranno essere realizzate anche con la biomassa e non solo con il materiale di controllo. Non sarà facile ma le possibilità di riuscita sono alte, si pensi anche al progetto Urban Reef, mostrato tra i Case History, visitando il loro profilo Instagram, si può vedere le varie fasi delle prove di stampa 3D che mostrano come anche in quel progetto i fallimenti iniziali sono stati molti, ma alla fine proseguendo con la ricerca sono riusciti a creare i primi prototipi stampati fino ad un'altezza di 1,5 m ed ora non hanno nessuna intenzione di fermare la ricerca.

Per quanto riguarda la biorecettività del materiale, i risultati ottenuti sono stati abbastanza soddisfacenti, in quanto nessuno si aspettava che una specie vegetale riuscisse a germogliare all'interno del biobased material Inertial e inoltre si è testato che il suo pH rientra perfettamente tra i valori suggeriti per essere colonizzato da vegetazione spontanea. Chiaramente anche in questa direzione, tanta ricerca è ancora necessaria, si potrebbe indagare su come e se l'organismo vivente, nel caso di questa tesi il cianobatterio *Chroococcus Minutus*, influisce su questa attitudine del materiale ad essere biocolonizzato, si potrebbe fare ulteriori prove di crescita in condizioni climatiche differenti e soprattutto la prima cosa da testare è la crescita di vegetazione sulla piastrina biorecettiva progettata.

Inoltre visto che alcune specie riescono a crescere all'interno di Inertial, nel momento in cui si avranno buoni risultati con la stampa 3D, si può testare anche la possibilità di seminare i semi durante il processo di stampa e quindi creare strutture biocolonizzate sia da vegetazione spontanea sia da specie selezionate; in questo caso il design delle strutture sarà fondamentale in quanto come abbiamo visto le piante per fuoriuscire rompono il materiale, e quindi le zone in cui i semi saranno "stampati" dovranno essere ben disegnate e pensate.

Parlando del progetto "Ossigeno", come abbiamo già detto, prevede la realizzazione dello scenario che ad oggi si può solamente ipotizzare, in cui all'interno di una biofabbrica si combinano tutti gli argomenti trattati in questa tesi, quindi dalla biologia e la crescita di microalghe per la realizzazione del materiale Inertial fino alla stampa 3D di oggetti di grandi dimensioni con un robot a 6 assi.

will have to study and understand the drying time and investigate what the ideal consistency of the material could be, to be able to make it come out homogeneously from the LDM extruder nozzle, but at the same time it must not be too "liquid" to collapse on itself as soon as it touches the surface. In the coming months, therefore, a lot of energy will have to be invested in this direction, because when important results are obtained, the application possibilities can become infinite all the next tests will also have to be carried out with biomass and not only with control material. It will not be easy but the chances of success are high, think also of the Urban Reef project, shown among the Case Histories, by visiting their Instagram profile, you can see the various phases of the 3D printing tests which show how even in that project there were many initial failures, but in the end, continuing with the research, they managed to create the prototypes printed up to a height of 1.5 m and now they have no intention of stopping the research.

*As far as the bioreceptivity of the material is concerned, the results obtained were quite satisfactory, as no one expected a plant species to be able to germinate inside the Inertial biobased material and it was tested that its pH falls perfectly within the suggested values to be colonized by spontaneous vegetation. Also in this direction, a lot of research is still needed, we could investigate how and if the living organism, in the case of this thesis the cyanobacterium *Chroococcus Minutus*, influences this aptitude of the material to be biocolonized, and we could do further tests of growth in different climatic conditions and above all the first thing to test is the growth of vegetation on the designed bioreceptive tile.*

Furthermore, given that some species manage to grow inside inertial, when good results are obtained with 3D printing, the possibility of sowing seeds during the printing process can also be tested and therefore create biocolonized structures both from vegetation spontaneously or from selected species; in this case, the design of the structures will be fundamental because, as we have seen, the plants break the material to escape, and therefore the areas where the seeds will be "printed" must be well designed and thought out.

Speaking of the "Ossigeno" project, as we have already said, he hypothesizes the realization of the scenario that today can only be hypothesized, in which all the topics covered in this thesis are combined inside a biofactory, therefore from biology and the growth of microalgae for the creation of the Inertial material up to the 3D printing of large objects with a 6-axis robot. Probably one day it will be possible to achieve it, but one thing that would be interesting to study and deepen is also to understand what is the true effect of these bioreceptive structures on air quality, that is, how many molecules of CO₂ do they absorb? How many O₂ molecules are released?

Probabilmente un giorno si riuscirà a realizzarlo, ma una cosa che sarebbe interessante studiare e approfondire è anche capire quale è il vero effetto di queste strutture biorecettive sulla qualità dell'aria, cioè, quante molecole di CO₂ assorbono? Quante molecole di O₂ vengono rilasciate? La presenza di un organismo vivente all'interno ha un effetto? Influisce sulla purificazione dell'aria?

Uno dei problemi principali ottenuti, che non riguardano solamente il mio progetto di tesi ma tutto il progetto di ricerca è quello della consistenza del materiale Inertial, perché una volta indurito, è ancora troppo friabile e soprattutto non è resistente all'acqua, caratteristica inoltre fondamentale per creare arredi biorecettivi, visto che sono progettati per creare sia microclimi e microambienti favorevoli alla crescita di vegetazione ma anche per trattenerne acqua. Quindi nei prossimi mesi saranno necessarie prove per trovare il giusto mix tra gli ingredienti, le giuste proporzioni tra quantità di biomassa inerte e ingrediente collante (si è utilizzato pectina) al fine di migliorare il materiale. Abbiamo notato come solo aumentando la quantità di biomassa il risultato del prototipo di piastrella è leggermente migliorato in termini di friabilità, questo ad affermare come il giusto mix tra gli ingredienti diventa primario. Con l'aumento di biomassa, si è notato anche un leggero cambio di colore del prototipo, questa è fattore importante nel campo del design e su cui si deve indagare, si pensi alla possibilità di creare sfumature di colore modificando solamente la quantità di biomassa o sostituendo la specie di microalga all'interno dello stesso prodotto.

Le questioni aperte in questa Tesi sono molte e molte altre ne nasceranno nei prossimi mesi, ma il progetto di ricerca INERTIAL è in sviluppo, ogni giorno si hanno novità su questo nuovo biobased material e solo proseguendo con costanza nella ricerca probabilmente si risponderà a tutti quei dubbi e "fallimenti" ottenuti. Risultati importanti arriveranno, probabilmente tra 10 anni Inertial sarà sul mercato, oppure si sarà completamente trasformato, ma quello che è certo, come afferma Langella nel suo libro "Design e Scienza" è che una nuova dimensione del design sta rapidamente valicando le frontiere tra design e scienza, tra i laboratori e le abitazioni, modificando profondamente la relazione tra persone e prodotti. La natura non è più solo fonte di ispirazione, ma è anche materia viva o attiva da innestare nei prodotti per dar luogo a oggetti ibridi, sempre più complessi, adattivi, flessibili e dunque idonei alla mutevolezza del vivere contemporaneo.

Does the presence of a living organism inside have an effect? Does it affect air purification?

One of the main problems obtained, which does not only concern my thesis project but the whole research project, is that of the consistency of the Inertial material, because once hardened, it is still too friable and above all it is not water resistant, a fundamental characteristic to create bioreceptive furnishings since they are designed to create both microclimates and microenvironments conducive to the growth of vegetation but also to retain water. So, in the coming months tests will be needed to find the right mix of ingredients, the right proportions between the amount of inert biomass and the glue ingredient (pectin was used) to improve the material. We have noticed that only by increasing the amount of biomass, the result of the tile prototype is slightly improved in terms of friability, this confirming that the right mix of ingredients becomes primary. With the increase in biomass, a slight change in the color of the prototype was also noted, this is an important factor in the field of design, and which needs to be investigated, think of the possibility of creating shades of color by changing only the amount of biomass or by replacing the species of microalgae within the same product.

The open questions in this Thesis are many and many others will arise in the coming months, but the INERTIAL research project is under development, every day there is news about this new biobased material and only by continuing with constancy in the research will probably all those questions be answered doubts and "failures" obtained. Essential results will arrive, probably in 10 years Inertial will be on the market, or it will have completely transformed, but what is certain, as Langella states in his book "Design and Science" is that a new dimension of design is rapidly crossing the borders between and science, between laboratories and homes, profoundly changing the relationship between people and products. Nature is no longer just a source of inspiration, but it is also a living or active material to be grafted into products to create hybrid objects that are increasingly complex, adaptive, flexible, and therefore suitable for the changeability of contemporary living.

CONCLUSIONI



LA STAMPA 3D DI INERTIAL
È POSSIBILE,
VA PERÒ OTTIMIZZATA



INERTIAL HA LE
CARATTERISTICHE DI UN
MATERIALE BIORECETTIVO



INERTIAL HA UNA CONSISTENZA
“FRIABILE”, SI DEVE FARE
ULTERIORI PROVE PER
TROVARE IL GIUSTO MIX TRA
GLI INGREDIENTI



DEVE ESSERE MIGLIORATA
LA RESISTENZA ALL'ACQUA



LA VEGETAZIONE RIESCE A
GERMOGLIARE ALL'INTERNO
DI INERTIAL. IN FUTURO SI PUÒ
TENTARE DI “SEMINARE” DURANTE
IL PROCESSO DI STAMPA 3D

SVILUPPI FUTURI



OTTIMIZZARE
LA STAMPA 3D



RENDERE IL MATERIALE
COMPATTO E RESISTENTE
ALL'ACQUA



TESTARE LA CRESCITA DI NUOVE
SPECIE DI VEGETAZIONE
E IN DIVERSE CONDIZIONI



CAPIRE SE E COME LA PRESENZA DI
UN ORGANISMO VIVENTE (MICROALGA)
INFLUENZA LA BIORECETTIVITÀ
DEL MATERIALE

Bibliografia

- Antonelli P., Tannir A. (2019). Broken Nature. Mondadori Electa, Milani.
- Antonelli, P., Burckhardt, A., & Oxman, N. (2020). The Neri Oxman material ecology catalogue. MoMA
- Antonelli, P., & Aldersey-Williams, H. (2008). Design and the elastic mind. The Museum of Modern Art.
- Armiero, M. (2021). L'era degli scarti. Giulio Einaudi Editore.
- Boella, L. (2019). L'Antropocene o il mondo che ha ruotato il suo asse. *Altre Modernità: Rivista di studi letterari e culturali*, (2), 32-46. Consultabile al link: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7145580>
- Bracke, B., Bonin, S., Notteboom, B., & Leinfelder, H. (2022). A multi-species design approach in the Eure valley. Three lessons from a design studio in landscape architecture. *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère*, (14). Consultabile al link: <https://journals.openedition.org/craup/9824?lang=en>
- Burtynsky, E., Baichwal, J., De Pencier, N., Boettger, S., Waters, C., Zalasiewicz, J. A., & Atwood, M. (2018). Anthropocene. Göttingen: Steidl.
- Cruz, M., & Beckett, R. (2016). Bioreceptive design: A novel approach to biodigital materiality. *Arq: Architectural Research Quarterly*, 20(1), 51-64. Consultabile al link: <https://www.cambridge.org/core/journals/arq-architectural-research-quarterly/article/bioreceptive-design-a-novel-approach-to-biodigital-materiality/5D744151D884A517AF10A2FD46C3ECA7>
- Cruz M. (2022). Poikilohydric Living Walls by Marcos Cruz. *Barklett Design Research Folios*.
- Crutzen, P. J. (2016). Geology of mankind. Paul J. Crutzen: A pioneer on atmospheric chemistry and climate change in the Anthropocene, 211-215. Consultabile al link: <https://www.nature.com/articles/415023a>
- Dade-Robertson M. (2020). Biodesign: Living Construction. Routledge
- Diegel, O., Singamneni, S., Reay, S., & Withell, A. (2010). Tools for sustainable product design: additive manufacturing. Consultabile al link: https://www.researchgate.net/publication/45718362_Tools_for_Sustainable_Product_Design_Additive_Manufacturing
- D'Olivo, P., & Karana, E. (2021). Materials Framing: A Case Study of Biodesign Companies' Web Communications. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 7(3), 403-434. Consultabile al link: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405872621000393>
- Elhacham, E., Ben-Uri, L., Grozovski, J., Bar-On, Y. M., & Milo, R. (2020). Global human-made mass exceeds all living biomass. *Nature*, 588(7838), 442-444. Consultabile al link: <https://www.nature.com/articles/s41586-020-3010-5>
- Franklin, K., & Till, C. (2020). Radical matter: rethinking materials for a sustainable future. Thames&Hudson
- Ginsberg, A. D., & Chieza, N. (2018). Other biological futures. *Journal of Design and Science*.
- Grushkin D. (2021). What Is Biodesign?. *Issues in Science and Technology*. Consultabile al link: <https://issues.org/biodesign-challenge-synthetic-biology-grushkin/>
- Guillitte, O. (1995). Bioreceptivity: a new concept for building ecology studies. *Science of the total environment*, 167(1-3), 215-220. Consultabile al link: [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(95\)04582-L](https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04582-L)
- Haraway, D. J. (2016). Staying with the trouble: Making kin in the Chthulucene. Duke University Press.
- Ito, J. (2016). Design and science. *Journal of Design and Science*, 1. Consultabile al link: https://www.researchgate.net/publication/322948471_Design_and_Science
- Kapsali V. (2016). Biomimetics for designers. Thames & Hudson.
- Camere, S., & Karana, E. (2018). Fabricating materials from living organisms: An emerging design practice. *Journal of Cleaner Production*, 186, 570-584. Consultabile al link: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618307388>
- Camere, S., & Karana, E. (2017, June). Growing materials for product design. In *Alive. Active. Adaptive: Proceedings of International Conference on Experiential Knowledge and Emerging Materials (EKSIG 2017)* (pp. 101-115). Consultabile al link: https://www.researchgate.net/publication/319355171_Growing_materials_for_product_design

- Keshari, N., & Adhikary, S. P. (2013). Characterization of cyanobacteria isolated from biofilms on stone monuments at Santiniketan, India. *Biofouling*, 29(5), 525-536. Consultabile al link: https://www.researchgate.net/publication/236913667_Characterization_of_cyanobacteria_isolated_from_biofilms_on_stone_monuments_at_Santiniketan_India
- Keune, S. (2021). Designing and living with organisms weaving entangled worlds as doing multispecies philosophy. *Journal of Textile Design Research and Practice*, 9(1), 9-30.
- Kim, R., Zhou, J., Groutars, E. G., & Karana, E. (2022). Designing living artefacts: Opportunities and challenges for biodesign. Consultabile al link: https://www.researchgate.net/publication/365766411_Designing_living_artefacts_Opportunities_and_challenges_for_biodesign
- Kim, K. H. (2022). *Microalgae Building Enclosures: Design and Engineering Principles*. Routledge.
- Langella, C. (2019). *Design e scienza*. ListLab.
- Langella, C. (2021). Design and science: a pathway for material design. In *Materials Experience 2* (pp. 259-277). Butterworth-Heinemann. Consultabile al link: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128192443000016>
- Langella, C., Scodeller, D., & Dal Buono, V. (2017). Design parametrico e generativo—Nuove prospettive di ricerca. *MD Journal*, 3, 6-13. Consultabile al link: https://materialdesign.it/media/formato2/allegati_6225.pdf
- McDonough, W., & Braungart, M. (2010). *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*. North point press.
- Mancuso, S. (2019). *La nazione delle piante*. Gius. Laterza & Figli Spa.
- Marseglia M. (2020) *Design Prossimo*. Dida press, Firenze.
- Moholy-Nagy, L. (1947). *Vision in motion*. Institute of Design.
- Myers, W. (2018). *Bio design: Nature, science, creativity*. Museum of Modern Art.
- Mitrović, I., Auger, J., Hanna, J., & Helgason, I. (2021). Beyond speculative design: past–present–future. University of Split.
- Mustafa, K. F., Prieto, A., & Ottele, M. (2021). The Role of Geometry on a Self-Sustaining Bio-Receptive Concrete Panel for Facade Application. *Sustainability*, 13(13), 7453. Consultabile al link: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/13/7453>
- Nebuloni, A., & Rossi, A. (2018). Codice e progetto. Il computazionale design tra architettura, design, territorio, rappresentazione, strumenti, materiali e nuove tecnologie. *Mimesis*. Consultabile al link: https://www.researchgate.net/publication/324796677_articolo_MICHELA-GIORGIO_codice_e_progetto
- Nudelman, F., & Sommerdijk, N. A. (2012). Biomineralization as an inspiration for materials chemistry. *Angewandte Chemie International Edition*, 51(27), 6582-6596.
- Oxman N. (2022) *The Three Questions: In Conversation with Neri Oxman*, *Biodesigned: Issue 10*. Consultabile al link: <https://www.biodesigned.org/neri-oxman/in-conversation>
- Oxman, N. (2016). Age of entanglement. *Journal of Design and Science*. Consultabile al link: <https://jods.mitpress.mit.edu/pub/ageofentanglement/release/1>
- Papanek, V. (1973). *Progettare per il mondo reale: il design: come è e come potrebbe essere*. A. Mondadori.
- Peters S., Drewes D (2019). *Material in progress: innovation for Designer and Architects*. Birkhauser.
- Quinz, E. (2020). *Contro l'oggetto: conversazioni sul design*. Quodlibet.
- Solanki S. (2018) *Why Materials Matter: Responsible Design for a better World*. Prestel
- Telhan O. (2020). "What Biodesign Means to Me", *Biodesigned: Issue 1*. Consultabile al link: <https://www.biodesigned.org/orkan-telhan/what-biodesign-means-to-me>
- Rautray, P., & Eisenbart, B. (2021). Additive manufacturing—enabling digital artisans. *Proceedings of the Design Society*, 1, 323-332. Consultabile al link: https://www.researchgate.net/publication/353683471_ADDITIVE_MANUFACTURING_-_ENABLING_DIGITAL_ARTISANS

Sitografia

- 90° Printing - XtreeE. (n.d.). XtreeE. <https://xtreee.com/en/project/impression-a-90/>
- Aguahoja. (n.d.). Aguahoja. <https://oxman.com/projects/aguahoja>
- AirBubble | ecoLogicStudio. (n.d.). <https://www.ecologicstudio.com/projects/airbubble-playground-and-exhibition>
- Alive | E. chromi. (n.d.). <http://thisisalive.com/e-chromi/>
- Batteri che ballano. (2017, March 20). Domus. https://www.domusweb.it/it/notizie/2017/03/20/living_colour.html
- Bio.Bombola | ecoLogicStudio. (n.d.). <https://www.ecologicstudio.com/projects/bio-bombola>
- Biodesign Challenge. (n.d.). Biodesign Challenge. <https://www.biodesign-challenge.org/>
- BIT.BIO.BOT | ecoLogicStudio. (n.d.). <https://www.ecologicstudio.com/projects/bitbiobot>
- Building for Biodiversity. (2018, September 11). Pop-in Expo. <https://pop-in-expo.hetnieuweinstituut.nl/en/activities/building-biodiversity>
- CASKIA. (2021, April 27). Officina Corpuscoli. <https://www.corpuscoli.com/projects/caskia/>
- Chiusoli, A. (2021, November 25). TECLA | Un habitat eco-sostenibile stampato in 3D. WASP. <https://www.3dwasp.com/casa-stampata-in-3d-tecla/>
- CO-MIDA. (2022, May 30). IAAC. <https://iaac.net/project/co-mida/>
- Continuous Bodies – The Ephemeral Icon. (2021, April 18). Officina Corpuscoli. <https://www.corpuscoli.com/projects/the-ephemeral-icon/>
- Croci, V. (2018, March 8). Quando il design è sopravvivenza umana. <https://www.domusweb.it/it/speciali/innovation/2018/quando-il-design--sopravvivenza-umana.html>
- DAE. (n.d.). dae.wiki. <https://www.designacademy.nl/p/study-at-dae/graduation-show/graduation-projects/ori-orisun-merhav>
- DESIGNO. (n.d.). <https://www.designo.cc/>
- Digital Lichen – Davide Piscitelli. (n.d.). <https://davidepiscitelli.com/digitallichen/>
- Earth Overshoot Day 2022 home - #MoveTheDate. (2023, January 12). Earth Overshoot Day. <https://www.overshootday.org/>
- Fairs, M., & Fairs, M. (2022, January 12). Mycelium Chair by Eric Klarenbeek is 3D-printed with living fungus. Dezeen. <https://www.dezeen.com/2013/10/20/mycelium-chair-by-eric-klarenbeek-is-3d-printed-with-living-fungus/>
- Glass II. (n.d.). Glass II. <https://oxman.com/projects/glass-ii>
- Griffiths, A., & Griffiths, A. (2022, February 3). The Living creates “probiotic” architectural pavilion that supports living microbes. Dezeen. https://www.dezeen.com/2021/10/23/the-living-probiotic-architectural-alive-pavilion-venice-biennale/?li_source=LI&li_medium=rhs_block_2
- Growing Materials. (n.d.). <https://cargocollective.com/growingmaterials/>
- H.O.R.T.U.S. XL | ecoLogicStudio. (n.d.). <https://www.ecologicstudio.com/projects/h-o-r-t-u-s-xl-astaxanthin-g>
- Hahn, J., & Hahn, J. (2022, November 29). Suzie McMurtry designs mycelium “spore cannon” to regenerate soil after wildfires. Dezeen. <https://www.dezeen.com/2022/11/25/suzie-mcmurtry-living-with-wildfire-mycoremediation/>
- Hahn, J., & Hahn, J. (2022a, January 18). Blast Studio 3D prints column from mycelium to make “architecture that could feed people.” Dezeen. <https://www.dezeen.com/2022/01/18/blast-studio-tree-column-mycelium-design/>
- Hongjie Yang. (n.d.). <https://hongjiayang.nl/Semi-Human-Vase>
- Interior Landscape — felix. (n.d.). <https://felixbell.com/Interior-Landscape>
- La fabrique du vivant: « Mutations / créations 3 ». (n.d.). Centre Pompidou. <https://www.centrepompidou.fr/fr/programme/agenda/evenement/c5nxa8r>
- La forma dell'aria. (n.d.). luav. https://www.luav.it/NEWS---SAL/comunicati/2022/allegati/Presentazione_LA-FORMA-DELL-ARIA.pdf
- Lee, S. (2020, January 31). Why “biofabrication” is the next industrial revolution. TED Talks. https://www.ted.com/talks/suzanne_lee_why_biofabrication_is_the_next_industrial_revolution

Light on Lives — Fengfan Yang. (n.d.). Fengfan Yang. <https://fengfanyang.com/work/light-on-lives>

Micelio e legno. (2017, September 27). Domus. https://www.domusweb.it/it/notizie/2017/09/27/micelio_e_legno.html

Morby, A., & Morby, A. (2022, January 20). Ari Jónsson uses algae to create biodegradable water bottles. Dezeen. <https://www.dezeen.com/2016/03/20/ari-jonsson-algae-biodegradable-water-bottles-iceland/>

Nature-Centric Design: An Interview with Neri Oxman · SFMOMA. (2022, March 22). SFMOMA. <https://www.sfmoma.org/read/material-ecology-nature-humanity-neri-oxman/>

Oxman, N. (2015, October 29). Design at the intersection of technology and biology. TED Talks. https://www.ted.com/talks/neri_oxman_design_at_the_intersection_of_technology_and_biology?language=en

OXMAN. (2021, November 19). Nature x Humanity (OXMAN) [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=3bCPrKqp4UI>

OXMAN. (n.d.). OXMAN. <https://oxman.com/>

Ponti viventi per un'urbanistica interspecie. (2021, April 13). Domus. <https://www.domusweb.it/it/architettura/gallery/2020/05/28/ponti-viventi-come-spunto-per-unurbanistica-infraspecie.html>

Pop-up expo Bouwen voor biodiversiteit - DS Landschaparchitecten. (n.d.). DS Landschaparchitecten. <https://www.ds1a.nl/projecten/pop-up-expo-bouwen-biodiversiteit-hni/>

Print Your City - Amsterdam — The New Raw. (n.d.). <https://thenewraw.org/Print-Your-City-Amsterdam>

Studio Ossidiana. (n.d.). Studio Ossidiana. <https://www.studio-ossidiana.com/>

The Honeycomb Vase | Red | L I B E R T I N Y. (n.d.). TOMAS LIBERTINY. <http://www.tomaslibertiny.com/the-honeycomb-vase-red>

Turner, B., & Turner, B. (2013, July 31). Radiolaria pavilion by Shiro Studio. Dezeen. <https://www.dezeen.com/2009/06/22/radiolaria-pavilion-by-shiro-studio/>

UNFOLD | Lionne van Deursen. (n.d.). Lionne Van Deursen. <https://www.lionnevandeursen.com/unfold>

Urban Reef - Urban Reef | Dutch Design Week. (n.d.). <https://ddw.nl/en/programme/7348/urban-reef>

UVA Researchers 3D-print Soil Structures that Can Grow Plants. (n.d.). University of Virginia School of Architecture. <https://www.arch.virginia.edu/news/uva-researchers-3d-print-soil-structures-that-can-grow-plants>

WASP. (2022, August 30). Estrusore ceramica - LDM WASP Extruder. <https://www.3dwasp.shop/prodotto/estrusore-ceramica-ldm-wasp-extruder/>

WASP. (2023, March 23). Stampanti 3D | WASP | Azienda leader nel settore della stampa 3D. <https://www.3dwasp.com/>

Woven concrete benches make by studio 7.5. (n.d.). <https://www.seven-5make.com/benches/>

X-Reef, in the Calanques national park - XtreeE. (n.d.). XtreeE. <https://xtreee.com/en/project/xreef/>

Iconografia

Fig.001-<https://kellyjazvac.com/Plasti-glomerates>

Fig.002-<https://www.edwardburtynsky.com>

Fig.003-<https://www.edwardburtynsky.com>

Fig.004-<https://www.designacademy.nl/p/study-at-dae/graduation-show/graduation-projects/felix-bell>

Fig.005-<https://www.salonemilano.it/it/articoli/people/capsula-mundi>

Fig.006-<https://oxman.com/projects/silk-pavilion-i>

Fig.007-<https://oxman.com/projects/silk-pavilion-ii>

Fig.008-<https://www.corpuscoli.com/projects/caskia/>

Fig. 009 - <https://www.dezeen.com/2022/11/25/suzie-mcmurtry-living-with-wildfire-mycoremediation/>

Fig.010-https://www.domusweb.it/it/notizie/2017/09/27/micelio_e_legno.html

Fig.011-<https://www.stonerecycling.com/news/biomason-stonerecycling-biobasedtile/>

Fig.012-<https://www.designboom.com/design/suzanne-lee-biocouture-growing-textiles/><https://www.designboom.com>

Fig.013-<https://livingcolour.eu/design-to-fade/>

Fig. 014 - <https://www.dezeen.com/2017/12/04/dutch-designers-eric-klarenbeek-maartje-dros-convert-algae-biopolymer-3d-printing-good-design-bad-world/>

Fig.015-<https://fengfanyang.com/work/light-on-lives>

Fig.016-<https://www.ecologicstudio.com/projects/bio-bombola>

Fig.017 - <https://madparis.fr/Tomas-Libertiny-The-Honeycomb-Vase-RED-2022-8697>

Fig.018-<https://thewhyfactory.com/education/from-now-to-then-workshop/>

Fig.019-<https://oxman.com/projects/totems>

Fig.020-<https://www.ecologicstudio.com/projects/biofactory>

Fig.021-<https://www.oriorisun.com/works>

Fig.022-<https://melaniegloeckler.com/article/marine-cotton>

Fig.023-<https://www.plasticpollutioncoalition.org/blog/2020/1/13/the-ground-breaking-mycelium-growth-behind-ecovative-design>
<https://www.ecologicstudio.com/projects/h-o-r-t-u-s-xl-astaxanthin-g>

Fig. 024 - <https://www.dezeen.com/2022/07/07/studio-lionne-van-deursen-unfold-milan-design-week/>

Fig.025 - Foto di Sarah Lever Photographer

Fig.026-<https://www.studio-ossidiana.com/the-birds-palace>

Fig.027-<http://marcoscruzarchitect.blogspot.com/2017/10/bioreceptive-concrete-facades-design.html>

Fig.028-<https://www.reefdesignlab.com/mars>

Fig.029-<https://oxman.com/projects/aguahoja>

Fig. 030 - <https://www.dezeen.com/2016/03/20/ari-jonsson-algae-biodegradable-water-bottles-iceland/>

Fig.031-<https://www.corpuscoli.com/projects/the-ephemeral-icon/>

Fig.032-<https://www.centrepompidou.fr/fr/ressources/oeuvre/c4Ej5GR>

Fig. 033 - <https://www.dezeen.com/2022/01/18/blast-studio-tree-column-mycelium-design/>

Fig. 034 - <https://www.dezeen.com/2019/09/21/bio-id-lab-indus-algae-tiles-water/>

Fig.035-<https://design-milk.com/the-coral-indoor-micro-algae-farm/>
<https://oxman.com/projects/aguahoja>

Fig.036-<https://www.ecologicstudio.com/projects/airbubble-playground-and-exhibition>

Fig.037-<https://www.ecologicstudio.com/projects/bitbiobot>

Fig.038-<https://republicadeldesign.it/mdw-2022/>

Fig. 039 - <https://www.dezeen.com/2021/10/23/the-living-probiotic-architectural-alive-pavilion-venice-biennale/>

Fig. 040 - <https://www.dezeen.com/2022/09/05/university-of-virginia-3d-printed-soil-seed-walls/>
<http://thisisalive.com/e-chromi/>

Fig. 041 - <https://www.dezeen.com/2019/02/13/print-your-city-recycled-plastic-street-furniture/>

Fig.042-<https://designwanted.com/urban-reef-biodiverse/>

Fig.043-<https://iaac.net/project/co-mida/>

Fig.044-<https://www.ecologicstudio.com/projects/h-o-r-t-u-s-xl-astaxanthin-g>

Fig.045-<https://oxman.com/projects/glass-i>

Fig.046-<https://www.dezeen.com/2018/08/27/3d-printing-woven-concrete-benches-xtreee-studio-75-design/>

Fig.047-<https://www.behance.net/gallery/48486293/Poteau-Krypton-Aix-en-Provence-2016>

Fig.048-https://hal-robotics.com/portfolio_category/3dcp/

Fig.049-<https://www.flickr.com/photos/25355493@N06/2387917680>

Fig.050-<https://unsplash.com/it/foto/uPOd80Sg8uQ>

Fig.051-https://unsplash.com/it/foto/VSG7v_wpT_k

Fig.052-https://unsplash.com/it/foto/2Woicqv_U4

Ringraziamenti

Un percorso straordinario, bello, importante, dove ho cercato di dare il meglio di me e che soprattutto mi ha fatto capire quale è la mia risposta alla domanda che spesso sentiamo: *"Dopo cosa farai?"* Ecco se oggi posso dire di averlo capito è probabilmente grazie a questa tesi, in cui ho avuto la possibilità di sperimentare, fare ricerca, conoscere, scoprire e dove soprattutto mi sono divertito un casino; quindi, non posso far altro che ringraziare il Prof. Marco Marseglia, relatore di Tesi, senza di lui probabilmente mai avrei affrontato un tema come questo e soprattutto senza di lui non sarebbe stato lo stesso percorso. Voglio ringraziare anche la Prof. Natascia Biondi e Lorenzo Reali per avermi guidato e sostenuto all'interno del Laboratorio di Biologia, con la loro conoscenza e la loro immensa disponibilità abbiamo ottenuto ottimi risultati. Inoltre, voglio dire grazie a Francesco Cantini, correlatore di questa Tesi, sempre disponibile e con il suggerimento giusto per approfondire il tema, ma voglio anche dire grazie anche a tutti i ragazzi del Laboratorio di Design per la Sostenibilità, sempre pronti a darti un consiglio o a regalarti un sorriso.

Infine, voglio dedicare questo risultato
a chi ha sempre creduto in me
e continuerà a farlo senza mai esitare,
Mamma, Babbo, Babi, Nonni, Lavi
vi posso dire solo una parola:

Grazie

