



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

DOTTORATO DI RICERCA

Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura

COORDINATORE

Prof. Fabrizio Tucci

CURRICULUM

Design del Prodotto

COORDINATORE CURRICULUM

Prof. Lorenzo Imbesi

MATERIALI OPEN-ENDED

La dimensione temporale dei materiali
come strumento di progettazione per il Design

DOTTORANDO

Chiara Del Gesso

SUPERVISORE

Prof.ssa Sabrina Lucibello

CONSULENTI ESTERNI

Prof. Daniela Uccelletti, dip di Biologia e Biotecnologie

Charles Darwin, Sapienza Università di Roma

Prof.ssa Rossana Carullo,

Dipartimento di scienze dell'ingegneria civile e dell'architettura,

Politecnico di Bari

CICLO XXXIV

Novembre 2018 - Aprile 2022

INDICE

- p. 1 Introduzione
RESEARCH APPROACH
- p.10 Quadro Logico
Contesto: “Materia Attiva” e Biodesign
Obiettivi e Risultati Attesi
- p. 19 Research Approach
Integral Theory of Sustainable Design
- p. 19 Struttura della Ricerca
- p. 24 Design, Scienza e Ricerca nel campo dei Materiali
La Ricerca Sperimentale

PARTE I STATO DELL'ARTE

CAPITOLO 1 CONTESTO DI RIFERIMENTO

- p. 37 1.1 Design e Sostenibilità
Green, Eco e Sustainable Design
Strumenti e Approcci dell'Eco-design
Dalla cultura insostenibile alle culture sostenibili
- p.43 1.2 Scenario tecnologico
I Nuovi scenari della materia sostenibile
La Biologia 2.0 e la Risposta del Design
- p. 47 1.3 Scenario culturale
Natura e cultura_Antropocentrismo Ecologico ed Eco-centrismo
Cultura insostenibile e Consumismo estetico
- p. 57 1.4 Il ruolo strategico del Design
Il Design e i Materiali nel modello di Cultura Autopoietica
Nuove Culture Materiali del Design
Percorso visivo: Nuove culture Materili del Design

CAPITOLO 2 TEMPO, MATERIA E CAMBIAMENTO

- p. 69 2.1 Approcci Time-centered All'Ecodeisgn
Dalla *Fast Consumption* allo *Slow Design*
- p. 73 2.2 Il Tempo e il cambiamento
Decadimento vs Maturità
Coreographing Obsolescence
- p. 77 2.3 Material Changes: principali cause di invecchiamento dei materiali
Fattori ambientali
Wear and Tear
Case Study: Design and Time
- p. 88 2.4 Processi di Biodeterioramento
Substrati inorganici
Substrati organici

CAPITOLO 3 GLI STRUMENTI DEL DESIGN

- p. 95 3.1 Materials Design e Materials Experience
Materials Experience
La percezione sensoriale e la valutazione dei materiali
L'esperienza estetica, emozionale e significativa legata ai materiali
- p. 100 3.2 Estetica dell'imperfetto
Verso l'accettazione delle trasformazioni materiche
Estetica dell'imperfetto
Materiali, segni e narrazioni
- p.104 3.3 Il Design emozionale
Slow Aesthetic e Decay
Emotional Durability
- p. 114 3.4 La patina dei Beni Culturali

PARTE II MATERIALI OPEN-ENDED

CAPITOLO 4 MATERIALI E PRODUZIONI OPEN-ENDED

- p. 129 4.1 Nuove Materialità Ibride
Il Neomaterialismo e L'estetica del Sostenibile
Material Ecology tra Natura e Artificio
- p. 133 4.2 Materiali Open-ended
Processi Open-ended e Produzioni Open-ended
Il tempo del divenire nelle produzioni Open-ended
I Materiali Bioricettivi
- p. 139 4.3 Scenario Tecnologico
Colorazione e Texturizzazione
Energie alternative
Funzioni
- p. 144 4.4 Scenario culturale

CAPITOLO 5 PROGETTARE MATERIALI OPEN-ENDED

- p. 155 5.1 Progettare con la Materia Vivente
Rapporto tra Materia e Forma
Designer come “Form Finder”
- p. 161 5.2 Linee guida per il Design
Classificazione dei Mateiali Open-ended
Crescita e Riproduzione
Parametri d'intervento
Parametri Interni
Parametri Esterni

INDICE

CAPITOLO 6 APPLICAZIONE DI UN PROCESSO DI PRODUZIONE OPEN-ENDED

p. 171 Fasi e Report dell'attività sperimentale

Parte I: Esplorazione

Fase I Individuazione del Processo

Fase II Individuazione del Substrato

Fase III Applicazione delle Linee Guida

Parte II: Applicazione

Fase IV Ampliamento dei parametri

Fase V Analisi dei Risultati e Scenari Applicativi

CONCLUSIONI

p. 205 Rivalutazione dei Processi di Biodeterioramento

Complessità

La dimensione temporale

Il ruolo del Design nell'Intersezione tra Design e Scienza

Sviluppi Futuri

Introduzione

La ricerca nel campo dei Materiali per il Design, stimolata dagli avanzamenti del progresso tecnologico e dalle urgenze della questione ambientale, acquisisce un ruolo sempre più cruciale per la disciplina, in quanto in grado di creare elementi di contatto concreti tra l'innovazione scientifica e il mercato. Rispetto alle questioni fondamentali che guidano gli attuali filoni della ricerca sul tema è possibile individuare delle tematiche che, più di altre, necessitano di un ampliamento delle conoscenze.

Da un lato il tema dell'estetica della sostenibilità, che tocca questioni come la valorizzazione dei rifiuti e la nascita di nuove culture e pratiche materiali del design; dall'altro la sperimentazione di processi biologici, ad opera di organismi viventi, in sostituzione dei convenzionali processi di produzione.

Lo scenario descritto apre nuove sfide per il Designer che deve confrontarsi con diverse discipline, acquisirne metodi e strumenti, senza perdere la propria natura di progettista.

Le sperimentazioni nel campo dei materiali sostenibili, per cui il designer diventa protagonista del processo di realizzazione, hanno portato alla nascita di materiali inconsueti, dal carattere mutevole. Questa nuova classe di materiali abbraccia trasversalmente un nuova estetica caratterizzata dall'imperfezione e dalle trasformazioni dovute all'azione del tempo (Rognoli & Karana, 2014).

E' possibile osservare un rinnovato interesse verso la comprensione degli effetti del tempo e dell'uso su manufatti, materiali e processi (Annicchiarico & Van Der Rossem, 2012), attraverso un approccio nuovo che riconosce le potenzialità e i valori esperenziali dell'invecchiamento, fenomeno inevitabile e naturale. I designer, come dei moderni alchimisti, stanno sperimentando gli "ingredienti" e le soluzioni per accelerare il processo di invecchiamento e migliorarne le manifestazioni durante l'uso (Ostuzzi et al., 2011). Dunque, accanto al tema della naturalezza, l'estetica dell'Imperfetto sta sostituendo i convenzionali canoni della produzione industriale. La produzione di artefatti esteticamente imperfetti mira, attraverso la scelta dei materiali, a gratificare i sensi degli utenti mediante caratteristiche estetiche uniche, spesso riproducendo fenomeni presenti in natura. Questi prodotti sono destinati a diventare materialmente *speciali* per gli utenti, in quanto in grado di mostrare "tracce di vita" che risultano un elemento funzionale ad una maggiore apprezzabilità dell'esperienza legata alla fruizione.

L'accettazione e la valorizzazione dell'imperfezione, collegata ad altri fenomeni importanti nella società attuale, come la democratizzazione delle tecnologie di fabbricazione e il crescente desiderio degli utenti di personalizzare i prodotti, offre grandi opportunità di sperimentare con i processi più avanzati.

Il Design si confronta dunque con una nuova "Era dei Materiali" nati dall'ibridazione con le scienze e dalla collaborazione con la Natura, e si interroga sulle nuove pratiche progettuali che possano valorizzarne le potenzialità.

Il processo di trasformazione dei materiali dovuto all'azione del tempo - material aging- è culturalmente ritenuto un fattore indesiderato e nocivo, in particolare quando comporta l'alterazione delle caratteristiche estetiche ed incide sull'integrità della materia. Dalle recenti ricerche sul tema nel campo della semiotica, antropologia, restauro dei beni culturali, oltre che del design, emerge come in realtà il processo di invecchiamento dei materiali possa costituire uno strumento per il design nella misura in cui i segni del "tempo" si fanno veicolo di significati, interloquendo con i fruitori e apportando un rinnovato valore semantico ai materiali.

La ricerca proposta intende definire le potenzialità dei processi naturali di biodeterioramento di costituirsi come uno strumento per la progettazione e la realizzazione di Materiali Open-ended, ossia materiali ibridi realizzati in collaborazione con gli organismi viventi responsabili del processo di biodegrado. Tale ibridazione con la componente vivente conferisce a questa nuova categoria di Materiali, la capacità di modificare le proprie caratteristiche superficiale a seconda dei singoli contesti d'uso o dei processi di produzione.

La ricerca è strutturata in due parti, che rispettivamente riportano i risultati dell'attività di ricerca di tipo teorico e di tipo sperimentale. Il focus della costruzione dell'apparato teorico è stata l'individuazione degli elementi chiave da poter implementare per innescare un percorso di rivalutazione dei processi di biodeterioramento. Attraverso lo studio del tema e attingendo alle teorie della Users e Material Experience, nonché alle altre discipline che si sono confrontate con il tema, si intende fornire una rilettura del fenomeno dell'invecchiamento dei Materiali da un punto di vista culturale e progettuale. La prima parte si conclude nel capitolo 4 con la definizione dei Materiali e Produzioni Open-ended, nonché con l'illustrazione delle potenzialità dei processi di biodeterioramento dal punto di vista estetico, narrativo e funzionale.

La seconda parte intende fornire indicazioni sulle modalità di progettazione e realizzazione dei materiali e produzioni Open-ended, definendo il nuovo contesto progettuale in cui si inseriscono e fornendo delle Linee Guida per il Design che approccia alla progettazione in collaborazione con gli organismi viventi.

L'attività sperimentale, svolta negli spazi del laboratorio di Biotecnologie "Charles Darwin" di Sapienza, e del centro di Ricerca e Servizi Saperi&co, ha validato le Linee Guida individuate attraverso l'applicazione di un processo di Invecchiamento ad opera di un batterio produttore di pigmenti.

I risultati ottenuti mostrano le potenzialità dell'applicazione del processo nel settore tessile, in sostituzione dei tradizionali metodi di tintura sintetica.

In termini più ampi la ricerca vuole fornire un contributo sul tema della sostenibilità di processi e materiali; dopo la fase di esaltazione delle plastiche negli anni 60, dopo la parabola dei materiali iperfunzionali con apice negli anni 80, la ricerca contemporanea nel campo dei materiali per il progetto sperimenta nuovi paradigmi materici e produttivi basati sul ritorno all'utilizzo di risorse naturali. Col mutare dei processi mutano però anche le performance dei materiali, che aprono a scenari inediti di fruizione, di percezione e di linguaggi, anche desueti, che rendono necessario un ripensamento di alcuni aspetti legati non solo alla progettazione ma anche a pattern di consumo ormai radicati nella società.

Quadro Logico

Il processo di selezione dei materiali per il progetto è stato a lungo incentrato su una conoscenza che si limita alla definizione delle caratteristiche del materiale intatto. Una nuova consapevolezza sul tema porta a una riconsiderazione di tali proprietà in vista del processo di cambiamento che avviene progressivamente durante l'uso.

Il corso del tempo è scandito infatti da una serie di cambiamenti che trasformano la materia e incidono sulle sue proprietà estetiche e funzionali in seguito all'uso e all'interazione con l'ambiente. Tracce di abrasione, lucidatura, impatti, sporcizia accumulata, muffe e ossidazione si combinano per creare una patina superficiale che rivela la vita dell'oggetto (Candy et al., 2004; Giaccardi et al., 2014; Nobels et al., 2015). Raramente, nel contesto progettuale, viene indagato il modo in cui gli oggetti, pensati per essere utilizzati in futuro, subiscono cambiamenti, e spesso, proprio tale mancanza di proiezione nel tempo delle performance materiche, determina la dismissione prematura e dunque una minore durata della vita del prodotto.

Il cambiamento materico è infatti comunemente percepito come un danno, nel momento in cui tutte le aspettative proiettate sul prodotto, che concernono il senso implicito che esso veicola e che spesso ne assorbe anche la stessa funzione (Marrone, 2002), vengono infrante da tracce che ne intaccano la perfezione formale (Cooper, 2005).

Gli assetti comportamentali che guidano e influenzano i modelli di consumo di prodotti e materiali sono complessi, eppure fondamentali per un'efficace progettazione sostenibile. È necessario dunque affrontare, nel contesto progettuale, questioni determinanti come la capacità di veicolare significati dei prodotti e il ruolo che essi svolgono nella quotidianità. Nuove tipologie di prodotti sostenibili devono dunque infondere nuovi approcci e nuovi valori in grado di incidere sugli aspetti critici del consumismo (Chapman, 2009). Le questioni riguardanti la fruizione dei prodotti e le dinamiche che portano alla loro dismissione esigono dunque una attenta considerazione.

In questo contesto si apre un filone della ricerca volto all'identificazione di strategie in grado di allungare la vita dei prodotti, principalmente volte al superamento dell'approccio progettuale che allontana l'utente

1. Questo tema sarà sviluppato nel Capitolo 2, Paragrafo 2.2 "Il tempo e il Cambiamento".

2. Le questioni relative all'Obsolescenza Psicologica saranno affrontate in maniera approfondita nel Capitolo 1, paragrafo "Cultura Insostenibile e Consumismo Estetico";
3. Vedi Capitolo 3, Paragrafo 3.3 "Il Design Emozionale".

dalla materialità prediligendo l'idea di funzione. Conseguenza di ciò è che i prodotti assumono una durata inferiore, in quanto scartati e sostituiti perché non più in grado di soddisfare quel bisogno di appagamento dato dal nuovo, di tendenza e iperaggiornato (Wolley, 2003).

Lo studio del processo di invecchiamento dei materiali (e dei prodotti) risulta essere un efficace strumento per il design per contrastare questa forma di "Obsolescenza psicologica"².

La dimensione d'uso assume dunque un ruolo più ampio nella progettazione e non solo. Il concetto di "Graceful aging" viene affrontato infatti in diversi ambiti disciplinari, dall'antropologia alla semiotica, al design.

Oggetto di particolare interesse è il "fenomeno di attaccamento e coinvolgimento emotivo"³, che risulta maggiore nei confronti di quei prodotti in grado di svolgere una funzione narrativa. La "patina", ossia "l'alterazione superficiale che l'uso e il tempo arrecano ai materiali" in questo contesto è in grado di svolgere un ruolo fondamentale quando, per dirla con Fontanille, i suoi "segni e le tracce diventano enunciazioni e caricano di significati gli oggetti" (Fontanille, 2004; Manzini, 1986; Fiorani, Del Curto et al., 2010; Baxter et. Al, 2016; Saito, 2007);

Contesto di riferimento: "Materia attiva" e Biodesign

Con il superamento del modello produttivo che considera la qualità di un prodotto misurabile in base alla sua "perfezione" formale ed estetica, si introduce una nuova concezione della materia che investe non solo l'ambito progettuale ma anche filosofico e antropologico, individuata nel Neomaterialismo (DeLanda, 2004). Il nuovo materialismo conduce al superamento della predilezione della rappresentazione, che ha caratterizzato il ventesimo secolo, per spostare l'attenzione sui processi (Leach, 2017). La materia dunque viene considerata non più come un elemento da dominare, da plasmare per assumere determinate forme e rappresentazioni, bensì come in grado di evolversi, cambiare, autodeterminarsi, assumere conformazioni che seguono strutture autonome di aggregazione. Il modello ologomorfo, che ha caratterizzato tutto il ventesimo secolo viene sostituito dal modello morfogenetico che tende a considerare la materia come energia in movimento, acquisendo forme topologiche, piuttosto che geometriche ed innaturali.

Così l'approccio top-down, di imposizione di una forma sulla materia, di scelta della materia come elemento terminale della progettazione, viene sostituito dall'approccio bottom-up, che ne individua le singolarità e sostituisce il concetto di "formazione" al concetto di "forma". Il ruolo del progettista muta, discostandosi dall'essere un form-maker, lasciando spazio alla figura del form-finder, che agisce tramite l'esplorazione della materia.

Questa concezione della materia trova la sua naturale declinazione nel Biodesign (Myers, 2018) che intercetta nella collaborazione con gli organismi viventi terreno di progettazione. In particolare attraverso la bio-fabbricazione, che utilizza i processi di crescita naturali di organismi viventi quali batteri, funghi o licheni in sostituzione dei processi industriali meccanici, non solo di fabbricazione di materiali, ma anche di lavorazioni superficiali. I processi biologici dunque, sia naturali che ingegnerizzati, iniziano ad essere considerati alternative valide alle tecnologie più convenzionali, in quanto in grado di garantire risparmi in termini di materiali ed energia, riducendo il loro impatto ambientale e anche economico. Le interazioni tra organismi costituiscono "un'economia naturale" globale che fornisce risorse a diverse scale; l'uomo ha sempre fatto affidamento su questa economia biologica per garantirsi cibo, ossigeno e altri servizi. Attualmente la nostra economia industriale si basa principalmente su tecnologie non biologiche; Ora, tuttavia, i paradigmi cambiano rapidamente, incorporando e facendo affidamento su nuovi organismi.

La natura è storicamente percepita come una forza opposta, una dimensione caotica ed imprevedibile in costante mutamento, che deve essere contenuta e controllata. Negli anni, in risposta a ciò abbiamo imparato a convertire le risorse naturali in materiali omogenei prodotti in serie. Questi materiali ci permettono di produrre facilmente e rapidamente grandi quantità di prodotti che sono costruiti per durare e che resistono alla prova del tempo in diversa maniera. I ripetuti tentativi di congelare l'inevitabile decadimento della natura ci hanno permesso di sviluppare una tavolozza diversificata di materiali che non sono più riconoscibili dai microrganismi e dagli enzimi che degradano le sostanze; così facendo, si è eluso il processo degenerativo del decadimento biologico al fine di costruire un "regno" di immunità materiale relativamente intoccabile.

Eppure, nonostante la proto-durevolezza dell'odierna tavolozza di materiali, l'invecchiamento continua a verificarsi e ha un costo crescente per l'ambiente, in quanto una delle principali cause di dismissione precoce dei prodotti, nonché di creazione dei rifiuti.

Obiettivi e Risultati Attesi

La ricerca intende affrontare in maniera critica il tema della dimensione temporale dei materiali, nel tentativo di superare l'accezione problematica del fenomeno, in quanto spesso causa principale della dismissione precoce dei prodotti, per individuarne le potenzialità nell'ambito progettuale dal punto di vista estetico-morfologico, emozionale, funzionale e le sue ricadute in termini di sostenibilità ambientale. Il contesto in cui si opera è quello dei nuovi paradigmi produttivi innescati dall'utilizzo di processi Biologici, dunque saranno presi in esame i processi di Biodegradazione e Biodeterioramento, considerate nocive e dannose in quanto causano la comparsa di macchie, croste e texture sulla superficie dei materiali. Tali elementi sono il risultato dei processi enzimatici di crescita di organismi quali batteri, funghi o altri microorganismi. La ricerca intende sfruttare i processi biologici, che consentono agli organismi di intervenire materialmente sulla superficie, per progettare dei materiali Open-ended. Il termine Open-ended è preso in prestito da un approccio del design e in questo contesto si intende trasferirlo all'ambito dei materiali. La progettazione Open-ended è per definizione "in grado di cambiare in relazione al contesto", dipendente dal contesto, a misura di errore, volutamente incompiuta; caratterizzata da un equilibrio tra aspetti progettati e altri deliberatamente non definiti per consentire all'utente, nella fase di utilizzo, di "appropriarsi" del progetto, e del prodotto, e definirlo in base alle proprie esigenze d'uso. Trasporre queste caratteristiche nel campo dei materiali implica dunque la progettazione di un materiale in grado di cambiare in base al contesto d'uso e all'interazione con i singoli utenti, in modo da poter essere in grado di incorporare segni dalla funzione narrativa, il cui cambiamento è strettamente legato agli usi o ai processi di produzione.

In riferimento ai temi individuati la ricerca si pone i seguenti obiettivi
Obiettivo Generale

O1 : Contribuire al dibattito e generare nuova conoscenza sul tema dell'estetica del sostenibile, nello specifico legata al tema dell'invecchiamento e biodeterioramento dei materiali, determinando se tali processi possono costituire uno strumento progettuale per il design.

Obiettivi Specifici:

Os1: Attivare un processo di rivalutazione dei processi di biodeterioramento, individuandone le potenzialità dal punto di vista progettuale e della User Experience.

Os2: Determinare se i processi di biodeterioramento ad opera di organismi viventi possono costituire, nella pratica, uno strumento progettuale in sostituzione dei convenzionali processi di lavorazione superficiale della materia.

Os3: Determinare il contributo del Design nell'applicazione di processi Biologici, nello specifico processi di tintura batterica.

Risultati attesi:

Rs1: Breve Catalogo illustrativo delle potenzialità dei processi di biodeterioramento dal punto di vista estetico, narrativo o funzionale;

Rs2: Messa a punto di un protocollo di crescita e palette di Campioni

Rs3 :Definizione di linee guida e dei parametri che influenzano i processi di crescita

In termini pratici e di applicazione concreta, la ricerca intende contribuire a colmare il gap tra estensione temporale dei prodotti e durata dei materiali scelti per la loro produzione. L'incongruenza tra materiale utilizzato e durata dei prodotti risulta essere la principale causa di sovrabbondanza di rifiuti. Le plastiche, ad esempio, materiali facilmente deperibili dal punto di vista estetico e prestazionale, presentano paradossalmente tempi di degradazione lunghissimi e la loro dispersione nell'ambiente comporta una serie di conseguenze problematiche legate all'inquinamento. Il loro utilizzo per prodotti usa e getta ha comportato dunque l'introduzione nell'ecosistema di un prodotto dal tempo di utilizzo brevissimo, che impiegherà millenni per decomporsi, non senza conseguenze sull'ambiente.

Nello scenario definito dalla ricerca dunque i processi di degradazione potrebbero accompagnare i prodotti durante il loro intero ciclo di vita fino alla fase di dismissione.

La trasformazione è parte integrante del sistema naturale in cui siamo inseriti e riuscire ad accettare e progettare in parte i cambiamenti materici potrebbe essere parte costituente di quella rivoluzione culturale in grado di proiettarci lungo un percorso positivo volto al raggiungimento di società più sostenibili.

La scelta dello studio di processi di biodeterioramento, nello specifico, risiede nelle loro potenzialità di fornire stimoli per riflessioni che

toccano alcuni dei principali temi e che stanno investendo il Design: l'ibridazione con la Scienza; la dimensione laboratoriale che diventa il nuovo scenario d'azione del designer; il mutamento dei paradigmi produttivi; una nuova materialità attiva, responsiva e in continua evoluzione che implica la costituzione di nuove relazioni e modalità di fruizione dei prodotti.

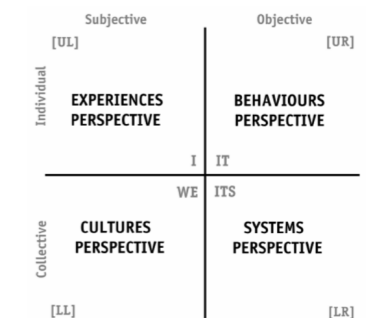
Research Approach

Integral Theory of Sustainable Design

La ricerca affronta il tema della sostenibilità da un punto di vista multidisciplinare, secondo il modello della "Integral Theory for Sustainable Design" (ITSD) introdotta da Micheal Zimmerman. La ITSD utilizza il modello di "Ecologia Integrale" di Wilber che stabilisce che una corretta progettazione Sostenibile debba affondare le radici nelle intersezioni tra Soggettività, Cultura e Natura. La teoria Integrale è una meta teoria, una struttura ramificata che contempla diverse pratiche, attingendo ai diversi campi della conoscenza.

L'approccio integrale offre ai designer un potenziale per mappare meglio il campo del Design Sostenibile e creare un framework completo che aiuti a comprendere la complessità e le molteplici sfaccettature del tema. Il Design Sostenibile è sempre più associato alla misurazione delle performance in termini di impatto ambientale. La tendenza generale che si è riscontrata nelle riflessioni sul tema troppo spesso manca di una adeguata analisi delle prospettive soggettive riguardanti le esperienze estetiche e la creazione di relazioni intersoggettive e simboliche con l'ecosistema e il concetto di natura. La visione esclusivamente tecnologica del Design Sostenibile ha certamente contribuito alla formazione di una consapevolezza dei limiti delle risorse ambientali, ma ciò non è sufficiente a determinare il cambiamento sociale e culturale necessario.

Al suo livello più essenziale, la teoria integrale organizza le variabili riguardo la questione ambientale in una matrice di quadranti che mettono in relazione fenomeni individuali e collettivi con la conoscenza oggettiva e soggettiva. Queste componenti comprendono: le esperienze, soggettive individuali, che riguardano il sé e la coscienza; I Comportamenti, oggettivi e individuali, che riguardano le innovazioni in campo scientifico; le culture, soggettive e collettive, che riguardano i significati, simbolismi e i contesti sociali; i sistemi, oggettivi e collettivi, che riguardano i contesti economici. Il ricercatore Mark Dekay, architetto e professore dell'università del Tennessee, ha individuato, sulla base della ITSD, dei principi per la progettazione che tengano in considerazione simultaneamente le prospettive fornite dai quadranti e che hanno costituito la base per una comprensione più approfondita della tematica presa in esame in questa sede. (Dekay, 2012).



I 4 quadranti della Teoria Integrale di Wilber

5. Vedi Capitolo 1, Paragrafo 1.4 “Il ruolo strategico del Design”

La ricerca si muove dunque attraverso un approccio teorico e pratico con l’obiettivo di indagare diversi aspetti del Design Sostenibile, mettendo in relazione:

La dimensione esperienziale soggettiva ed individuale (UL), attraverso gli strumenti della User Experience, o nel nostro caso specifico per individuare la Materials Experience;

La dimensione culturale collettiva (LL), attraverso la capacità del Design di incidere sui pattern di consumo e modificare alcuni aspetti della società in maniera ricorsiva;

La dimensione comportamentale oggettiva (UR), che Dekay riferisce alla progettazione sostenibile in termini quantitativi, ossia attraverso la riduzione degli impatti ambientali legati alla produzione degli artefatti;

La dimensione sistemica (LR), inserendo i risultati all’interno di sistemi consolidati, nei flussi economici e nel mercato.

Struttura della ricerca

Entrando nel merito della ricerca dunque è possibile dividere il lavoro in due momenti: la ricerca teorica, che si è soffermata maggiormente sui temi legati a quello che potremmo definire il versante umanistico dei quadranti; la parte di sperimentazione laboratoriale, che invece attinge conoscenze dalle discipline scientifiche, nel caso specifico dalle Biotecnologie, prendendone in prestito metodi e strumenti. Questa doppia dimensione, culturale e tecnologica, può essere considerata il *fil rouge* che sottende l’intera attività di ricerca e si ripropone in diversi momenti. In realtà il nodo focale che si vuole evidenziare, nonché il presupposto da cui nascono le domande di ricerca, risiede proprio nel considerare le due dimensioni in un rapporto di interdipendenza per cui i principi dell’uno o dell’altro versante influenzeranno e saranno viceversa influenzati reciprocamente. Il ruolo del Design nella ricerca, storicamente disciplina di sintesi, oltre quello di costruire ponti interdisciplinari e consentire il dialogo fra le diverse discipline, è principalmente quello di visualizzare scenari applicativi che colmino il gap tra ricerca e mercato. Attingendo dall’innovazione tecnologica, sperimenta con i processi al fine di ottenere risultati in grado di impattare sui sistemi sociali e culturali.

Tornando ai quadranti di Wilber, la prima parte della ricerca è incentrata sull’esperienza soggettiva e culturale collettiva sul tema dell’invecchiamento dei Materiali, per l’analisi delle quali si è attinto

alle teorie della User e Materials Experience, nonché alle altre discipline, quali restauro, antropologia e semiotica, che si sono confrontate con il tema. Il focus della costruzione dell’apparato teorico è stata l’individuazione degli elementi cruciali da poter implementare per innescare un percorso di rivalutazione dei processi di biodeterioramento ad opera degli organismi viventi. Questa parte si conclude nel capitolo 4 con la definizione dei Materiali e Processi Open-ended e delle potenzialità dei processi di biodeterioramento dal punto di vista estetico, narrativo e funzionale.

La seconda parte intende fornire indicazioni sulle modalità di progettazione e realizzazione dei materiali e processi Open-ended, definendo il contesto progettuale e sperimentando l’applicazione di un particolare processo di biodeterioramento, ad opera di un batterio che produce pigmenti, giungendo a definirne gli scenari applicativi nel campo della moda. La parte di ricerca sperimentale è stata svolta presso il laboratorio di Biotecnologie del dipartimento Charles Darwin di Sapienza Università di Roma, con la collaborazione della ricercatrice Emily Schifano e la supervisione della Professoressa Daniela Uccelletti, e presso il Centro di ricerca e Servizi Sapero&co. In questa fase la conoscenza preliminare teorica del processo di crescita del batterio è stata innestata alla conoscenza di tipo esperienziale derivata dall’attività sperimentale, per ottenere risultati ritenuti interessanti da un punto di vista estetico, narrativo e in termini di sostenibilità, guidata dal lavoro sinergico e dalle competenze della Biologia e del Design.

Nel complesso dunque la ricerca può definirsi coerente con i principi della Integral Theory of Sustainable Design nella misura in cui: ha analizzato esperienze soggettive legate al rapporto che i soggetti instaurano con i Materiali e soddisfacendo il bisogno di progettare esperienze estetiche profonde (quadrante UL); intende incentivare dei processi collettivi di rivalutazione e di accettazione dei processi di biodeterioramento e in generale dei processi di invecchiamento dei materiali (quadrante LL); ha applicato dei processi sostenibili di tintura batterica che massimizzano l’utilizzo efficiente di risorse e minimizzano l’impatto ambientale (quadrante UR); ha individuato scenari applicativi in sistemi consolidati come quello della moda.

Design, Scienza e ricerca nel campo dei Materiali

La ricerca nel campo dei Materiali per il design si configura come terreno multidisciplinare per propria natura, in cui competenze ingegneristiche si innestano a capacità di visualizzare e comprendere le proprietà soft della Materia, tipiche del Design. Le metodologie e gli strumenti utilizzati sono dunque il risultato dell'ibridazione tra le discipline che supera la tradizionale organizzazione della conoscenza, ri-arrangiandola in una "forma multiversa" (Lucibello, 2019). Il ruolo del Design, in tale contesto, si rivela cruciale in quanto in grado di effettuare una sintesi tra le "Istanze della Scienza" e le "Necessità degli utenti" (Lucibello, 2019). Il Design è dunque in grado di produrre conoscenza attraverso modi propri che non sono necessariamente riconducibili a quelli scientifici in senso positivista, bensì attraverso una analisi dei fenomeni, di osservazione della realtà, per trarne regole generali e principi che evolvono continuamente insieme al punto di vista e al contesto di riferimento (De Giorgi, 2021). Complementariamente all'approccio degli "Scienziati dei Materiali", dunque è in grado di dispensare sensorialità e significato, creando profonde connessioni emotive tra utenti e prodotti, guidando i consumatori verso materiali più sostenibili (Ferrara, 2017).

I recenti avanzamenti nel campo tecnologico hanno ampliato ulteriormente gli orizzonti disciplinari sul tema, includendo le Scienze Biologiche, che consentono la progettazione in collaborazione con la natura e gli organismi viventi; le Computer Sciences, che consentono di ampliare i gradi di interazione con gli utenti e l'ambiente circostante attraverso l'aggiunta di sensori e componenti elettroniche; le Nanotecnologie, che consentono di intervenire a livello strutturale della materia per conferirle particolari qualità e caratteristiche.

Alla disciplina è dunque richiesto di interrogare se stessa sulla natura del proprio contributo nell'interfacciarsi con linguaggi e processi distanti; di riconfigurare i propri metodi ed acquisire la conoscenza degli strumenti, senza però snaturare la propria vocazione progettuale, in grado di concretizzare in applicazioni gli avanzamenti proposti dalla ricerca. La riflessione scientifica prende le mosse infatti dall'osservazione dell'azione progettuale e delle sue ricadute sul contesto del progetto (De Giorgi, 2021), per questo non può prescindere da una attività pratica di sperimentazione.

La ricerca Sperimentale

Nel caso specifico della ricerca in questione, l'attività pratica è avvenuta attraverso processi e metodi a cavallo tra Scienze Biologiche e Design, seguendo i principi della "Practice lead Research" (Smith, 2009) e la "Action Science" (Argyris et al., 1985) per cui si applicano metodologie e conoscenze scientifiche a contesti reali e problematiche reali, nel tentativo di trovare un ponte tra ricerca di base e ricerca applicata. In particolare sono stati acquisiti ed estrapolati processi e metodi dalla ricerca scientifica nel campo del restauro dei Beni Culturali legato ai processi di Biodeterioramento, con l'obiettivo di trovare applicazioni pratiche utili nella vita di tutti i giorni, in soluzione a questioni di carattere ambientale, uscendo dal confine disciplinare, attraverso il trasferimento di pratiche e processi in diversi contesti. La *Practice lead research* costruisce degli *starting point* esperenziali, pratici, come punto di partenza delle sperimentazioni, in cui ci si immerge divincolandosi dalle restrizioni e limiti del tradizionale *problem setting* e della rigida metodologia (Smith, 2009). Le sperimentazioni dunque non nascono dall'esigenza di risolvere un problema specifico, ma nell'ambito di una tematica generale, ampiamente discussa nell'impostazione della *design issue*, che in questo caso è stata individuata nella strumentalizzazione dei processi di biodeterioramento per la pratica progettuale. Le sperimentazioni stesse guidano la ricerca che si spinge in direzioni imprevedibili e non ipotizzabili senza l'attività stessa di *trial and error*.

I risultati della ricerca sono dunque a cavallo tra i due paradigmi di ricerca quantitativa e qualitativa la cui differenza principale risiede proprio nelle modalità di espressione dei risultati. La ricerca quantitativa ha un approccio scientifico e un metodo deduttivo per cui da una struttura teorica vengono identificate delle ipotesi che sono poi verificate attraverso la sperimentazione, che consiste fondamentalmente in una misurazione quantitativa del fenomeno. La ricerca qualitativa ha individuato invece strategie di "informazione della ricerca pratica", nel senso in cui la pratica diventa un oggetto di studio piuttosto che un vero e proprio metodo della ricerca.

E' possibile dunque parlare nell'ambito disciplinare del design di "Ricerca Performativa" RP (Haseman, 2006).

La RP tenta di trovare una via intermedia fra la ricerca quantitativa e qualitativa, generando dei risultati che consistono in una dimostrazione pratica delle sperimentazione attraverso materiale di diversa natura, nel nostro caso specifico attraverso la realizzazione di campioni di

tessuto che mostrano i risultati dell'applicazione di un processo di biodeterioramento batterico.

References dell'Introduzione

Argyris, C., Putman, R., & Smith, D. M. (1985). *Action Science* (Jossey-Bass Social and Behavioral Science Series / Jossey-Bass Management Series) (1st ed.). Jossey-Bass, Inc.

Candy, F., Sommerville, S., Kälviäinen, M., & Oksanen, H. (2004). *Temporal Transformation of Materials: Can Designers Harness the Effects of Time to Create a Contemporary Aesthetic of 'Worldliness' within New Products?*

Chapman, J. (2005). *Emotionally durable design: objects, experiences*

Claudia De Giorgi, Beatrice Lerma, Doriana Dal Palù, 2020, *The Material side of Design*, De Giorgi, Allemandi

Cooper, T. (2016). *Longer lasting products: alternatives to the throwaway society*: CRC Press.

Cooper, T. (2016). *Longer lasting products: alternatives to the throwaway society*: CRC Press.

DeKay, M. (2011). *Integral Sustainable Design: Transformative Perspectives* (1st ed.). Routledge.

Del Curto B., Fiorani E., (2010) *La pelle del design. Progettare la sensorialità*. Lupetti

DeLanda, M. (2004). *Material Complexity*. in. Leach, N., Turnbull, D., William, C. "Digital Tectonics"

Ferrara, M. (2018). *The Ideas and the Matter* /anglais. ACC ART BOOKS.

Fontanille Jaques, *La Patina e la connivenza* in Marrone, G., Landowski A. (2002), *La società degli oggetti. Problemi di interoggettività*.

Giaccardi, E., Karana, E., Robbins, H., & D'Olivo, P. (2014). *Growing traces on objects of daily use: a product design perspective for HCI*. Paper presented at the Proceedings of the 2014 conference on Designing interactive systems.

Haseman B. *A Manifesto for Performative Research*. *Media International Australia*. 2006;118(1):98-106. doi:10.1177/1329878X0611800113

Karana, E., Pedgley, O., Rognoli, V., & Korsunsky, A. (2016). *Emerging material experiences*. *Materials & Design*, 90, 1248–1250. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.07.042>

Leach, N. (2017). *Matter Matters*. A Philosophical preface. In Tibbits, S. "Active Matter". The MIT Press MA, USA.

Lucibello Sabrina , 2019, *Esperimenti di design*, Listlab
Manzini E. (1986), *La materia dell'invenzione*, Arcadia.
Manzini E. (1986), *La materia dell'invenzione*, Arcadia.

Manzini E. (1990) *Artefatti*. Verso una nuova ecologia dell'ambiente Artificiale, DA Edizioni, Milano.

Manzini, E. (n.d.) *Design, environment and social quality: from "existenzminimum" to "quality maximum"*. *Design Issues Materials, Time and Emotion: how materials change in time?* Paper presented at the EKSIG 2015-TANGIBLE MEANS experiential knowledge through materials.

Nobels, E., Ostuzzi, F., Levi, M., Rognoli, V., & Detand, J. (2015). *Materials, Time and Emotion: how materials change in time?* Paper presented at the EKSIG 2015-TANGIBLE MEANS experiential knowledge through materials. Conference on Design and Emotion, Ankara, Turkey.

Nobels, E., Ostuzzi, F., Levi, M., Rognoli, V., & Detand, J. (2015).

Odom, W., Pierce, J., (2009), *Improving with Age: Designing Enduring Interactive Products*, CHI, April 4-9. Boston,

Park, M. B. (2009). *Product life: designing for longer lifespans*. Kingston University London.

Roetzel, A., Fuller, R., & Rajagopalan, P. (2017). Integral sustainable design – Reflections on the theory and practice from a case study. *Sustainable Cities and Society*, 28, 225–232. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.09.002>

Smith, H., & Dean, R. T. (2009). *Practice-led Research, Research-led Practice in the Creative Arts (Research Methods for the Arts and Humanities) (1st ed.)*. Edinburgh University Press.

Wilber, K. (1999). *The Collected Works of Ken Wilber: The spectrum of consciousness ; No boundary ; Selected essays*. Shambhala.

Woolley, M. (2003). *Choreographing obsolescence - ecodeign*. ACM Press. <https://doi.org/10.1145/782896.782916>

Zimmermann, Michael. (2005). Integral ecology: a perspectival, developmental, and coordinating approach to environmental problems. *World Futures*. 61. 50-62. 10.1080/02604020590902353.

PARTE 1

Stato dell' Arte

CAPITOLO 1 Contesto di riferimento

Questo capitolo introduttivo intende inquadrare il contesto (progettuale e culturale) che ha condotto alla necessità di una riflessione sul tema dell'estetica del sostenibile e in particolare sulla dimensione temporale dei materiali; l'esito della riflessione è l'invito a pratiche di progettazione che contemplino il cambiamento, non solo accettandolo ma rendendolo uno strumento per il design in grado di incidere sulle esperienze d'uso e sui modelli culturali legati alla "percezione" del fenomeno. Il capitolo inquadrerà gli scenari attuali della ricerca nel campo dei materiali e dei processi sostenibili e il loro impatto dal punto di vista tecnologico e culturale per poi definire il ruolo del Design e la sua capacità di integrare entrambi gli aspetti e facilitarne la diffusione e l'apprezzamento.

La ricerca contemporanea nel campo dei materiali per il progetto sperimenta nuovi paradigmi produttivi basati sul ritorno all'utilizzo di risorse naturali. Col mutare dei processi mutano le performance e le estetiche dei materiali, che aprono a scenari inediti di fruizione, di percezione attraverso linguaggi inusuali. Ciò rende necessario un ripensamento di alcuni aspetti legati non solo alla progettazione ma anche a pattern di consumo ormai radicati nella società. Il bisogno di permanenza, appagato dalla natura "inattaccabile" dei materiali "progettati", si scontra con il carattere mutevole della materia sostenibile (sostenibile: coerente con il proprio ecosistema, in grado di essere riassorbita dall'ecosistema attraverso naturali processi di trasformazione). Al fine di raggiungere una efficace progettazione - e società - sostenibile lo scenario *ipertecnologico* (Manzini, 2009), che individua e sperimenta con materia, risorse e processi volti alla riduzione dell'impatto ambientale, deve necessariamente essere affiancato dallo scenario *iperculturale* (Manzini, 2009) che consente di intervenire ed incidere sui modelli di consumo.

Il Design è in grado di integrare gli aspetti della progettazione che si ripercuotono su entrambi gli scenari descritti da Manzini, applicando processi innovativi non semplicemente in sostituzione dei processi convenzionali ma esplorandoli e intercettandone potenzialità e criticità al fine di consentire una maggiore comprensione da parte degli utenti e di conseguenza un maggiore apprezzamento e diffusione dei materiali e prodotti da essi generati.

1.1 Design e Sostenibilità

Green, Eco e Sustainable Design

La crisi ambientale esplosa negli anni 70 ha sollevato le prime preoccupazioni sui limiti delle risorse e sull'impatto della produzione incontrollata di artefatti sull'ambiente. Una nuova responsabilità inizia in quegli anni ad investire la figura del designer che viene riconosciuto, per alcuni versi, come "complice" del degrado ambientale in quanto promotore del consumismo (Papanek, 1985). quest'ultimo è infatti alimentato dai concetti di "nuovo" e "rimpiazzabile" eletti a valori fondamentali nonché criteri di scelta e dismissione precoce dei prodotti. Questa presa di coscienza, oltre ad aver portato alla trasformazione della professione del designer, che diventa consapevole della portata delle conseguenze della progettazione sia per il nostro ecosistema che nel determinare i nostri "stili di vita", ha introdotto l'adozione di approcci "green" improntati sulla riduzione dell'impatto ambientale legato alla produzione degli artefatti. La progettazione "verde" nasce dunque secondo i principi del ridurre-riutilizzare-riciclare (Mackenzie, 1997), in particolare applicati attraverso la riduzione della quantità dei materiali di produzione evitando il più possibile l'utilizzo congiunto di materiali diversi, il riutilizzo di parti recuperabili di prodotti, la sostituzione di materie vergini con materiali riciclati, la sostituzione di materiali tossici o pericolosi con materiali certificati e negli stessi anni si è assistito anche ai primi utilizzi di energie rinnovabili. Il tema è scottante ed esige un cambio di rotta tanto che il termine "green" diventa prefisso ricorrente quanto, purtroppo, indiscriminato; se da un lato infatti vengono sviluppate linee guida e kit di strumenti per sostenere le aziende che effettivamente intendano rispettare i criteri di sostenibilità, dall'altro viene generato quello che John Elkington e Julia Hailes (1988) definiscono "Consumismo verde". Il modello economico capitalista fondato sul consumo è in forte conflitto con quelli che dovrebbero essere i principi del "green design" quali la longevità dei prodotti, l'incentivare consumi ridotti e condivisi, la riduzione dei bisogni materiali. Da questo principio di contraddizione nasce l'esigenza di un rinnovamento, una maturazione dell'approccio green che diventa Ecologico, ossia riferito non più alla natura

come modello lineare da cui trarre ispirazione bensì in riferimento al concetto di Eco-sistema. Il considerare la natura come un sistema adattivo e complesso porta a una rivalutazione dell'approccio meccanicistico e lineare e implica la necessità di un superamento della "modernist world-view" per accogliere la "Ecology world-view" (Peterson, 2021) che rinnova gli approcci progettuali attraverso un ripensamento delle priorità e un intervento radicale nei pattern di consumo, eliminando prodotti non necessari, invertendo la scala di valori legata all'accumulo e ai bisogni ed agendo in simbiosi con il sistema naturale.

Un ulteriore passo avanti è stato fatto con il concetto di sostenibilità. Il termine indica "Condizione di un modello di sviluppo in grado di assicurare il soddisfacimento dei bisogni della generazione presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di realizzare i propri" (Rapporto Brundtland, 1987). Quando applicato alla progettazione esso implica non solo l'introduzione dei principi di responsabilità etica e sociale, ma anche la nozione di tempo e di scala temporale. Tenere in considerazione la dimensione temporale dei prodotti, nello specifico relativa al loro ciclo di vita ha portato a considerare con attenzione anche la fase della dismissione e a non considerare la vita del prodotto solamente in relazione alla dimensione d'utilizzo. Tale interesse ha portato alla definizione di strategie volte alla facilitazione delle operazioni di riciclo e al concetto di *DfD* (*Design for Disassembling*) e il *Design for Durability*, ossia la progettazione di prodotti durevoli. Questi due concetti non sono così contraddittori come sembrerebbe, come ha recentemente osservato infatti Victor Papanek: "Progettare beni durevoli per un eventuale disassemblaggio può sembrare un ossimoro, eppure è profondamente importante in un mondo sostenibile" (Papanek, 2009, pp. 56) in quanto consente di intervenire sulle due questioni più problematiche legate al tema.

Strumenti e approcci dell'Ecodesign

L'Eco-design è un approccio progettuale che mira a ridurre l'impatto ambientale di prodotti e servizi durante tutto il loro ciclo di vita, garantendone o migliorandone la qualità per gli utenti. L'obiettivo è quello di andare incontro alle richieste dei consumatori attraverso

soluzioni sostenibili (Crul & Diehl, 2009). Designer e progettisti sono chiamati a svolgere un ruolo chiave integrando la questione ambientale e le esigenze industriali, grazie alla loro capacità di condensare i molteplici fattori, sfaccettati e complessi del tema. Nell'ambito delle strategie progettuali possono essere evidenziati due principali linee di azione: la Valutazione Ambientale o *Environmental Assessment* e il Miglioramento Ambientale o *Environmental Improvement*, che rispettivamente consentono di quantificare l'impatto della produzione e del ciclo di vita del prodotto o di migliorarne la produzione applicando soluzioni ecocompatibili attraverso strumenti di tipo quantitativo, come il *Life Cycle Assessment*, o di tipo qualitativo, come matrici, reti di diagrammi e liste di controllo. Sono disponibili strumenti di progettazione ecocompatibile a sostegno di queste due attività, integrati da strumenti decisionali, che aiutano a prendere decisioni progettuali in merito alle tematiche ambientali e di comunicazione. La valutazione ambientale consente di ottenere informazioni che riguardano l'impatto delle principali fasi di produzione dei prodotti e la consapevolezza che non si è verificato alcun aumento di inquinamento durante la fase di miglioramento del sistema produttivo.

Nonostante il supporto fornito dagli strumenti di valutazione, si è riscontrato però che la "qualità ambientale" dei prodotti non può prescindere dal concetto di qualità in termini di servizio al cliente, dunque la funzionalità di un prodotto ecologico non può essere sacrificata in vista di un impatto ridotto.

Le indicazioni fornite ai progettisti spesso non sono sufficienti a consentire una corretta integrazione degli aspetti funzionali e quelli ambientali. Le sette strategie di eco-design proposte da Brezet e Van Hemel (1997), ad esempio coprono il ciclo di vita del prodotto come segue:

- Utilizzare Materiali a basso impatto;
- Riduzione dell'uso del materiale;
- Ottimizzazione delle tecniche di produzione;
- Ottimizzazione del sistema di distribuzione;
- Riduzione dell'impatto durante l'uso;
- Ottimizzazione della durata del prodotto;
- Ottimizzazione dei sistemi di fine vita;

Tali strategie, anche se nel complesso tendono all'ottimizzazione attraverso approcci sinergici, possono entrare in contrasto tra loro. L'utilizzo di materiali riciclati, dunque a basso impatto, potrebbe infatti ridurre significativamente la resistenza meccanica e influire

sulla durata del prodotto.

Per facilitare la corrispondenza tra la valutazione ambientale e i requisiti di funzionalità è stato introdotto il concetto di matrice eco-funzionale che consente ai designer di visualizzare le relazioni tra fattori funzionali, quali durabilità, affidabilità e sicurezza, e fattori ambientali, quali numero di pezzi, dispendio di energie, utilizzo di risorse (Lagerstedt et al., 2003).

Gli utili strumenti a disposizione del designer per la progettazione sostenibile risultano però essere incentrati sugli aspetti tecnico-produttivi e funzionali dei prodotti, senza tenere in considerazione i fattori sociali e culturali che guidano gli utenti nella scelta degli stessi. Ad un sistema produttivo efficace e sostenibile deve infatti corrispondere un bacino di utenza che risponda adeguatamente all'offerta proposta. È necessaria dunque una ulteriore integrazione degli strumenti proposti che si tenterà di definire nei paragrafi successivi del capitolo.

“From unsustainable culture to sustainable cultures”

“La questione ambientale viene gradualmente considerata un'opportunità di razionalizzazione dei sistemi produttivi ed anche l'occasione di acquisire un vantaggio competitivo per l'allargarsi del mercato dei prodotti verdi. Ma lo stesso concetto di ecoefficienza rischia di assecondare direzioni paradossali del progetto se non sottoposto a continuo vaglio critico” (La Rocca, 2015, pp. 102).

Emerge la necessità di guardare alla questione ambientale non solo da un punto di vista economico, sociale e politico ma anche e soprattutto culturale. L'approccio tecnocentrico o come lo definisce Manzini “ipertecnologico” da solo non è sufficiente al raggiungimento di una società sostenibile. E' necessario intervenire a livello culturale (Manzini & Vezzoli, 2009). Gli ampissimi progressi in termini di ecoefficienza per essere efficaci devono essere affiancati da quella che viene definita una “rivoluzione culturale” in cui il design può e deve svolgere un ruolo determinante.

L'insostenibilità generata dalla crisi globale multidimensionale che sta vivendo la civiltà contemporanea, ci ha spinti ad affrontare la questione della sostenibilità, che è stata ed è ampiamente indagata dal punto di vista economico, ambientale, sociale e politico. Tuttavia l'incidenza della componente culturale è ancora considerata marginale. L'antropologo Gregory Bateson aveva intuito già nel 1973 quanto limitante e dannosa potesse essere l'assenza di pensiero critico e la ricerca di scorciatoie che forniscono “*bag of tricks*” per sviluppi tecnico-scientifici, che ci ha portati però a dimenticare che gli ecosistemi sono anche parte dei nostri sistemi mentali, dei nostri modelli culturali e di pensiero. “Tutti i provvedimenti ad hoc non sono in grado di correggere le più profonde cause delle difficoltà, e, peggio ancora, permettono di solito a quelle cause di rafforzarsi e di allearsi” (Bateson, 1973, pp. 67). La sostenibilità dal punto di vista culturale può essere intesa dunque come la ricerca di sistemi di valori e approcci conoscitivi alternativi che siano in grado di mettere in relazione gli aspetti economici, sociali e politici della realtà attuale.

L'ecologia dunque non può essere una sottodimensione della cultura ma è piuttosto la cultura in quanto tale che deve essere ecologica. Si è soliti pensare all'ecologia come ad una sensibilità verso l'ambiente o verso le risorse finite da manipolare per aggiungere valore alla nostra cultura, mentre per le società tradizionali era la cultura ad essere un'espressione delle relazioni con l'ambiente. In questo

senso le società tradizionali possono essere considerate intrinsecamente ecologiche mentre attualmente l'ecologia risulta essere un'aspirazione che si scontra con gran parte delle produzioni materiali e simboliche della nostra epoca. In altre parole il problema non è aggiungere un'attenzione ambientale ma comprendere come è possibile ricostruire un senso della misura e del limite intrinseco, "incorporato" (embedded) nel nostro modo di vivere, di relazionarci, di rappresentarci socialmente." (Deriu, 2018, pp. 34)

Il Design in questo contesto descritto svolge un ruolo chiave ma complesso. Stiamo vivendo una situazione di emergenza e solitamente, stando a Kagan (kagan, 2020) gli stati di emergenza favoriscono lo sviluppo di evoluzioni complesse e imprevedibili sia in natura che nella società, in maniera rizomatica e non gerarchica. Non esiste infatti una sola via praticabile per risolvere la questione ambientale, ma una moltitudine di possibilità accomunate dall'obiettivo del progresso sostenibile. "Non cerchiamo una "mass answer", ma "a mass of answers" (Fletcher, 2007).

All'interno di tale sistema polarizzato e radicale in cui lo "scenario tecnologico" e lo scenario culturale" sembrano avanzare su binari paralleli e non comunicanti, il design può agire come ponte e creare connessioni intermedie che siano in grado di incentivare un processo di cambiamento, in quanto disciplina di sintesi tra produttori ed utilizzatori, tra scienza e mercato e in grado di attribuire valori e significati alla ricerca scientifica e tecnologica (Ferrara, 2015).

1.2 Scenario Tecnologico: dalla *mimesi* alla *collaborazione* con la natura

Nuovi scenari della Materia

L'attenzione per la questione ambientale si è tradotta in una rivalutazione delle risorse a disposizione dell'uomo, intese non solo in quanto materia prima da sfruttare ma anche come energia che alimenta i sistemi produttivi. L'illusione dell'infinita delle risorse ha portato allo sviluppo di un modello lineare, basato su produzione-uso-dismissione dei beni che è stato superato, negli ultimi decenni, dal modello di economia circolare (Pellizzari & Genovesi, 2021). L'obiettivo è dunque di reimmettere nel ciclo produttivo la maggior quantità possibile di risorse, dando vita a nuovi scenari della materia che rinnovano il tradizionale rapporto tra naturale e artificiale. Pellizzari e Genovesi identificano tre grandi famiglie di materiali circolari, i "biobased", ovvero materiali di origine vegetale costituiti da componenti organiche e rinnovabili; i "neoclassici", provenienti dalle miniere urbane o industriali, realizzati a partire dai rifiuti che già da tempo sono stati sottratti alla discarica, quali vetro, alluminio, acciaio, legno, carta; i materiali "ex-novo" ossia quei materiali ottenuti da scarti ritenuti irre recuperabili che grazie allo sviluppo di nuovi processi e nuove filiere rientrano nel ciclo produttivo come materia vergine.

I materiali dunque, risorsa centrale di tale processo di adattamento ad un sistema produttivo sostenibile, in quanto elementi costituenti dei prodotti, diventano a loro volta un prodotto, che deve rispondere a criteri di progettazione che non possono limitarsi alle prestazioni tecniche. Il paradigma della materia progettata, avviatosi grazie all'innovazione tecnologica, che ha modificato il rapporto con la materia consentendo di conferirle capacità camaleontiche e funzioni all'avanguardia (Ferrara, 2004), muta i suoi obiettivi, alla ricerca del perfetto equilibrio tra sostenibilità e funzionalità. Lo sviluppo di tecnologie avanzate costituisce l'elemento chiave per la realizzazione di materiali aderenti ai principi dell'economia circolare e coinvolge una vasta sfera di competenze scientifiche che variano dalla chimica, alla meccanica, all'ingegneria. Si pensi ad esempio ai

processi di polimerizzazione o degradazione, alla realizzazione di macchinari per la trasformazione delle nuove materie prime, alla gestione e organizzazione di nuove piattaforme, fino ad arrivare alla definizione di nuovi sistemi di produzione svincolati dalla produzione di massa come l'industria 4.0.

Biologia 2.0. La risposta del Design

Alle tradizionali scienze coinvolte nel sistema produttivo di materiali si aggiunge oggi la Biologia. Gli attrattori principali del progetto contemporaneo – insieme verso il quale evolve un sistema dinamico in tempo sufficientemente lungo – sono i due concetti di “immateriale” e “biologico”, generati rispettivamente dall'avvento del digitale e dall'accessibilità sempre maggiore ai processi biologici più avanzati (La Rocca, 2015). Siamo infatti nell'era della Biologia 2.0, nell'era della Biologia Sintetica che cambia radicalmente la missione della disciplina del secolo scorso. L'obiettivo non è più quello di ricercare la conoscenza e dunque apprendere i processi biologici, ma ingegnerizzarli, ossia modificarli con il fine preciso di ottimizzarli e risolvere delle problematiche (Carr, 2010); questo nuovo approccio della ricerca biologica consente applicazioni tangibili per la progettazione. È così che i processi biologici, sia naturali che ingegnerizzati, iniziano ad essere considerati alternative valide alle tecnologie più convenzionali in quanto in grado di garantire risparmi in termini di materiali ed energia, riducendo il loro impatto ambientale ed economico.

La Biologia è la tecnologia più antica; nel corso della storia della vita sulla terra gli organismi hanno instaurato relazioni complesse basate sulla reciproca utilità. La tecnologia biologica è basata su componenti subcellulari che forniscono energia alle cellule di cui sono ospiti e sostengono la maggior parte della vita sul nostro pianeta, consentono a piante alghe e cianobatteri di usare la luce del sole per trasformare l'anidride carbonica in ossigeno; a loro volta piante ed alghe costituiscono nutrimento per una vasta quantità di erbivori i quali producono anidride carbonica e altri rifiuti che sono poi utilizzati come risorse dalle piante stesse. Le interazioni tra organismi costituiscono dunque “un'economia naturale” globale che fornisce

risorse a diverse scale; l'uomo ha sempre fatto affidamento su questa economia biologica per garantirsi cibo, ossigeno e altri servizi. La nostra economia industriale si basa principalmente su tecnologie non biologiche; la rivoluzione industriale fu costruita principalmente con fuoco, minerali e chimica. Ora, tuttavia, il paradigma economico sembra stia cambiando rapidamente, incorporando e facendo affidamento su nuovi organismi geneticamente modificati attraverso l'applicazione dello sforzo e l'ingegno umani.

Nel 2007, le entrate negli Stati Uniti risultanti dalle attività di sintesi genetica dei sistemi biologici sono equivalenti a circa il 2% del totale prodotto interno (PIL). Il totale include tutti i prodotti che riuniamo sotto il termine “Biotecnologia”, ossia medicine, colture, materiali, enzimi industriali (Carlson, 2010). Nonostante la tecnologia di base sia attualmente più acerba rispetto ad altri settori dell'economia, le attuali biotecnologie dimostrano prestazioni economiche impressionanti. Molti paesi stanno investendo nel campo con l'obiettivo specifico di migliorare l'assistenza sanitaria, fornire carburanti e materiali e aumentare i raccolti. Gli sforzi di ricerca stanno ora accelerando, aiutati dai rapidi progressi nella tecnologia che usiamo per manipolare i sistemi biologici. È già possibile convertire le informazioni genetiche in forma elettronica e viceversa con una facilità senza precedenti. Gli investimenti e gli avanzamenti stanno portando il costo delle tecnologie di sintesi del DNA a diminuire della metà ogni 18 mesi, su una curva simile alla “Legge di Moore” per l'elaborazione del computer. Gli scienziati sono già in grado di stampare in 3D parti biologiche direttamente in laboratorio; l'abbassamento dei costi e dunque la democratizzazione dei processi sta portando allo svilupparsi della “Biologia da garage” (Benjamin, 2010), fenomeno simile a quello dei makers, che potrebbe innescare una vera e propria rivoluzione in termini di innovazione.

In questo contesto nasce il Biodesign che supera l'approccio biomimetico, il principio rivoluzionario "dalla culla alla culla" (McDonough, 2003) la "vaghezza" dell'ecodesign e incorpora gli organismi viventi nella produzione. La priorità del progetto resta la funzione, rispettando dunque le linee guida dell'approccio Green definito come la filosofia di progettazione del prodotto che considera le prerogative ambientali come obiettivi di progettazione e non come vincoli e mira a incorporarle nel progetto senza compromettere le prestazioni, la qualità, la funzionalità e la vita utile dell'oggetto. Il Biodesign dunque mira a sostituire i sistemi industriali o meccanici con processi biologici che tendono ad essere più rinnovabili, riducendo fabbisogno di materia ed energia (Mayers, 2010); dissolve i confini tra ambienti naturale ed artificiali costituendo nuove tipologie ibride di artefatti.

1.3 Scenario Culturale

Natura e Cultura. Antropocentrismo Ecologico ed Eco-centrismo

Nel corso della storia si è assistito a una separazione tra Natura e Cultura. Le antiche culture animiste si consideravano parte integrante dei sistemi naturali e avevano una relazione più diretta e simbiotica con la Natura, che rendeva i loro impatti (positivi e negativi) sull'ambiente circostante più tangibili e viscerali, e questo senza dubbio influenzò il modo in cui percepivano sia l'ambiente che il loro ruolo al suo interno. Tuttavia, nell'epoca contemporanea, la nostra specie ha avviato un processo culturale di separazione dai sistemi naturali, trasformando la Natura in un qualcosa d'altro rispetto all'uomo e la polarizzazione è stata cristallizzata dal principio secondo il quale più la Natura è oggettivata come un'entità esterna, più si è separati da essa. Razionalizzando l'essere umano, la cultura occidentale ha cominciato a percepire l'umanità come estranea alla Natura, con la quale ha instaurato un rapporto di superiorità basato sul dominio e lo sfruttamento.

L'antropologo Philippe Descola nel suo saggio "Oltre Natura e Cultura" individua diversi fattori responsabili del complesso processo che ha portato al Naturalismo, basato sul pensiero positivista. Tra questi il progresso tecnologico, inteso quale il progresso delle arti meccaniche, che ha consentito un maggiore controllo sugli ambienti e dunque il passaggio da una conoscenza fondata sull'interpretazione a una scienza universale basata sull'ordine, la misura e un approccio quantitativo (Descola, 2005). Il rapporto instauratosi dunque tra Intelletto umano e Natura è stato di tipo patriarcale, il cui scopo è stato quello di conoscerne e comprenderne i fenomeni in vista dell'obiettivo ultimo di domarla e dominarla (Adorno & Horkheimer, 1947). Tale idea di dominio ha influenzato non solo la Ricerca Scientifica ma anche tutto il pensiero Occidentale ed ha guidato l'agire dell'uomo Moderno su diversi livelli, primo fra tutti il sistema produttivo.

Il primo passo verso il superamento della dicotomia avvenne attraverso il rovesciamento della scala tassonomica che classificava gli esseri dal più al meno perfetto e li considerava immutabili. Il rovesciamento è avvenuto per opera di Lamarck che per primo indivi-

duò il ruolo degli infusori da cui via via, attraverso i mutamenti si è arrivati all'uomo. Nel campo della Biologia questo ribaltamento è stato l'equivalente di quella che era stata in Astrologia la rivoluzione Copernicana. L'uomo si ritrova dunque ad essere implicato in un processo biologico evolutivo e non più creazione di una mente divina. La sua relazione con la natura muta dunque irreparabilmente e con essa la concezione del suo ruolo sul pianeta. Anche se la teoria di Lamarck è stata attualmente superata dalla teoria evoluzionistica di Darwin, essa ha costituito il punto di non ritorno per una rivoluzione Culturale che, dagli anni 70 ad oggi è sempre più proficua, ma soprattutto necessaria, e che ci ha condotti oggi alla definizione della metafora di Gaia.

La teoria di Gaia, ipotizzata da Lovelock nel 1979, classifica animali ed entità inanimate in un'unica categoria in quanto tiene in considerazione le innumerevoli e complesse relazioni che intercorrono tra tutti gli elementi della terra, dalla materia agli esseri viventi, riabbracciando in parte le culture olistiche e animistiche per cui l'uomo è parte della natura. La visione tecnocratica e meccanicistica della terra e la Natura come elemento da guidare, governare e condurre da una posizione elitaria, superiore, da un punto di vista quasi esterno ad essa, viene sostituita da una visione che accetta la complessità del mondo. L'uomo torna ad essere "terrestre" e ciò implica che il suo punto di osservazione dei fenomeni naturali torna ad essere interno al sistema stesso che ne riconosce l'irriducibilità in quanto sistema complesso e dunque ricolloca la propria posizione. Ciò implica un decentramento dalla cabina di comando e il conseguente allontanamento dall'antropocentrismo. I termini *dominio* e *comando* vengono sostituiti da *cura* e *accudimento* in quanto la Natura viene riconosciuta come essere vivente in rapporto simbiotico con l'uomo. (Manzini, Lectio Magistralis Assemblea Sid, 2021) Riconoscersi parte del «Terrestre» o di Gaia, con Lovelock, come di un ipercomplesso sistema ecologico di forme di vita, che continuamente rigenerano le proprie stesse condizioni di vivibilità, è un presupposto per riconoscere la necessità di ripensare e rinegoziare le forme di vita umana e non umana. Ripensare le forme di vita umana nell'ambito dell'ecologia politica che deriva da quest'ultimo ampliamento dell'orizzonte proposto da Latour, significa riconcettualizzarle non più nei termini di *sistemi produttivi* (di merci) ma di *sistemi generativi* (di vita). In questa prospettiva, le forme di vita non umana si presenteranno non più come risorse di cui appropriarsi ma come agenti di una medesima ecologia con cui con-vivere.

Nonostante i passi avanti a livello teorico la visione Antropocentrica continua ad essere dominante nelle attività pratiche di produzione e viene perpetuata anche nell'affrontare le questioni della Sostenibilità ed Ecologia. E' possibile individuare infatti due principali pratiche ecologiche che fanno riferimento a due visioni contrapposte: l'Antropocentrismo Ecologico e l'Eco-centrismo (Naess, 1998). Il primo, come annuncia la definizione rimane ancorato alla visione Antropocentrica e cerca di conciliare lo stile di vita consumistico dell'uomo con la conservazione e tutela ambientale, perpetuando l'obiettivo del benessere dell'uomo e dunque del progresso che agisce linearmente in vista del miglioramento delle condizioni di vita dell'essere umano a scapito delle altre specie.

L'Eco-centrismo invece mira alla conservazione e tutela dell'ambiente nel suo complesso in quanto bene indipendente dall'uomo. Si basa sui principi di Bioeconomia, Economia Ecologica e sulla teoria della decrescita, che si sviluppano a partire da un approccio di cura e comunione con l'ambiente stabilendo rapporti di collaborazione e di co-evoluzione che ambiscono alla salvaguardia dell'ambiente nella sua complessità. Tali rapporti agiscono trasversalmente, in maniera rizomatica, tenendo conto della moltitudine di interconnessioni che legano tutte le specie viventi. E' questo principio di convivenza e collaborazione che sta alla base della riconsiderazione dei sistemi produttivi e che è potenzialmente in grado di innescare un cambiamento di paradigma.

Il rinnovato rapporto con la Natura investe il campo del Design che instaura, attraverso nuovi approcci, diverse modalità di interazione che la Designer Carole Collett, Co-Direttrice del centro di ricerca "Living Systems Lab" del Central Saint Martins di Londra, ha classificato in quattro modalità (Collet, 2016):

Nature as a model, approccio basato sui principi della biomimetica in cui i designer esplorano i comportamenti, le strutture e le relazioni della Natura per trasferirle in prodotti che ne imitano il funzionamento. Questo approccio però tendenzialmente utilizza processi convenzionali che non sono necessariamente sostenibili.

Nature as co-worker, approccio che combina i principi della biomimetica e tecniche di coltivazione e crescita naturale. Il designer diventa un "coltivatore" che fa crescere e controlla la morfologia dei materiali collaborando e cooperando con organismi viventi come

batteri, funghi o alghe. A questa categoria appartengono i materiali fermentati come lo Scoby e Il Mogu a base di micelio.

Nature as a Hackable System, l'approccio più recente, realizzabile solo grazie agli avanzamenti nel campo delle biotecnologie e della biologia sintetica, che consente l'ingegnerizzazione genetica di organismi viventi elementari, sotto il nome di biodesign. Ciò consente di poter controllare i processi di crescita, solitamente di batteri, e i risultati dei processi di metabolizzazione, per ottenere risultati in termini di funzionalità o morfologia. Tale approccio è fonte di dibattito nello scenario interdisciplinare in quanto è potenzialmente al limite dei principi etici, biohacking e biologia da garage.

Nature as conceptualized system, che sfrutta la capacità di proiezione del Design di visualizzare le nuove tecnologie attraverso strumenti di critical e speculative. I designer sono in grado infatti di tradurre ricerche scientifiche complesse in scenari tangibili e agire come "provocatori" per portare alla luce nuove possibilità, questioni etiche o prospettive alternative sul futuro della sostenibilità, spesso in maniera dirompente e distopica. L'obiettivo è riuscire a fornire scenari concreti di applicazione dell'innovazione tecnologica nel quotidiano, rendendoli comprensibili, aiutando la popolazione a familiarizzare con essi ma anche suscitando riflessioni e considerazione sulle possibili derive ed utilizzi impropri.

Bio-based /Neoclassici/ Ex-novo



Materiali bio-based completamente organici, realizzati a partire da materiale di scarto



ROTHCOF2276
Materiale realizzato utilizzando gli scarti dei frutti di mare ed il caffè macinato. Trova impiego nel mondo della moda come alternativa sostenibile alla pelle sintetica e animale.



RPLA2346
Materiale realizzato con fiocchi di polietilene espanso riciclato riagglomerati a caldo tramite resine poliuretaniche. Partendo dagli scarti di lavorazione del polietilene espanso a cellule chiuse, questi vengono selezionati, lavati e lavorati a formare dei pannelli.



RGLA2403
Materiale realizzato al 100% in vetro riciclato pre e post-consumo proveniente da scarti di produzione industriale e bottiglie. Mediante processi di frantumazione e classificazione, il vetro viene trasformato in granulato.

Bio-based /Neoclassici/ Ex-novo

RPLA2315

Materiale composto da poliuretano espanso riciclato, derivato dall'agglomerazione di scarti di prodotti imbottiti come arredi, calzature e parti di sedili, o sfridi di lavorazione. E' utilizzabile in tutte le tipologie edilizie, per applicazioni in coperture, pareti e solai o nella realizzazione di imbottiti.



RCOT2178 Materiale realizzato al 73% in linters di cotone, ovvero cascami di scarto provenienti da filiere produttive, uniti a componente minerale quali caolino micronizzato, terre coloranti, pigmenti in polvere, sali ignifughi, senza l'utilizzo di coloranti e mordenti chimici.



ROTH2143

Materiale realizzato in muschio verde chiaro riciclato. Può essere applicato su un pannello laminato (HPL) o una pellicola adesiva traslucida. Trova impiego nella realizzazione di rivestimenti murali, nell'arredamento di interni e nella realizzazione di mobili.



NOTH2196

Materiale ottenuto dalla grana finale della palma in rattan. Si tratta di un materiale traslucido, fonoassorbente e permeabile all'aria che può essere modellato e sagomato. A seconda dello spessore, il grado di traslucenza varia se visto da diverse angolazioni.



Nature as: co-wroke: Designer Coltivatori



Nancellulosa di origine Batterica



Micelio Mogu



Radici
Diana Scherer



Alghe
Lisa Schultz

Cultura Insostenibile e Consumismo Estetico

Se dunque, come emerso nel paragrafo precedente, si è assistito a uno sforzo teso all'annullamento, almeno a livello teorico, della dicotomia Natura-Cultura, con conseguente presa di coscienza dell'interconnessione sistemica tra uomo e ambiente, nella pratica della quotidianità legata alla produzione e al consumo di prodotti non è possibile constatare la stessa tendenza. Le motivazioni affondano in questioni radicali legate al modello culturale per il quale la condizione di benessere viene identificata con il possesso di beni materiali, dal valore non necessariamente quantificabile in termini economici (Manzini & Vezzoli, 2009).

Johnatan Chapman, nel suo libro "Emotionally durable Design" affronta il tema del consumismo affermando che chiedere a un essere umano di non consumare equivarrebbe al chiedere a un vampiro di smettere di nutrirsi di sangue. Dalla sua analisi sulle motivazioni che alimentano la pratica del consumo indiscriminato emerge in fatti che considerare il consumismo uno stile di vita è erraneo in quanto esso è la vita stessa: fornisce un valore inestimabile, si fa mezzo di elaborazione e interazione con un mondo in continua evoluzione che facilita l'apprendimento e lo scambio sociale attraverso l'assunzione continua di nuove esperienze. L'istinto a consumare è sintomatico di una specie affamata di stimoli che si interfaccia con un mondo omogeneizzato (Chapman, 2005).

Nell'immaginario collettivo si è spesso inteso il concetto di sostenibilità in opposizione al concetto di consumo, delineando uno stile di vita volto alla rinuncia e alla negazione. Il consumo di beni materiali tuttavia è guidato da motivazioni complesse ed è in realtà molto più che il semplice acquisire nuovi oggetti. Può essere considerato come un infinito viaggio personale alla ricerca del sé ideale desiderato che avviene attraverso un processo di costruzione e distruzione incrementale. Il possedere oggetti materiali è legato al bisogno di soddisfare valori specifici nel tentativo di identificarsi in stili di vita idealizzati. Dietro al consumo di prodotti c'è dunque molto più che la semplice necessità funzionale. Nell'interfacciarsi con essi infatti vengono generate delle risposte a livello cognitivo che interferiscono con l'esperienza d'uso, rendendola più o meno apprezzabile a seconda del tipo di coinvolgimento. Donald Norman, psicologo cognitivo statunitense, ha dedicato le sue ricerche proprio ai fattori che determinano quello che definisce "emotional engagement" con

i prodotti, individuando tre tipi di risposta emotiva: viscerale, riflessiva e comportamentale.

Dei tre livelli cognitivi individuati da Norman, il riflessivo è il più vulnerabile all'impatto della cultura, dell'esperienza, dell'educazione e delle differenze individuali. I livelli viscerale e comportamentale riguardano l'adesso mentre il livello riflessivo riguarda il passato e il futuro (Norman, 2009).

Il Design riflessivo concerne le riflessioni a lungo termine, la soddisfazione derivante dal possedere, mostrare, usare un prodotto. All'interno del livello riflessivo acquista importanza la relazione tra il prodotto e l'identità personale, l'orgoglio (o la vergogna) di possedere o di utilizzare qualcosa.

I prodotti dunque hanno la capacità di diventare un riflesso, in termini simbolici ed immateriali, delle identità individuali, ed è proprio il continuo processo di riformulazione delle identità, che caratterizza la società post-moderna, ad alimentare un circuito di dismissione precoce dei prodotti i quali diventano obsoleti in tempi brevissimi. Nell'affrontare la questione del consumo, inteso in contrapposizione all'uso per la sua accezione temporale di bene che implica un termine di utilizzo, il concetto di Obsolescenza (O.) necessita di un approfondimento per comprendere le dinamiche che determinano la dismissione dei prodotti.

E' necessario infatti evidenziare la distinzione tra O. Assoluta, che intacca l'integrità del prodotto e ne rende impossibile l'utilizzo, e la O. Relativa che si verifica quando il prodotto, o servizio, è ancora in grado di svolgere la funzione per cui è stato progettato ma viene ugualmente sostituito da un modello più recente (Packard, 1964; Bodenstein et al., 1981). Sono diversi i fattori che determinano l'Obsolescenza Relativa dei prodotti, che può avvenire naturalmente o essere "pianificata" (Planned Obsolescence) ossia progettata dal produttore in modo che il ciclo di vita del prodotto sia inferiore di quanto tecnicamente possibile. La relatività di questo tipo di Obsolescenza risiede nel fatto che gli elementi che la determinano non sono necessariamente oggettivi bensì variano in relazione ai singoli soggetti. Nonostante la complessità di tali dinamiche sono stati individuati i principali fattori che la influenzano: da una prima analisi emerge l'esigenza di distinguere tra gli aspetti funzionali e quelli psicologici. L' O. funzionale è infatti generata dall'introduzione nei mercati di prodotti che svolgono più efficacemente la funzione assoluta; essa può essere influenzata da fattori tecnici, ossia quando i prodotti diventano tecnicamente obsoleti da un punto di vista

gnoristico e di usabilità; ecologici, per i quali il prodotto non rispetta i criteri di sostenibilità e risulta nocivo per l'ambiente; economici, quando il valore di un prodotto risulta inferiore ai prodotti più recenti in commercio, tenendo in considerazione anche ciò che concerne l'installazione, la manutenzione e lo smaltimento (Burns, 2010; Zalles-Reiber, 1996). Le dinamiche che portano all'O. funzionale risultano essere dunque questioni meramente tecnico-prestazionali a cui è possibile porre rimedio attuando strategie che prevedano l'aggiornamento continuo dei dispositivi o dei prodotti, l'estensione di garanzia, che ne consenta la riparazione, o la promozione di pratiche di noleggio che ne garantiscano la sostituzione senza passare per la dismissione e dunque la creazione di rifiuto. Non è altrettanto immediato determinare il tipo di intervento che possa contrastare il fenomeno di Obsolescenza Psicologica, che riguarda dinamiche sociali e comportamentali, in cui però i designer possono svolgere un ruolo determinante. Il fattore psicologico fa sì che un prodotto venga considerato obsoleto nel momento in cui viene introdotto nel mercato un modello più moderno, e innesca così un processo per cui il desiderio del nuovo diventa un bisogno da soddisfare. La componente estetica è una delle principali responsabili dell'Obsolescenza psicologica; i prodotti diventano esteticamente obsoleti quando il loro aspetto non è più accettabile in quanto le interazioni durante l'uso ne hanno intaccato l'integrità formale. "L'invecchiamento, che sia gradevole o meno, dei prodotti può risultare indeterminante nel momento in cui l'Obsolescenza viene percepita per questioni di stile, dunque per il desiderio di un aggiornamento continuo dettato dalle mode o dalle tendenze (Heine, 1968). Infine è possibile individuare quella che viene definita Obsolescenza sociale, per cui i prodotti sono considerati socialmente obsoleti, quando c'è un cambiamento nel modo in cui sono percepiti (Burns, 2010; Zalles-Reiber, 1996). In realtà dunque anche i fattori che determinano l'obsolescenza psicologica possono essere considerati da un punto di vista funzionale nel momento in cui si considerano le funzioni svolte non in riferimento a questioni pratiche di utilizzo, dunque materiali, bensì legate alla dimensione immateriale tipica dell'attitudine post-moderna per cui i prodotti diventano incarnazione di significati. Sia il modernismo, che considerava i prodotti principalmente per la loro funzione, che il postmodernismo, che invece si allontana dalla funzione materiale per concentrarsi su quelle immateriali, ci hanno allontanati dal concetto di materia in vista dell'idea di funzione e nel fare ciò hanno scalfito il fenomeno dell'attaccamento ai prodotti,

che acquisiscono dunque una durata inferiore in quanto possono essere facilmente sostituiti. Poche strategie di riduzione degli sprechi si sono soffermate sul problema dell'estensione del piacere degli utenti in relazione a una maggiore longevità del prodotto, oltre che attraverso un appello ai valori più cerebrali associati con l'etica, la spiritualità e un senso di una più ampia comunità di interessi.

Il percorso verso il consumo sostenibile richiede la trasformazione di questi valori importando sistemi di valore dall'esterno del moderno mercato capitalista. Questa trasformazione può procedere con un approccio "top-down", ossia diffondendo la conoscenza dei limiti del modello consumistico e dei vantaggi dei valori sostenibili; o con un approccio "bottom-up", per cui i prodotti sostenibili risultano più attraenti e incentivano la pratica del consumo sostenibile in un settore, per poi diffondersi ad altri.

Dall'analisi sul concetto di obsolescenza psicologica emerge come l'estetica, il gusto e il design necessitino di una considerazione elevata e non marginale e superficiale come spesso si è tentati a credere, in quanto costituiscono il motore che alimenta il consumo e sono questioni cruciali per la comprensione e visualizzazione di percorsi attuabili verso un futuro sostenibile. Il consumo resta infatti una tra le principali cause di dispendio di risorse ed energie, nonostante l'incentivazione di processi di dematerializzazione (Dobers and Wolff, 1999; Gardner and Sampat, 1999; Sun, 2000).

Di fronte alla produzione sterminata di prodotti del mondo occidentale, un numero sempre maggiore di aziende ha individuato nella componente estetica e morfologica il fattore competitivo che ha condotto alla tendenza ad "elevare" prodotti e servizi infondendo significati e trasformando i beni materiali in concept e stili di vita.

Lash and Urry sostengono che viene assegnato un valore sempre maggiore al segno e all'immagine nell'ambito dei prodotti materiali che dà vita a una visione estetica della dimensione materiale che a sua volta viene esperita tramite la produzione e la circolazione di tali beni (Lash and Urry, 1994, p. 15.).

A partire dall'analisi di questo fenomeno di estetizzazione della società sono state introdotte diverse pratiche progettuali che individuano proprio nel consumo estetico non solo l'origine del problema ma anche il punto da cui partire per strutturare percorsi di cambiamento: *Eternally yours* (Van Hinte, 2004), *Design for Emotional Durability* (Chaoman, 2015), *Long Lasting Products* (Cooper, 2005),

Aesthetic Consumption (Venkatesh, 2008), *Sustainable Aesthetic* (Harper, 2018).;

La prospettiva estetica intende sfidare l'idea che il Design sostenibile debba distruggere per poi ricostruire da zero. L'obiettivo non è quello di convincere le persone a comprare determinati prodotti, bensì di responsabilizzarle verso acquisti etici ed estetici per limitare il fenomeno dell'*overconsumption*. La strategia individuata è quella di progettare prodotti durevoli, che possono ad esempio essere riparati o ri-utilizzati, ma non solo dal punto di vista prestazionale: i prodotti sostenibili dovrebbero infatti essere abbastanza attraenti da far innescare processi di "accudimento" per cui l'utente sia stimolato a ripararli, ri-utilizzarli e non sostituirli in quanto appagato dall'esperienza.

Progettare per la sostenibilità significa promuovere l'innovazione non solo nei prodotti e nei servizi, ma nei metodi di lavoro, comportamenti e nei processi aziendali. Questo porta i progettisti in un territorio inesplorato per cui necessitano di nuovi strumenti, nuove competenze, nuove conoscenze.

Manzini nel testo "Design multiverso. Appunti di fenomenologia del design" (2004) introduce il concetto di discontinuità sistemica: la Sostenibilità, nel suo senso forte, implica una tale profonda trasformazione delle attività di produzione e di consumo che implica una discontinuità sistemica, ossia un cambiamento così radicale che non può essere immaginato come il risultato dell'innovazione incrementale delle tecnologie in uso, o come modifica parziale delle modalità in cui le società industriali producono e consumano. Occorre pertanto considerare la possibilità di conseguire la sostenibilità nei termini di una transizione verso una nuova economia e una nuova cultura, nel modo più accettabile per la società, assicurando continuità produttiva e sociale.

E' chiaro dunque come sia necessaria un tipo di innovazione la cui radicalità non è basata sugli sviluppi tecnologici, ma sul modo in cui le innumerevoli tecnologie a disposizione vengono sistematizzate e soprattutto nel modo in cui l'innovazione è radicata nel contesto sociale e ambientale. Tale approccio all'innovazione è materia per il design, piuttosto che per la ricerca tecnico-scientifica, che attraverso un'attività strategica sarà in grado di progettare famiglie di prodotti e servizi che si inseriranno anche, e soprattutto, nei contesti socio-culturali.

1.4 Il ruolo strategico del Design

Il Design nel modello di Cultura Autopoietica

Il rapporto che intercorre tra la tecnologia e il modo in cui essa impatta sui sistemi sociali e culturali è storicamente oggetto di riflessione. Se da un lato è stato riconosciuto come le due siano in un rapporto di reciprocità, non è stato possibile però determinare in che modo l'una sia in un rapporto di dipendenza dall'altra. Dalle riflessioni a riguardo sono emersi due modelli deterministici che vedono l'alternarsi dell'incidenza di uno dei due poli del binomio. Da un lato la teoria riduzionista definita "Determinismo tecnologico", che individua nell'avanzamento tecnologico e negli sviluppi tecnici le uniche cause dei cambiamenti nella società, per cui la tecnologia è vista come la condizione fondamentale che soggiace ai modelli di organizzazione sociale (Ingold, 2001); dall'altro il determinismo sociale, che sostiene invece che ogni innovazione sociale è possibile soltanto nel momento in cui esiste una spinta sociale e sono i bisogni umani a determinare l'emergere di nuove tecnologie (Brethon, 2001). Ingold sostiene che entrambe le teorie proposte risentano del non considerare il rapporto di interdipendenza tra la dimensione tecnologica e sociale e come esse si influenzino vicendevolmente. Il Design storicamente, attraverso la progettazione, risponde ai bisogni della società in cui vive confrontandosi con i metodi e le tecniche del tempo, mutando il proprio carattere in maniera costante e coerente agli avanzamenti tecnologici e culturali. Esso ha la capacità di impattare sulla cultura umana in quanto, oltre a partecipare alla costruzione delle fondamenta della nostra civiltà e dei manufatti che ne costituiscono l'ossatura, plasma i comportamenti che si ripercuotono sulla vita, in tutte le sue forme. L'esempio forse più significativo del carattere ricostituente del Design è dato dalla XXII Triennale di Milano "Broken Nature", curata da Paola Antonelli che ha esplorato il tema del "Design come strumento di riparazione". I prodotti esposti hanno mostrato le possibili sinergie e correlazioni tra avanguardie tecnologiche e pratiche antiche, tra universalità di linguaggi e specificità di culture, tra emergenze globali e risposte territoriali, facendo emergere la peculiarità della disciplina di fraporsi "between revolution and everydaylife" (Antonelli, 2019).

klaus Kippendorf, professore di Cybernetica, Linguaggio e Cultura

presso la Annenberg School for Communication, in Pennsylvania, entra nel merito delle dinamiche che consentono al design di impattare sui sistemi sociali e culturali, proponendo un modello di cultura Autopoietica basato sulla teoria delle forme di vita, sviluppata dai biologi Muratura e Varela (Kippendorf, 1980). Un sistema autopoietico è un sistema che ricostituisce completamente se stesso a partire dalle relazioni funzionali che gli elementi che lo costituiscono elaborano reciprocamente. Kippendorf costruisce un parallelismo tra i sistemi autopoietici naturali e i modelli culturali, definendo la cultura in quanto rete di processi e produzione di significati generati e rigenerati continuamente e che partecipano ricorsivamente, attraverso le loro interazioni, alla generazione di nuovi processi e significati. Il design si inserisce in questa rete di processi e contribuisce all'autopoiesi culturale attraverso la produzione di artefatti dal valore semantico che generano senso e vengono assorbiti simbolicamente nei tessuti sociali. Il modello di Kippendorf è dunque un modello ricorsivo: la produzione di artefatti e l'innovazione dei processi tecnologici influenza la cultura che a sua volta influenza la produzione di artefatti e lo sviluppo di processi. I prodotti veicolano significati e la produzione di quei valori è data tanto dal designer che infonde un plus semantico ai prodotti attraverso la forma, attingendo ad immaginari atavici e ad archetipi radicati nella cultura, tanto dagli utenti che a loro volta, soggettivamente, assegnano significato agli artefatti. Il design, all'interno di questo sistema, dunque informa e al tempo stesso è informato dai prodotti che si caricano di valori.

I Materiali per il Design

I materiali svolgono un ruolo chiave nel processo di creazione di valore semantico degli artefatti; essi costituiscono un veicolo di significati e “stimolano una tensione emozionale con la nostra memoria storica: una condizione che il designer sublima in prodotto in qualsiasi progetto, interagendo .con i processi di produzione.” (Paris, 2009)

L’attenzione verso i materiali è nata intorno agli anni 80 in cui diversi autori si sono concentrati sul valore delle qualità *soft* (della Materia (Petrillo 1983, Castelli,1985; Manzini, 1986; Branzi,1984) in questo contesto si vuole però indagare il ruolo culturale che i materiali hanno svolto e il ruolo cruciale che possono incarnare nel determinare nuovi modelli culturali.

L’antropologa Eleonora Fiorani nel libro “Leggere i Materiali con l’antropologia e la semiotica” (1998) propone un quadro esaustivo di quanto i materiali siano il corpo e la carne del mondo e della società e fanno parte del vissuto collettivo ed individuale, dell’immaginario e del gusto. Ogni epoca ha avuto i suoi materiali prediletti e in essi si è riconosciuta; la materia è considerata come possibile forma o simbolo, è insieme il gesto e il progetto che lo manipola e lo assume caricandolo di valori. I materiali sono un documento fondamentale dei modi d’essere di una società e di una cultura e possiedono un’alta configurazione performativa (Fiorani, 1998). Sono indicativi delle tecniche e del livello tecnologico di una società in quanto la loro utilizzazione implica specifiche tecnologie e muta con esse.

Nell’ambito progettuale il discorso non cambia, anzi viene amplificato. Mike Ashby e Kara Johnson (2010) descrivono infatti il ruolo dei materiali per il progetto come particolarmente fondante in quanto questi ultimi andranno a relazionarsi in maniera diretta sia con l’ecosistema di riferimento che con i fruitori, ovvero gli utenti dei prodotti. I materiali hanno dunque la peculiarità di impattare sia sui “macro ambienti” sia sui “micro-ambienti” luogo delle nostre attività quotidiane; essi infatti in quanto primo mezzo di interazione tra artefatti e fruitori sono legati alla sfera percettivo-sensoriale, fondamentale nel processo di creazione del legame emotivo con i prodotti che ci circondano (Normann, 2003) che diventa motivo di scelta di acquisto a parità di prestazione dei prodotti (Verganti, 2009). I materiali sono dunque “presenze attive e persuasive, cambiando i materiali infatti cambiano anche i sistemi percettivi ed emotivi” (Fiorani, 2000) e costituiscono dunque il luogo di costru-

zione delle strutture sociali.

I cambiamenti apportati dai nuovi scenari della materia sostenibile, descritti nel paragrafo precedente, incidono in maniera preponderante sui sistemi percettivi e ciò determina un rallentamento in termini di diffusione in quanto caratterizzati da estetiche inconsuete e prestazioni “incerte”. Il design è dunque chiamato a svolgere un lavoro di “riconfigurazione sensoriale” dei nostri ambienti di vita per consentirne l’adattamento e l’apprezzamento. Storicamente l’arte si è occupata di fornire gli strumenti necessari per comprendere i cambiamenti indotti dalle innovazioni tecnologiche e di saperi attraverso la sperimentazione di linguaggi sensibili in grado di appagare il bisogno di stabilità di fronte ai cambiamenti del sistema percettivo. (Catucci, Ferrara, Lucibello, 2018). Oggi il Design ha sostituito l’arte in questo processo di “*Sensory Remapping*” in quanto disciplina di sintesi tra innovazione tecnologica, ricerca estetica, produzione significativa e funzionalità, che agisce nella dimensione del quotidiano.

Già Manzini in “La Materia dell’Invenzione” (1986) riconosce tale potenzialità, non solo del Design, ma del Design dei materiali e dunque delle qualità *soft* della materia e di quanto esse possano risultare cruciali nella gestione di nuovi paradigmi materici (Manzini, 1986). Egli sostiene come sia necessario appellarsi a dei riferimenti culturali che siano in grado di ri-orientare di fronte allo smarrimento generato dall’inconsueto, che vanno ricercati all’interno dei sistemi di relazioni che intercorrono tra utenti e prodotti, tra materia e identità, tra società e pattern di consumo.

Dal quadro descritto emerge dunque il contributo fondamentale che il Design è in grado di apportare nel percorso verso la sostenibilità intesa non più solamente in termini di eco-efficienza, ma in quanto cultura alla base delle società sostenibili. Questa recente consapevolezza nei designer ha portato alla sperimentazione di nuove pratiche progettuali che individuano nel materiale l’elemento essenziale e non più marginale.

Nuove Culture Materiali del Design

In risposta all'urgenza di superare il processo di produzione-fruizione-smaltimento degli artefatti, la Ricerca nel campo dei materiali, sostenuta dal rapido avanzamento tecnologico, sperimenta alternative materiche biologicamente coerenti con il nostro ecosistema, ispirandosi al principio di equilibrio dei sistemi naturali che non contempla il concetto di rifiuto. Il progettista si trova a fare dunque i conti con ciò che pre-esiste e con lo scenario dettato dalla crisi ecologica, dunque attinge agli scarti come a una seconda natura e la ricaduta estetica di questa operazione è una tematica centrale nel progetto contemporaneo che va oltre il mero riciclo dei materiali. (La Rocca, 2015). Ci si confronta quindi con materiali a basso profilo prestazionale e ad alto valore etico, che faticano ad uscire dalla fase di sperimentazione; al dibattito partecipano attivamente non solo gli ingeneri dei materiali, ma anche i designers i quali si interrogano sul tema attraverso diversi approcci: le pratiche del material tinkering (Karana et al, 2014)) che creano nuove relazioni tra designers, tecnologie, processi di produzione e materiali e danno come output i cosiddetti Do It Yourself (DIY) materials (Rognoli et al. 2016). Tali sperimentazioni materiche hanno come obiettivo il determinare una forte incidenza sul processo progettuale che parte dal materiale per arrivare al prodotto "design through materials" (Lucibello, 2019) applicando i principi della Material driven Innovation.

Il campo dei Materiali, multidisciplinare per propria natura in quanto in grado di rappresentare il più avanzato stadio dell'Innovazione Tecnologica e al contempo incarnare il più viscerale e atavico dei legami emotivi legati alla fruizione, è indagato da prospettive e approcci di saperi e scienze diversi e spesso molto distanti tra di loro. Assistiamo in questi anni a un processo di trasversalizzazione della conoscenza e di ibridazione di pratiche e conoscenze che travalicano i confini disciplinari in cui il design intesse relazioni fruttuose. "Il design, disciplina flessibile all'incrocio tra discipline diverse e priva di una propria epistemologia «forte» e riconoscibile, può caricarsi, con molta modestia, della responsabilità di connettere scienze e saperi sul tema dei materiali traducendo da una «lingua» specialistica all'altra, senza perdere d'occhio gli obiettivi del confronto." (De Giorgi, 2020).

A ciò è corrisposta una ibridazione nelle metodologie che mette in relazione gli strumenti e i metodi propri della cultura del design con le modalità di indagine e di sperimentazione proprie della scienza,

favorendo il dialogo tra competenze diverse nel processo di definizione dei nuovi materiali (Lucibello, 2019).

Già con l'introduzione del paradigma della materia progettata, per cui si passa dal plasmare la materia alla manipolazione della sua struttura, il Design acquisisce un ruolo primario nel processo di progettazione delle qualità sia tecnico-funzionali che estetico-percettive, supportato da una sempre maggiore scientificità dei metodi. Attingendo ai principi della "Material Experience" il design interroga i materiali per definire non più cos'è il materiale, bensì che cosa fa (Manzini, 86), cosa trasmette, cosa esprime e in che modo è coinvolto nella User experience. E' questa per Manzini la chiave di intervento per accelerare i processi di introduzione nei mercati di materiali innovativi, ed è stata riconosciuta anche da aziende e centri di ricerca che si affidano alla guida del Design nella progettazione e definizione della qualità e delle potenzialità inesprese della materia. Nasce così il Material Driven Design (Karana et al.) che fornisce un metodo di progettazione a partire dal materiale dal forte carattere esperienziale. Progettare con il materiale implica individuare le caratteristiche peculiari attraverso l'attività del tinkering with Materials, letteralmente "pasticciare" con la materia alla ricerca della sua identità (Manzini, 1986).

Attraverso l'utilizzo di metodi low-tech e pratiche collaborative, makers e creatori hanno dato vita al movimento del "Material Activism" che propone modelli di ricerca interdisciplinare con l'obiettivo di creare nuove reti e sistemi per la produzione dei materiali. L'ideologia alla base del movimento è la democratizzazione dei processi di produzione e la diffusione di nuove modalità di interazione tra processi tecnologici e materiali, potenzialmente utili ad apportare miglioramenti nella società (Ferrara, 2017).

Le radici delle pratiche di sperimentazione materica e del tinkering affondano nell'arte delle avanguardie del novecento. L'opera d'arte diventa corporea, fisica, acquisisce una materialità e sperimenta linguaggi altri volti ad identificarne nuovi valori semantici (Ferrara & Lucibello, 2012). Gli artisti processano la materia, attraverso tagli e combustioni che la raggrinziscono, la rigonfiano, ne mutano il colore e ottengono così effetti ottici strabilianti che stravolgono il modo tradizionale di considerarla. Queste pratiche vengono rielaborate nella scuola del Bauhaus che mirava ad unire arte, industria e artigianato e fa svanire i confini tra architettura, pittura e scultura. Sotto la direzione di Gropius lo studio dei mate-

riali e il processo di esaltazione sensibile, diventa elemento chiave per la progettazione (Ferrara, 2020). L'esplorazione sensoriale della materia mira ad individuarne le vibrazioni sensibili, percettive, immaginative, a coglierne l'impatto emozionale e il "contesto emotivo che si crea nella sua osservazione, nell'ascolto". Il termine materia dunque si dilata non più solo a comprendere ciò che è fisico e corporeo ma anche ciò che è psichico, il cui metodo di studio è fondato sull'interazione di "intuizione" e "metodo", dunque capacità soggettiva di percezione e comprensione oggettiva (Fiorani, 2000).

Il metodo introdotto dalla scuola tedesca nei primi del 900 è stato attualmente rielaborato e riadattato alle esigenze della progettazione contemporanea ed è diventato il fulcro delle ricerche nel campo dei Materiali per il progetto e risulta essere fondamentale in riferimento ai nuovi scenari della materia descritti nel paragrafo 1.2.1.

Nonostante la crescita esponenziale di start-up, laboratori e centri di ricerca che propongono quasi quotidianamente bio-materiali derivanti dalle più disparate risorse organiche, si riscontrano ancora notevoli difficoltà nell'effettiva applicazione nei mercati. Si ottengono ancora risultati con dei grandi limiti principalmente in termini di mutevolezza. Il processo di stabilizzazione molto difficile da ottimizzare unito alla biodegradabilità (anche se in tempistiche diverse e spesso non immediate) li rendono ancora materiali molto lontani dall'entrata nei mercati. Inoltre i materiali bio-based dispongono di una vastità di elementi legati alla sfera percettivo-sensoriale: presentano evidenti caratteristiche estetiche e morfologiche e si prestano ad instaurare un legame che potremmo definire più "sincero" con l'utente in quanto percettivamente riconducibili al materiale di origine. Proprio questa riconducibilità al concetto di "scarto", unita ad un'estetica inconsueta distante dalle satinature, dall'omogeneità e dalla perfezione delle materie plastiche, risulta essere un ulteriore ostacolo per la loro introduzione nei mercati. Tuttavia questi materiali aprono scenario di possibilità ancora inesprese e necessitano dell'acquisizione di una propria identità, il processo di creazione della quale può essere naturale ed intrinseco nel materiale stesso, il che comporta però tempi lunghissimi di relazione con lo stesso, oppure può essere sapientemente indirizzato da ingegneri e designer che ne individuano ed evidenziano gli aspetti più caratteristici.

Nascono dunque nuove pratiche progettuali che vedono svilupparsi la figura del designer "imprenditore" e che si occupa cioè di tutte le fasi, dalla progettazione alla realizzazione dei prodotti. Il fenomeno del DIY entra anche nella dimensione materiale. Il termine "auto-

produzione" si riferisce a un modo di controllare i processi produttivi attraverso la sperimentazione. Il design autoprodotta, in sostanza, è la produzione di un oggetto a spese del suo creatore, in modo che non ci sia nessuna selezione artistica, di mercato o revisione finale in funzione di costi e produttività per chi produce. Enzo Mari fu il primo che decise di lavorare ad un design che trasmettesse conoscenza attraverso la pratica dell'auto-costruzione, un approccio assolutamente rivoluzionario e ancora oggi i suoi progetti sono alla base di numerosi workshop in tutto il mondo, amplificando il ruolo del design come processo cognitivo che va oltre il prodotto. I DIY materials dunque derivano dalla trasformazione di risorse non convenzionali, plasmate attraverso processi altrettanto inconsueti che si caratterizzano per il loro carattere imperfetto e a volte rudimentale.

La materia sostenibile e vivente, se da un lato risponde efficacemente alle richieste del Green Design dall'altro dispone di un'estetica inconsueta che potrebbe risultare difficile da 'metabolizzare' per gli utenti. Fondamentale è il ruolo del designer nell'esplorare i linguaggi della materia vivente e sostenibile che in un futuro non troppo lontano potrebbero caratterizzare i nuovi paesaggi domestici e i luoghi del quotidiano. Il designer dovrà dunque accompagnare l'utente nel percorso di abbandono delle superfici colorate e patinate della plastica per accogliere una nuova materia che non solo contempla l'imperfezione, ma la considera espediente stilistico dal fascino primitivo.

Nuove Culture Materiali per il Design

Agar Agar Foam

Plant Based Bioplastic with Soap

Ingredients Recipe

Recipe	
Glycerine (g)	2.7
Water (ml)	40
Agar (g)	1.6
Soap (ml)	6

1. Add agar, water and glycerine into a pot.
2. Cook over medium heat and stir until the solution starts to boil and becomes viscous.
3. Add liquid dish soap and then whisk the solution until it all becomes foam.
4. Tape down a wooden frame on a non stick surface and pour in the foam.
5. Let the bioplastic dry according to the previously stated steps.

*The mixture of corn starch and water is a dilatant, non-Newtonian material that thickens when a force is applied. Foam was not achieved with Corn Starch bioplastic because, even with soap, when the solution was whisked it increased in viscosity and bubbles did not form.



Sperimentazioni e ricette di Bioplastiche estratte dalla raccolta "Bioplastic CookBook" di Fabtextile & Margaret Dunne.

Il testo è solo una delle numerose raccolte di ricette messe a disposizione di tutta la comunità di progettisti e non solo che intendono approcciarsi al mondo dell'autoproduzione di bioplastiche. La forma di ricettario è riconducibile alla dimensione domestica, luogo in cui avviene la maggior parte delle sperimentazioni, spesso utilizzando gli strumenti a disposizione come fruste, pentole e fornelli.

Designer Cuoco

Applica processi simili a ricette nella sperimentazione con i Materiali Do It Yourself





A sinistra la designer Bonnie Hvilum nell'ambito del progetto "Natural Material Studio" che tramite la sperimentazione con i processi ha creato ceramiche concettuali in argilla fatta di conchiglie polverizzate, rifiuto dei ristoranti. Le conchiglie di carbonato di calcio, se sottoposte ad alte temperature si trasformano in polvere di ossido di calcio, che la designer utilizza come base per produrre argilla biodegradabile.

Designer Alchimista

Sperimenta con i Processi per ottenere risultati estetici evocativi e sorprendenti



A destra il progetto "Well Proven Chair" del designer James Show , il quale, utilizzando trucioli di scarto di diverse dimensioni miscelati con colorante ha creato un materiale colorato, leggero e modellabile che è rinforzato dalle fibre nei trucioli di legno duro. In Well Proven Chair, la miscela si espande intorno alla struttura della gamba, diventando rigida una volta asciutta.

Nuove Culture Materiali per il Design



Designer Scienziato

Sperimenta ibridando i metodi del Design e gli strumenti e i processi della Biologia



In alto a sinistra e destra il progetto "Living Cotton" della ricercatrice Anna neklesa. Un cotone la cui struttura molecolare è stata modificata per creare un tessuto che può effettivamente rispondere alla pelle umana e all'umidità. Questo materiale sottile si muove da disteso a piegato e indietro lungo due assi perpendicolari, come se respirasse sulla parte superiore della pelle.



In basso il progetto "Metamorphosis" della ricercatrice Bea Brücker che indaga le potenzialità delle nuove tecnologie e del Biodesign; Una serie di sperimentazioni su materiali e prodotti realizzati con e a partire dalla crescita delle alghe;

CAPITOLO 2 Materia, Tempo e Cambiamento

Il cambiamento è parte della naturale costituzione delle cose e i materiali mediano il processo di invecchiamento in modo tangibile ed immediato. Il capitolo intende fornire un quadro di riferimento e una rilettura dei materiali per il design in luce del loro relazionarsi con il tempo.

La prima parte introdurrà le strategie progettuali “Time centered” e il ruolo della dimensione temporale nel progetto. La seconda parte del capitolo fornirà una definizione del fenomeno dell’invecchiamento dei Materiali, indicandone le principali cause, per poi introdurre il tema dei processi di Biodeterioramento e degli organismi coinvolti.

2.1 Approcci Time-centered all' Ecodesign

Dalla *Fast Consumption* allo *Slow Design*

Dal quadro descritto finora emerge come la questione ambientale necessiti di essere affrontata da numerosi punti di vista e attraverso differenti approcci interconnessi che si integrano nelle diverse fasi dell'attività progettuale. Resta centrale però la questione legata al consumo e alla dismissione dei prodotti che risulta essere un nodo cruciale nella società contemporanea. Sono diversi gli scenari sviluppati per far fronte alla spinosa questione, sia a livello legislativo che progettuale. Tuttavia un tema resta tuttora poco affrontato e considerato, nonostante la crucialità già ampiamente riconosciuta. Manca in effetti la dovuta considerazione delle strategie orientate all'estensione del piacere d'utilizzo dei prodotti che determina un conseguente allungamento del ciclo di vita. Nell'affrontare la questione si tende generalmente a considerarla da un punto di vista tecnico-prestazionale che si traduce in prodotti più robusti in grado di mantenere integre le proprie caratteristiche tecniche e morfologiche nel tempo. Tuttavia, come si evince dalla intricata rete di interazioni che si intesse tra utenti e prodotti, e che vanno ben oltre il semplicistico funzionamento pratico, parlare di durata in termini prettamente tecnici non è sufficiente a garantire un altrettanto durevole utilizzo. Viene introdotto dunque parallelamente al ciclo di vita del prodotto, legato alle questione dell'impatto ambientale, il tema dell'Ecodesign in relazione al "Pleasure and Dissatisfaction cycle" (Woolley, 2003), che intende fornire uno strumento per analizzare la questione della durata emotiva dei prodotti, legato a quei fenomeni di attaccamento che potremmo definire cerebrali, etici e spirituali (Hinte, V et al., 1997; Chapman, 2009; Giaccardi et al., 2014). Tale approccio mira ad introdurre il concetto di "*pleasure engineering*" quale componente integrale e al tempo stesso implicita del processo di progettazione che deve estendere il suo raggio d'azione all'uso dei prodotti e al modo in cui sono percepiti, e non limitarsi alla loro produzione.

Attraverso il "pleasure/dissatisfaction cycle" si intende dunque analizzare i fattori che intervengono nel determinare le variazioni del piacere e la sua percezione nel tempo.

Woolley ha individuato 4 fasi del ciclo:

La fase 1 consiste nel momento precedente all'acquisto, durante il quale il potenziale utente apprende informazioni sul prodotto attraverso le pubblicità. In questa fase il piacere risiede nella prefigurazione del possesso del prodotto, in cui sviluppa l'idealizzazione ed emerge la componente riflessiva (Normann, 2009) che alimenta il desiderio e che, se prolungata, è in grado di aumentare notevolmente il piacere percepito nel momento dell'effettiva acquisizione.

La fase 2 è il periodo relativamente breve in cui l'utente utilizza il prodotto per la prima volta. Il piacere in questo caso è legato alla novità dell'esperienza, relativo all'esplorazione, conoscenza e acquisizione di padronanza. Generalmente in questa fase l'utente è attratto dal prodotto in sé, piuttosto che dalla sua funzione e dall'azione che consente di svolgere, e ne apprezzerà dunque l'estetica, lo stile, la robustezza.

La fase 3 si sviluppa in un periodo d'uso più lungo in cui il prodotto viene assimilato nelle attività quotidiane dell'utente. Durante questo periodo l'interesse per il prodotto in se per sé diminuisce e il suo utilizzo diventa automatico, controllato e inconscio in quanto assimilato dall'utente. Si sviluppa dunque un giudizio più critico sulla performance, spesso accompagnato da una conoscenza sempre maggiore dei prodotti nel mercato più aggiornati e competitivi.

La fase 4 consiste nel periodo terminale di utilizzo del prodotto, in cui il piacere si trasforma in insoddisfazione a causa di diversi problemi quali malfunzionamento, usura, deterioramento, performance ridotta, noia provocata dalla familiarità del prodotto o semplicemente dall'opportunità di procurarsi prodotti più aggiornati e desiderabili. Solitamente con la fase 4 termina il ciclo di utilizzo del prodotto che viene dunque dismesso, ma in alcuni casi rari può subentrare una *quinta fase* che Woolley definisce di "*soddisfazione*". In questa fase l'utente stabilisce un rapporto con il prodotto che va oltre le mere funzioni pratiche e può essere indotto da fattori sentimentali, da un certo valore storico attribuitogli o da particolari proprietà percettivo-sensoriali. Si può dunque affermare che la "*soddisfazione*" generata dal possesso di prodotti che subentra nella fase 5 è più intensa e duratura del semplice "piacere" che risulta dunque effimero, temporaneo e superficiale.

Dall'analisi del "pleasure/dissatisfaction cycle" emerge come alle questioni legate al corretto funzionamento dei prodotti nel tempo, debbano essere necessariamente affiancate delle valutazioni sui fattori che determinano "l'estensione del piacere". Il declino fisico non è dunque l'unico aspetto che incide sulla dismissione dei prodotti,

ma sopraggiunge in combinazione con l'aggiornamento tecnologico e con la ciclicità della moda e delle tendenze, che rispettivamente influiscono sulla competitività dei prodotti in termini economici e funzionali e sulla loro percezione e desiderabilità.

Le pratiche di design sostenibile legate all'estensione della vita dei prodotti mirano ad intervenire nella fase 4 del ciclo, legata all'utilizzo quotidiano, e a produrre una quantità sempre maggiore di artefatti in grado di giungere fino alla fase 5. L'obiettivo è dunque innescare un processo in grado di sovvertire le pratiche di consumo trasformandole in "cura" dei prodotti. Tale scenario implica il superamento della nozione di funzionalità, che ha portato all'accelerazione del consumismo e ha generato l'universo dei prodotti "usa e getta", attraverso la produzione di artefatti che abbiano la capacità sia *tecnica* che *culturale* di durare nel tempo, che generino nuovi modelli comportamentali legati al loro utilizzo attraverso la cura e l'accudimento (Manzini, 1994).

La risposta al processo di accelerazione viene identificata nel concetto di "Slow Design" (SD) che si configura come un rallentamento del metabolismo legato al consumo di prodotti e risorse, che mira a costituire un nuovo paradigma in grado di generare un cambiamento comportamentale positivo (Fuad-Luke, 2002, 2003). Lo SD può essere inteso come una vera e propria filosofia che promuove il benessere non solo degli individui ma anche della società e dell'ambiente naturale, assumendo il tempo lento come elemento discriminante per una corretta riflessione e dunque comprensione della rete di relazioni tra oggetti, soggetti, sistemi ed ambiente. Nel 2006 Carolyn Strauss e Alastair Fuad-Luke hanno stilato delle linee guida progettuali identificando sei principi dello SD che hanno costituito le fondamenta dello "Slow Research Lab". Il centro, con sede ad Amsterdam, ha creato una rete Internazionale di collaborazioni con ricercatori nel campo del Design, Architettura, Arte, Tecnologia, Ecologia, che condividono una visione ampia delle possibilità che il design offre per infondere nuova consapevolezza sulle interazioni tra spazio e tempo, che costituiscono il nostro sistema vivente e con cui ci confrontiamo quotidianamente. I sei principi si fondano su quello che Goethe (1810) ha chiamato "conscious process participation" ossia un metodo di acquisizione intuitiva della conoscenza del mondo che si focalizza sul processo, sui fenomeni e sulle relazioni dinamiche che essi formano nello spazio e nel tempo tra l'osservatore e ciò che è osservato. Il *fil rouge* alla base dei 6 principi è lo stimolo all'osservazione, alla riflessione e alla comprensione quale elemento cruciale nella "User Experience".

I sei principi dello SD:

Reveal: lo SD rivela spazi ed esperienze nella vita di tutti i giorni che spesso vengono persi o dimenticati, compresi i materiali e i processi che possono essere facilmente trascurati nell'esistenza o nella creazione di un artefatto.

Expand: SD considera le "espressioni" reali e potenziali degli artefatti e degli ambienti al di là della loro funzionalità percepita, degli attributi fisici e della loro durata.

Reflect: gli artefatti e gli ambienti progettati lentamente inducono contemplazione e consumo riflessivo.

Engage: I processi di SD sono "open source" e collaborativi, basati sulla condivisione, la cooperazione e la trasparenza delle informazioni in modo che i progetti possano continuare ad evolversi nel futuro.

Participate: lo SD incoraggia le persone a diventare partecipanti attivi nel processo di progettazione, abbracciando idee di convivialità e di scambio per promuovere la responsabilità sociale e migliorare le comunità.

Evolve: lo SD riconosce che esperienze più ricche possono emergere dalla maturazione dinamica di artefatti e ambienti nel tempo. Al di là delle esigenze e delle circostanze attuali, i processi e i risultati dello Slow Design diventano agenti di conservazione e trasformazione.

L'approccio dello SD mira dunque ad una progettazione che non si limita alla produzione degli artefatti ma pone l'attenzione sulla vita dei prodotti, sul modo in cui sono percepiti e sulle relazioni in grado di interessare con gli utenti, in una dimensione lenta, riflessiva e contemplativa.

L'interesse sul tema della vita dei prodotti, nel corso degli anni, si è sviluppato e inizia ad essere preso in considerazione come valida alternativa alle soluzioni tecnocratiche del Design Sostenibile. Dal 2017 è stata istituita infatti la Conferenza Internazionale "Plate", acronimo di Product Lifetimes and Environment, in cui ricercatori di diversi ambiti si confrontano sul tema dell'estensione della vita dei prodotti in risposta alle problematiche legate alla sostenibilità. Un numero sempre maggiore di ricercatori accademici, imprenditori, Think tanks, Stakeholders e Corpi Legislativi sono interessati a comprendere gli effetti che la longevità dei prodotti ha sulla sostenibilità ambientale, sociale ed economica. Al dibattito prendono parte esponenti di diverse discipline quali Design, Ingegneria, Economia e Sociologia, creando uno scambio multidisciplinare indispensabile per affrontare la complessità del tema.

2.2 Tempo e Cambiamento

Nell'affrontare il tema della longevità dei prodotti è indispensabile dunque tenere in considerazione la loro dimensione temporale, che comporta una serie di trasformazioni, superficiali e non, della materia generate dall'interazione con l'ambiente e con gli utenti.

Il tempo risulta essere il fattore che influenza maggiormente il processo di dismissione dei prodotti e anche l'elemento comune ai diversi approcci per il design sostenibile. La variabile tempo viene infatti considerata nella sua doppia accezione di estensione e distensione, in relazione alla necessità di *estendere* la durata temporale dei prodotti –dal punto di vista funzionale ed emotivo– e *distendere* i ritmi di interazione con essi per consentirne una conoscenza e un apprezzamento più coinvolgente. La dimensione temporale risulta cruciale nell'affrontare il tema della sostenibilità anche in quanto principale responsabile delle trasformazioni e del declino dei prodotti, inteso sia in termini fisici, apportando cambiamenti di tipo estetico-strutturale dovuti all'interazione durante l'uso con l'ambiente circostante, sia in termini psicologici legati alla percezione soggettiva.

Le manifestazioni del passare del tempo in relazione alla materia sono il principale mezzo di comprensione del fenomeno che possediamo. E' infatti attraverso l'osservazione di processi fisici, quali la rotazione terrestre, l'oscillazione di un pendolo, le vibrazioni di cristalli di quarzo o la tensione di una molla metallica mediata da meccanismi ad ingranaggio, che siamo in grado di misurare e quantificare il tempo. La materia dunque e tutto ciò che ci circonda non è esulata dal subire l'azione del suo passaggio e mostrarne i segni attraverso cambiamenti più o meno evidenti. Il cambiamento è infatti parte della naturale costituzione delle cose e i prodotti sono soggetti a continui mutamenti legati all'invecchiamento. Questi abbandonano, più o meno precocemente, ma inevitabilmente, il loro stato di perfezione iniziale così come era stato concepito dai designer, per andare incontro al cambiamento che genera imperfezione. Nel processo progettuale il designer, attraverso gli studi sulla User Interaction e User Experience, apprende la capacità di progettare i prodotti nella dimensione di utilizzo, prevedendone interazioni e livelli

1. I test di usura “Wear and Tear trials” vengono utilizzati per testare la resistenza all’usura e all’abrasione di materiali solidi come metalli, compositi, ceramica e rivestimenti spessi, ma anche materiali plastici e tessuti. Il loro scopo è quello di fornire dati utili alla selezione dei materiali, a seconda del contesto d’uso specifico.

di apprezzamento dell’esperienza d’uso, ma soltanto raramente tale proiezione tiene in considerazione e indaga il modo in cui gli oggetti modificheranno il proprio aspetto nel tempo. I criteri di selezione dei materiali per il design si basano su diversi fattori che mettono in relazione aspetti legati all’apprezzamento estetico e parametri ingegneristici legati alla funzionalità. L’usura dei materiali è oggetto di studio e testing – Wear and Tear tests¹ – ma i criteri di valutazione sono limitati alle proprietà prettamente tecnico-prestazionali e si traducono in termini di durata e resistenza. I cambiamenti estetici e morfologici legati all’usura possono in realtà incarnare l’espressione del tempo che passa ed incidere notevolmente nella percezione del prodotto da parte degli utenti.

Sul tema sono state svolte diverse ricerche che tengono in considerazione questa variabile fondamentale, principalmente a livello teorico, e che si sono interrogate su quali siano le variabili e i criteri che comportano la percezione, più o meno positiva, dei risultati dei processi di invecchiamento dei prodotti. Quali fattori guidano il giudizio e ci spingono a considerare tali processi in quanto “evoluzione” o “maturazione” e quando questi invece vengano percepiti come decadimento e dunque rovina (Woolley, 2018).

Decadimento o Maturità

Il decadimento è inteso come il passaggio dallo stato iniziale ottimale del materiale ad una condizione inferiore in termini di estetica e prestazioni. Generalmente l’invecchiamento, e le conseguenti tracce, vengono associate al decadimento in relazione ai materiali artificiali quali leghe metalliche o polimeri, che deteriorandosi presentano dei cambiamenti che incidono notevolmente sulle proprietà meccaniche e sull’aspetto. Il decadimento viene inteso in riferimento ad elementi quali macchie, ruggine, ingiallimento, perdita della originaria luminosità (Bridgens & Lilley, 2017).

La “maturità” in accezione positiva è generalmente associata invece ai materiali naturali come la pietra, il legno, la carta o la pelle, in quanto i segni del tempo e le conseguenti trasformazioni sono culturalmente percepite come un valore aggiunto. Questi si manifestano infatti tramite diverse sfumature di colore e consistenze gradevoli e in alcuni casi attraverso il conferimento di particolari fragranze. Si pensi ad esempio ad una antica borsa in pelle, un dipinto su una cornice in legno invecchiata, che mostra in maniera più accentuata le venature, o una statua in bronzo ossidato.

L’invecchiamento di tali materiali è dunque percepito come processo affascinante in grado di caricare semanticamente l’artefatto che risulta impreziosito dal processo.

La ragione di tale divergenza nella percezione dei processi di invecchiamento risiede in realtà proprio nelle proprietà della materia stessa. I materiali naturali, il cui utilizzo storicamente ne ha consentito la sedimentazione a livello culturale, hanno una forte carica identitaria e sono utilizzati esattamente per quello che sono, in maniera nuda e sincera. L’usura dunque li investe in maniera più omogenea in quanto spesso sono stati sottoposti a trattamenti di levigatura piuttosto che laccatura e verniciatura, che mirano invece a nascondere, celare e mascherare l’aspetto dei materiali artificiali. L’invecchiamento di materiali laminati o verniciati risulta dunque avvenire in maniera disomogenea e antiestetica per cui la rimozione dello strato superficiale ne rivela la vera natura, la carne (Fontanille 2009), diametralmente distante dalle caratteristiche superficiali che ne avevano determinato l’utilizzo o l’acquisto. I materiali naturali inoltre, in quanto tali, sono predisposti al cambiamento nel tempo, come tutti gli elementi costituenti del nostro ecosistema, dunque il manifestarsi dei segni di invecchiamento è considerato parte del loro essere naturali.

L’invecchiamento dei materiali artificiali invece è legato al concetto di fallimento in quanto essi sono stati creati dall’uomo per rispondere a determinate necessità in termini sia prestazionali che estetici e, nel momento in cui non risultano più in grado di soddisfare i requisiti per cui sono stati realizzati, inevitabilmente divengono inadeguati, difettosi e dunque da sostituire.

Le ricerche della fondazione “Eternally yours” sulla percezione dell’invecchiamento della plastica (Van Hinte E., 2004) hanno dimostrato questa tendenza culturalmente stratificata a concedere alla materia naturale di cambiare il proprio aspetto nel tempo, contrariamente alla Materia Progettata. Tra le risposte al sondaggio delle ricerche si può leggere infatti:

“It is Ok for wood to become old and dirty. You can’t blame it; it is its nature. But plastics were invented. So when they become ugly, when they melt or crack, you blame the inventors. They should have done a better job.” (Van Hinte, 2004, pp. 45)

Questa concezione alimentare e al tempo stesso è alimentata da un sistema produttivo che non contempla il cambiamento, ma anzi si è spinto nella realizzazione di materiali “alieni”, completamente distanti dal principio naturale individuato da Lavoisier (1772) “nulla si crea, nulla si distrugge, tutto si trasforma” che è alla base dei più

complessi sistemi naturali e che genera reti simbiotiche di scambi all'interno dell'ecosistema. Si è andato alimentando un sistema che intreccia in maniera problematica il bisogno di permanenza e di disporre di materiali nuovi, durevoli e inattaccabili che si scontra con la natura effimera del mondo di cui siamo parte, soggetto a continui cambiamenti e trasformazioni. Questo risulta essere un nodo cruciale nell'affrontare il tema della estensione della vita dei prodotti e individuare strategie volte al controllo o alla previsione delle modalità di invecchiamento dei materiali e dei prodotti è una delle vie percorribili per contrastare il consumismo estetico. Il concetto di "Choreographed Obsolescence" inizia a sostituire per contrasto il concetto di "Planned Obsolescence" con il fine opposto di prevedere e controllare l'invecchiamento inevitabile dei prodotti in modo che sia percepito gradevolmente dagli utenti e, al contrario dell'obsolescenza programmata, non ne determini la dismissione precoce, bensì l'estensione della vita. Tale approccio, sulla base del "satisfaction and dissatisfaction cycle" mira a controllare il piacere nel tempo, intervenendo su ciò che concerne il concetto di nuovo, inteso come un mix di caratteristiche sensoriali che comprendono il particolare odore di nuovi materiali, l'integrità della superficie, la precisione di adattamento, la purezza del colore e la assenza di segni di usura (Wolley, 2017). Un cambiamento così radicale necessita l'incentivazione di nuovi pattern comportamentali, anche se è possibile individuare già una tendenza per cui al rallentamento, estensione e distensione della dimensione temporale legata alla fruizione dei prodotti, corrisponde un mutamento morfologico che consente alle superfici materiche di manifestare i segni della produzione e dell'uso². Vedi capitolo 3, Paragrafo: Verso l'accettazione delle trasformazioni materiche)

2.3 Material Changes: cause di invecchiamento dei materiali

La conoscenza delle modalità in cui i materiali modificano il loro aspetto sotto l'azione del tempo – dunque di interazioni fisiche, chimiche e biologiche – è un elemento cruciale per comprendere come tali trasformazioni influenzeranno la vita di un prodotto. Dal momento dell'acquisto infatti i prodotti sono soggetti a una serie di stimoli quali l'uso, impatti, variazioni di temperatura, esposizione a luce, acqua e aria che alterano le loro caratteristiche superficiali ed estetiche. I fattori che contribuiscono all'invecchiamento dei materiali possono essere di diversa natura e coinvolgere elementi legati all'ambiente circostante o all'interazione e l'usura. Le conseguenze del processo di invecchiamento possono essere di tipo strutturale, e dunque incidere sulle proprietà meccanico-fisiche del materiale compromettendone l'integrità e l'utilizzo, o possono manifestarsi soltanto a livello superficiale, intaccando esclusivamente le qualità estetiche (Bridgens & Lilly, 2017).

Gli stimoli ambientali includono umidità, luce, temperatura, crescita di muffe e altri organismi e reazione all'ossigeno o altre componenti chimiche presenti nell'atmosfera. L'esposizione a tali stimoli può essere facilmente prevista a seconda della tipologia di prodotto, ad esempio se sarà utilizzato in ambiente esterno o interno, e dunque è possibile scegliere la tipologia di materiale più idonea al contesto di utilizzo. Le diverse categorie di materiali infatti, se sottoposte a tali stimoli ambientali, rispondono in maniera differente: i metalli si ossidano se esposti ad umidità; le plastiche degradano e cambiano colore se esposte alla luce ultravioletta; i legni si decompongono, subiscono variazioni volumetriche e costituiscono terreno fertile per la crescita di funghi. All'interno delle stesse classi di materiali inoltre si possono avere reazioni differenti considerate più o meno gradevoli, ad esempio la desquamazione da ruggine causata dall'ossidazione dell'acciaio risulta decisamente meno apprezzabile della patina verde tipica del rame, che invece viene spesso considerata come fattore estetico desiderabile e indotto. La luce ultravioletta danneggia la struttura del legno, accentuando però la texture superficiale e le venature, creando un effetto diverso a seconda delle varie tipologie e delle modalità di taglio.

Fattori Ambientali

La luce: l'esposizione alla luce produce diversi effetti sui materiali, i più noti ed esperiti incidono sulla colorazione delle superfici e dei prodotti attraverso lo scolorimento e lo sbiadimento di materiali e pigmenti quali legno, plastica e tessuti. Ogni materiale reagisce alla luce in maniera differente, alcuni sbiadiscono mentre altri scuriscono; alcuni tipi di legno ingialliscono, altri si schiariscono mentre altre tipologie diventano grigie.

Oltre all'indurre un cambiamento nel colore, l'esposizione alla luce è anche responsabile dell'indebolimento delle fibre tessili e della carta. La luce ha il potenziale di danneggiare i materiali organici, siano essi in forma pura o parte costituente di un oggetto composito. Materiali organici naturali come il legno, le fibre e gli esemplari biologici sono tutti vulnerabili, così come i moderni materiali polimerici – plastiche – e persino oggetti metallici che contengono un componente organico come vernice o lacca (Gilroy & Godfrey, nd).

Variazioni di temperatura ed umidità: i danni causati dalle variazioni di temperatura e di umidità relativa o dal l'esposizione a livelli inadeguati di questi agenti possono essere di natura chimica, fisica o biologica. Gli impatti principali della temperatura, a meno che non siano abbastanza elevati da congelare o fondere gli oggetti e i materiali, sono causati principalmente dall'umidità relativa, ossia la percentuale di umidità presente nell'aria in un particolare ambiente e sul tasso di deterioramento chimico degli oggetti. L'umidità relativa è direttamente proporzionale alla temperatura ambientale; in sostanza l'aria fredda è in grado di contenere una percentuale di vapore acqueo nettamente inferiore all'aria calda, dunque un aumento considerevole della temperatura, ad esempio, raddoppia approssimativamente la velocità con la quale si sviluppano le reazioni chimiche. Tali reazioni sono le responsabili dei fenomeni di corrosione che incidono sulle prestazioni strutturali ed estetiche dei materiali. Temperatura ed umidità sono inoltre responsabili delle variazioni volumetriche dei materiali, generando cicli di espansione e contrazione che intaccano la struttura interna e causano lo sfaldamento superficiale. La condensazione dell'acqua che avviene nel cosiddetto "Punto di rugiada" accelera la corrosione dei metalli e incoraggia l'attacco biologico ai materiali organici sensibili. Materiali come carta, legno, tessuti, osso e avorio si espandono e si contraggono assorbendo e rilasciando acqua in risposta ai cambiamenti nei livelli di umidità relativa. Le variazioni rapide possono portare a fratture e deformazioni di questi materiali e causare la separazione di com-

positi. Ciò comporta lo sfaldamento di tutti i trattamenti superficiali che comportano una laminazione, la vernice, ad esempio, può staccarsi dalle superfici di legno e la carta incollata su un supporto può cedere (Gilroy & Godfrey, nd).

Spostamenti d'aria: le correnti d'aria, principalmente in ambiente esterno, sono responsabili dei fenomeni di erosione, abrasione in quanto sono le principali responsabili della deposizione di agenti solidi o liquidi sui materiali. Tali agenti sono definiti inquinanti atmosferici e comprendono le polveri, gli ossidi di azoto e zolfo, l'acido solfidrico, i perossidi, i fumi di cottura e il sale in sospensione possono derivare dalle emissioni dei veicoli, dall'attività industriale o da sostanze organiche in decomposizione.

La polvere può essere composta da una varietà di materiali tra cui sporco fine, particelle di sale, nebbie oleose, fibre tessili e polveri di legno e metallo. La natura precisa della polvere e degli oggetti su cui si deposita ne determinerà l'effetto. La polvere può favorire sia l'attacco chimico che biologico agli oggetti e provoca danni da:

- abrasione fisica e scolorimento;
- attrazione di umidità
- favorisce la colonizzazione di biologici come insetti, muffe e batteri.

La deposizione di piccole particelle su oggetti spesso avvia processi di deterioramento. La corrosione del metallo inizia spesso dopo che le particelle sono depositate su una superficie, i residui oleosi possono assorbire inquinanti potenzialmente dannosi e molti sali depositati sono igroscopici. Le particelle più fini sono generalmente più dannose delle particelle più grossolane. La polvere finemente divisa è più difficile da pulire, in particolare da superfici porose fragili o complesse e aumenta il rischio di danneggiamento di un oggetto durante la pulizia. Un altro problema è la percezione che gli oggetti sporchi creano, l'accumulo di sporco e polvere infatti sugli oggetti gli conferisce un aspetto sgradevole e non desiderabile.

Wear and Tear

I materiali e i prodotti da essi costituiti subiscono trasformazioni legate al loro utilizzo. Ogni azione ripetuta nel tempo che prevede un contatto con il prodotto ne comporta l'usura, che può consistere in scolorimento, opacizzazione di parti lucidate, scalfitture, abrasioni, assottigliamento e rottura. Solitamente tali azioni avvengono attraverso rimozione, più o meno consistente, di materiale e solitamente avviene in maniera graduale e crescente nel tempo. Determinare i fattori responsabili dell'usura è complicato in quanto essa è il risultato della combinazione di diversi parametri che possono essere individuati in:

Presenza di geometrie di contatto, asperità o elementi sporgenti che sono più facilmente soggetti a sfregamento, la cui conseguenza porta all'abrasione, assottigliamento o rottura;

Durata dell'esposizione all'agente che ne determina l'usura, che comprende anche la cura, l'attenzione e la prevenzione da parte dell'utente all'evitare che il materiale o prodotto sia esposto in maniera prolungata a particolari condizioni sfavorevoli alla sua preservazione.

Condizioni ambientali; si è visto infatti come i fattori ambientali possano influire sull'invecchiamento dei materiali. Tali fattori variano a seconda dei diversi contesti geografici, dunque i fattori che determinano l'invecchiamento sono legati alle particolari condizioni dei luoghi in cui sono utilizzati;

Composizione del materiale e resistenza;

Contatto continuo con altre superfici; solitamente questo elemento risulta fondamentale nelle giunture o in tutti quei sistemi per cui è necessario un contatto tra i materiali. Le superfici di contatto possono sembrare ragionevolmente lisce a prima vista, ma in realtà presentano asperità che formano giunzioni di contatto tra i materiali, il cui slittamento ripetitivo provoca l'eventuale rimozione di materiale da una o entrambe le superficie.

Time revealed

L'invecchiamento diventa l'elemento discriminante che conferisce unicità e narrazione ai prodotti



Rustiles
2017

Prin
studio fondato nel 2013,
da Ariane Prin
Particelle metalliche e Jesmonite

Il materiale Rustile è realizzato in Jesmonite, un composto costituito da un acrilico a base d'acqua e gesso, e particelle metalliche che, a contatto con l'ambiente si ossidano creando ruggine. Con il passare del tempo dunque la ruggine aumenta e si espande creando texture uniche sulla superficie.



Oxydum
2015

Thomas Missé
Svizzera
Leghe metalliche

L'ossidazione è l'elemento caratteristico di queste piastrelle. Oxydum gioca sulle nozioni di tempo e stile, utilizzando forme geometriche senza tempo e un uso controllato del processo di ossidazione



Scratch Me
2018

Nikkie Wester | Concept & Textile
Design
Tessuti
in collaborazione con il Textile Mu-
seum/textile LAB in Tilburg

Per questo progetto sono stati sviluppati tessuti speciali il cui aspetto visivo e la struttura possono cambiare nel tempo. I tessuti sono composti da più strati: quando gli strati esterni si danneggiano per l'uso, appaiono gli strati inferiori selezionati per texture e colorazioni. In questo modo ciò che viene considerato un danno diventa elemento caratteristico del prodotto che assume un valore molto personale per l'utente. A seconda della scelta del filato questo concetto tessile è applicabile sia ai tessuti per interni, sia ai tessuti per moda.



Natural Footprint
2015

Alessia Giardino
Concept
Cemento e legno laserato

Attraverso la combinazione di materiali organici e inorganici crea superfici strutturate che cambiano nel tempo. Intricati motivi di legno tagliato al laser e goffrato in calcestruzzo iniziano a staccarsi e decomporsi a causa dell'inquinamento e degli agenti atmosferici, creando effetti simili a merletti ombrosi che si piegano, fino a cadere, lasciando una traccia permanente nella superficie del cemento.

Time as creator

Il tempo costituisce la quarta dimensione del processo produttivo e influenza la morfologia e l'estetica dei prodotti in maniera non del tutto prevedibile



Overgrown
2016

Atelier Mark Sturkenboom
studio founded 2013, Utrecht, the Netherlands
born in Driebergen, the Netherlands, 1983; lives in Utrecht
crystals, 14kt gold-plated brass, aluminum antique chandelier

Il progetto consiste in una serie di lampadari e portacandele la cui morfologia è definita dalla crescita di cristalli in un arco di tempo prestabilito. Il nome, Overgrown, indica quasi un errore di sovra crescita e lascia prefigurare come gli oggetti della nostra quotidianità potrebbero presentarsi tra mille anni. Il tema in questione è proprio la sovrabbondanza dei prodotti che invadono la nostra società e gli autori si interrogano su che cosa varrebbe la pena salvare da una alluvione improvvisa. Il processo di creazione dei cristalli è una sorta di hyper-evoluzione in continuo mutare in cui l'oggetto prende vita in un processo di autodeterminazione e distinzione dagli altri prodotti in serie.

Cocoon Cabinet #1
2017

Marlène Huissoud
born in Haute Savoie, France, 1990;
lives in London, United Kingdom and Paris, France
silkworm cocoons, honeybee bio resin



All'interno dell'industria della seta la maggior parte dei Bombyx Mori sono uccisi in per estrarre la seta dal bozzolo. La Designer del progetto Cocoon Cabinet si interroga sulle possibilità di lasciare che il processo di trasformazione in farfalla sia compiuto e sull'utilizzo dei bozzoli. In questo caso dunque, il processo non viene interrotto ma portato a compimento dagli insetti. Il pezzo è stato fatto da un accumulo di migliaia di bozzoli di bachi da seta e sono poi verniciato con un Strato sottile di una resina bio di api da miele naturale.



Morphodynamic
2015

Edhv
studio founded 2005, Eindhoven, the Netherlands
Remco van de Craats

Morphodynamic è una piccola fabbrica mobile di piastrelle di ceramica che incarna il connubio tra natura e tecnologia basato su un processo chiamato morfodinamica. È un'interazione e regolazione della topografia del fondo marino che forma le rughe nella sabbia attraverso maree mutevoli. Queste dinamiche naturali sono alla base di molti processi che hanno formato questo stesso pianeta e sono radicati in leggi complesse della fisica; Con questo progetto gli autori hanno indagato la possibilità di meccanizzare questi flussi organici per trovare nuove estetiche. Sono stati combinati l'argilla con un tocco di tecnologia per guidare il suo flusso attraverso una stratificazione di layer che formano piastrelle con pattern unici attraverso un mix di azione delle maree e tempo.

Root Bound #2
2018

Diana Scherer
born in Lauingen, Germany, 1972;
lives in Amsterdam, the Netherlands
Exercises in Rootsystem Domestication_Dress for Victoria and Albert exhibition Fashioned from Nature, roots



Il progetto nasce da osservazioni e studi sull'intelligenza dei sistemi radicali. Questa collezione di abiti e tappeti è stata interamente composta da radici che crescendo in particolari strutture hanno determinato le particolari conformazioni geometriche e textures.

Time as creator



Micelium Tiles
2016

MOGU
Olanda
Micelio coltivati su diversi substrati e
in diverse tempistiche

La conformazione estetica del Micelio varia in base al substrato utilizzato e in base alle tempistiche di crescita. Il tempo dunque conferisce diverse texture, colori e consistenze

2.4 Processi di Biodeterioramento

Se il tema dell'invecchiamento dei materiali tramite processi chimici e legati all'usura è stato ampiamente indagato, la questione del biodeterioramento risulta ancora inesplorata e problematica. In realtà tali processi ad opera di organismi viventi costituiscono un campo d'indagine interessante e coerente con gli attuali filoni di ricerca nel campo del Biodesign e della progettazione in collaborazione con gli organismi viventi. La trasformazione della materia è un processo naturale, spontaneo, fondamentale, che garantisce la conservazione degli equilibri in termini di gestione di risorse e rifiuti.

Alcuni degli aspetti legati alla trasformazione materica sono dovuti all'attività metabolica di organismi viventi. Tale attività è necessaria per garantire l'equilibrio del sistema naturale e dei sistemi viventi che, attraverso il ciclo di trasformazione, sono in grado di provvedere alla creazione dei diversi elementi necessari per la sopravvivenza. I processi metabolici ad opera di organismi viventi sono i responsabili, ad esempio, della trasformazione della pietra in terreno, o della riduzione di complesse strutture biologiche in componenti elementari assimilabili da altri organismi. Il processo di biodegradazione avviene principalmente grazie all'azione enzimatica di organismi viventi che decompongono, assimilano e mineralizzano il materiale. Tali processi sono alla base del ciclo vitale del nostro ecosistema e degli equilibri ambientali per cui non esiste il concetto di rifiuto in quanto tutto ciò che è scartato da un processo viene trasformato e diventa nuova risorsa e nutrimento per altri esseri viventi.

Se però i processi di biodegradazione possono essere controllati nella maggior parte dei casi e spesso attivati da particolari condizioni ambientali, i processi di biodeterioramento avvengono in maniera spontanea e spesso indesiderata in quanto apportano danni sia strutturali che superficiali ai materiali da costruzione e produzione. Organismi quali batteri, funghi e alghe possono infatti colonizzare i materiali, sia organici che, in alcuni casi, inorganici rendendo il loro aspetto sgradevole e compromesso. In particolare tutta la nuova categoria di materiali organici che si stanno esplorando nel campo della ricerca sui materiali sostenibili sono tendenzialmente soggetti

a tali trasformazioni, ma non solo, anche legno, carta e tessuti, se non sottoposti ad appositi trattamenti, solitamente di natura chimica e sintetica, forniscono terreno fertile per la colonizzazione da parte di organismi viventi.

Le specie viventi che possono dimorare su tali materiali variano da cellule batteriche microscopici a piante e animali anche visibili ad occhio nudo. Il processo di crescita di tali organismi influenza direttamente la tipologia di danno che subiscono i materiali, solitamente correlate a meccanismi fisici, chimici ed estetici, mentre l'intensità del danno provocato è strettamente correlata alla tipologia e alla dimensione degli organismi coinvolti. È possibile individuare tre tipologie di danno: fisico, ossia abrasione e stress di tipo meccanico; chimico, ossia solubilizzazione o reazione a nuovi prodotti; estetico, che consistono in macchie colorate, formazione di patina o incrostazioni (Tiano, 2009).

Substrati inorganici: pietra

La conseguenza dell'attività biologica sulla superficie della pietra si manifesta nella formazione di biofilm, patine colorate, incrostazioni e la presenza di corpi vegetativi e riproduttivi. Oltre che a livello superficiale la pietra può essere interessata da danni strutturali quali rimpicciolimento, erosione, pitting e lisciviazione.

I principali organismi responsabili di biodeterioramento dei materiali lapidei sono i batteri, Alghe e Cyanobatteri, Licheni e Funghi.

La crescita di tali organismi è influenzata dalle condizioni ambientali, ad esempio alghe e cyanobatteri compaiono in presenza di una combinazione di umidità, calore e luce. La loro crescita è maggiore in primavera ed autunno e al momento della morte uno strato di corpi si deposita sulla superficie litica che favorisce una rapida ricrescita non appena le condizioni ambientali risultino nuovamente favorevoli. La crescita di tali organismi comporta la presenza di una accesa colorazione verde nelle aree non esposte alla luce solare diretta. A seconda della tipologia di organismi possono comparire patine rosa, marroni, grigio e verde scuro.

I licheni, ossia un ibrido tra alghe e funghi, apportano danni fisici alla pietra, attraverso la formazione di croste superficiali colorate o attraverso la penetrazione del tallo all'interno dello strato interno, fino a 15 mm (Danin et al. 1982). Con la loro crescita molto lenta sono in grado di ricoprire superfici molto ampie con indesiderabili pattern colorati. Al momento della morte i licheni lasciano sulla superficie litica un particolare tipo di corrosione, definita pitting, che

forma delle vere e proprie textures. In alcuni casi però il substrato creato dai licheni può fornire protezione da altri processi di deterioramento legati agli agenti atmosferici.

I funghi, come i licheni, hanno bisogno di materia organica per crescere e spesso la loro crescita è consentita da attività acidolitiche che forniscono il substrato ottimale per la colonizzazione da parte di tali organismi. I risultati del processo metabolico dei funghi sono aree molto pigmentate che si manifestano attraverso punti neri o la formazione di patina marrone o nera, risultante dall'ossidazione delle cellule (Leznicka et al., 1988).

Piante e Muschio si sviluppano su materiale litico che presenti un substrato organico come depositi di humus. Tali organismi, non provocano danni diretti ai materiali colonizzati in quanto le loro radici non sono a stretto contatto con la superficie, ma la loro presenza può favorire il ristagno di acqua, il cui congelamento apporta danni superficiali e strutturali al materiale.

Substrati organici

Legno: La suscettibilità all'attacco microbico di questo materiale dipende dal suo contenuto di umidità; maggiore è il contenuto di acqua e maggiore è il deterioramento microbico, gestito principalmente da microfunghi. Questi possono svilupparsi sulla superficie o in strutture interne che incidono sull'integrità strutturale attraverso la

produzione di esoenzimi. I principali segni di biodeterioramento del legno si manifestano tramite marciume bianco, marciume bruno e Marciume molle (Tiano, 2009).

Gli insetti tuttavia sono la principale causa di deterioramento di prodotti in legno. Essi infatti si nutrono del materiale, si riparano in esso e vi depongono le uova. Diverse tipologie di insetti colonizzano il legno quali Coleoptera, Isoptera e Hymenoptera e rispettivamente producono danni individuabili in tunnel circolari o fori superficiali di dimensioni variabili a seconda della tipologia. Nei casi peggiori i danni risultano solo nella struttura interna mentre la superficie del materiale resta intonsa, il che comporta un rischio di cedimento non prevedibile in quanto non è possibile determinare lo stato di danneggiamento del materiale.

Carta: La carta è principalmente composta di cellulosa e altre sostanze quali lignina, pectina, cera, tannini, proteine e costituenti mi-

nerali. Il contenuto di tali componenti varia a seconda del processo di produzione, del tipo di carta e del periodo di produzione e paradossalmente la carta moderna risulta più vulnerabile all'attacco di organismi rispetto alla carta antica (Tiano, 2009). I principali organismi responsabili del biodeterioramento della carta sono batteri, microfunghi e actinomycetes. In generale i funghi creano l'alterazione delle caratteristiche della carta attraverso forme circolari o irregolari colorate di rosso, viola, giallo, marrone e nero. Il colore del pigmento può cambiare a seconda delle diverse condizioni di crescita e le proprietà della carta quali ph o presenza di componenti quali amido, gelatina. I batteri attaccano i funghi meno frequentemente dei funghi, ma diverse tipologie di batteri sono state isolate da campioni di carta biodeteriorata. I risultati del metabolismo sono diversi acidi organici che riducono il ph della carta e favoriscono la crescita di funghi. Una alterazione cromatica molto comune della carta è chiamata foxing e appare come una macchia rugginosa che si presenta in diverse forme, spesso come puntini. Le cause responsabili del foxing non sono state individuate ma vengono associate alla presenza di funghi.

Gli insetti sono spesso inclusi nel deterioramento della carta e producono generalmente una sottile abrasione superficiale o presenza di tunnel.

Tessuti : I tessuti possono essere di origine animale o vegetale. I tessuti vegetali come cotone, canapa, iuta e fibra d'agave sono principalmente composti di cellulosa derivante da fibre di diverse componenti delle piante; per esempio il cotone è derivato dalle fibre del seme, l'agave è derivata dalle fibre della foglia, mentre il lino è prodotto a partire dalle fibre del floema. Anche i tessuti, come la carta presentano composizioni diverse di cellulosa e altre componenti come lignina, cere e pectina, la cui concentrazione determina la colonizzazione da parte di diversi organismi. Fibre che presentano un'alta percentuale di lignina ad esempio sono più resistenti all'attacco microbiologico, a differenza delle fibre ad alta percentuale di amido che risultano invece molto più suscettibili (Mahomed, 1971). Gli agenti più attivi nel processo di deterioramento dei materiali tessili sono i funghi, mentre i batteri e gli actinomyceti sono più rari ma producono danni molto più consistenti e si manifesta in forma di scolorimento, macchie ed indebolimento. Le fibre di cellulosa sono suscettibili all'attacco da parte di insetti quali blattidae, Lepisma-tidae e Mastotermitidae e si manifestano in erosione e distruzione dei parti del prodotto.

CAPITOLO 3 Gli strumenti del Design

ABSTRACT

Le strategie individuate nel capitolo precedente incentrate sull'estensione della vita dei prodotti necessitano di due livelli paralleli d'intervento, uno che presuppone la conoscenza dei fenomeni di invecchiamento dei materiali, per poterne programmare i cambiamenti, l'altro presuppone un intervento culturale volto all'accettazione di tali trasformazioni e della nostra condizione di individui immersi in un mondo in continua evoluzione. Se nel capitolo precedente sono stati dunque indagati e analizzati i processi di invecchiamento dei materiali e le loro ricadute estetiche e strutturali, in questo capitolo si intende fornire un quadro sugli strumenti del Design, in particolare Del Design dei Materiali, per poter contribuire a una rivalutazione di tali processi. I Materiali, in quanto interfaccia tra diversi ambienti, tra utente e prodotto e luogo di scambio di energie ed informazioni, svolgono un ruolo fondamentale nella complessa rete di relazioni tra soggetti e oggetti, che vanno oltre il mero utilizzo a scopo funzionale.

3.1 Materials Design e Materials Experience

L'invecchiamento dei materiali è stato al centro di ricerche da parte delle industrie per decenni (e.g. Fan, Yu, & Hunter, 2004) in quanto può seriamente compromettere l'accettabilità dei prodotti per i consumatori. Molti ricercatori nel campo del "Material Design" hanno constatato che se un materiale invecchia, dunque modifica il proprio aspetto, gradevolmente è in grado di aumentare il proprio valore e ruolo nell'interazione soggettiva e individuale (Chapman, 2005; Van Hinte, 1997; Rognoli and Karana, 2014; Giaccardi et al., 2014). Ciò può dunque influenzare positivamente la formazione di un legame emotivo con il materiale e il prodotto (Schifferstein and Zwartkruis-Pelgrim, 2008). Tenere in considerazione il processo di invecchiamento dei materiali può costituire una strategia di progettazione che mira ad abbracciare il fenomeno e renderlo elemento integrato nell'esperienza d'uso.

Materials Experience

Sul piano progettuale risulta complesso determinare delle strategie effettive volte all'estensione della vita dei prodotti in quanto quest'ultima è affidata principalmente alle decisioni degli utenti. Non è possibile dunque considerarla una caratteristica intrinseca al prodotto, ma bisogna agire sul comportamento degli utenti. E' per questo che bisogna ricorrere alla user experience e in particolar modo alla Material Experience, perché è proprio nel momento dell'utilizzo e nell'esperienza d'uso, nella comprensione delle dinamiche che la costituiscono e nel prevederne le interazioni e i motivi di apprezzamento, che risiedono le basi per strutturare delle strategie ottimali per incidere sulla durata dei prodotti.

La ricerca in tali ambiti si è occupata di individuare una serie di strumenti utili a comprendere il modo in cui la percezione del materiale influenza l'esperienza d'uso. I primi ad intercettare le potenzialità dei materiali da tale punto di vista sono stati Manzini e Ashby che

hanno sollecitato i designer ad interrogarsi sulle proprietà soft della materia e il modo in cui esse influenzano la percezione dei prodotti industriali. Manzini nel suo testo seminale "La Materia dell'invenzione" (1986) ha affrontato il tema delle competenze del designer nella selezione dei materiali per il progetto e il ruolo dei materiali nel plasmare user Experience piacevoli e positive. I materiali nel processo progettuale spesso sono scelti per attirare, al primo sguardo, l'attenzione degli utenti e, nel lungo termine, sono i responsabili di esperienze positive o negative riguardo il prodotto. I materiali sono i responsabili di una forte attrazione o repulsione nei confronti dei prodotti e sono in grado di dialogare con il nostro io. L'interazione con i materiali avviene attraverso i 5 sensi, ad esempio accarezziamo un vaso in ceramica per sentirne la superficie, la temperatura, la delicatezza; bussiamo sul legno per sentirne il suono sordo e vibrante; annusiamo la pelle per sentirne la fragranza; (Karana et al., 2015; Ferrara & Lucibello, 2009).

I designer dunque hanno la responsabilità di considerare ognuna delle variabili citate quando si tratta di scegliere i materiali per il progetto. Mike Ashby e Kara Johnson (2002) hanno avuto un notevole impatto negli studi sul tema, progettando dei veri e propri strumenti visivi, le mappe, utili alla classificazione dei materiali ma anche alla classificazione delle loro caratteristiche, guidando così nella scelta. Gli autori hanno introdotto le caratteristiche estetiche tra la lista di proprietà dei materiali, attribuendo la loro origine alle proprietà sensoriali quali calore, morbidezza e apparenza. Gli elementi intangibili della materia entrano dunque a far parte delle proprietà da tenere in considerazione nelle valutazioni e nella scelta dei materiali per il progetto (Ashby & Johnson, 2002).

E proprio queste qualità intangibili sono oggetto di studio principale del filone di ricerca nel campo della "Material Experience" che indaga il modo in cui le persone approcciano ai materiali, il modo in cui esse li percepiscono, come gli attribuiscono dei significati e le dinamiche che creano affezione o disprezzo. La definizione "Material Experience" nasce in riferimento al termine "User Experience", spesso usato nella ricerca di marketing e design con significati diversi. Quando applicato al contesto del design, il termine è talvolta utilizzato per parlare del progetto di eventi memorabili che viviamo, (Pine & Gilmore, 1999), e altre volte è usato per esprimere la necessità di comprendere l'interazione tra le persone e gli oggetti o servizi dalla loro esperienza in determinate attività, attraverso i sensi e la mente.

La Material Experience fa riferimento alle esperienze che le persone

hanno con e attraverso i materiali di un prodotto, il che implica non soltanto l'esperienza estetica fornita dai materiali, ma anche i significati che essi possono evocare e trasmettere e la risposta emotiva che sono in grado di suscitare (Karana et al., 2008).

La "Material Experience" risulta un approccio utile a guidare il designer nella selezione dei materiali per il progetto ma non solo, a fornire degli strumenti per determinare e progettare le caratteristiche dei materiali a seconda del tipo di esperienza che si vuole suscitare nell'utente. Lo studio delle componenti oggettive e soggettive, collettive e individuali, che si sovrappongono e si alternano nella percezione dei materiali, è diventato, nel corso degli anni, un punto saldo per ciò che concerne il contributo che il design è in grado di fornire nell'ambito della materia progettata. Fruttuose collaborazioni tra designer e aziende produttrici di materiali sono nate a partire dagli anni 80 in Italia, e tutt'oggi proseguono dimostrando quanto sia indispensabile il ruolo del designer in tale ambito. Tra i più famosi, il caso del Corian, un materiale il cui successo è stato determinato proprio dalla grande attenzione da parte dell'azienda produttrice, la Dupont, alle qualità sensoriali ed estetiche, oltre che performative del materiale.

Nel contesto descritto del paradigma della materia organica e vivente, in quanto prodotta da organismi viventi e soggetta a mutazioni estetiche ad opera dell'interazione con l'ambiente, l'approccio della Material Experience offre strumenti indispensabili a comprendere le potenzialità inesprese del materiale e a prefigurare applicazioni per cui la natura del materiale fornisca un plus funzionale o emotivo durante l'esperienza d'uso. L'obiettivo delle ricerche in tal senso è quello di instaurare una sorta di familiarizzazione con i nuovi materiali, di esaltare le caratteristiche che ne possano favorire l'apprezzamento da parte di un bacino di utenti più ampio e di conseguenza facilitarne l'ingresso nei mercati.

Si pensi ad esempio ai materiali a partire da scarti di produzione, per i quali è necessario un ripensamento anche culturale del concetto di scarto e degli espedienti in termini percettivi che ne modifichino la percezione negativa (citazioni sui materiali da scarto); oppure ai materiali "growing" come il micelio o la nanocellulosa di origine batterica che presentano estetiche desuete, effimere, mutevoli nel tempo e tutta una serie di caratteristiche percettivo sensoriali ancora inesplorate ma dal grande potenziale (Trebbs & Del Gesso, 2019)

Le caratteristiche percettivo sensoriali e la valutazione dei materiali

Uno degli strumenti più utilizzati in ambito accademico per comprendere la Material Experience consiste nella valutazione delle qualità percettivo sensoriali del materiale. I sensi infatti sono il nostro primo mezzo di interazione con la materia e ci consentono di esperire le qualità soft della Materia.

I sensi sono il tramite e i produttori di scambio tra l'uomo e il mondo. Attraverso i sensi ci mettiamo in relazione con la concretezza delle cose che ci circondano e le sensazioni che inducono rappresentano un primo filtro di apprezzamento o repulsione. La percezione è però influenzata da funzioni cognitive superiori quali la memoria, l'immaginazione e il giudizio. Ciò implica che i sensi possono essere educati in quanto la percezione è un dato culturale tanto quanto è un dato fisico (Del Curto et al., 2010). E dunque possibile, attraverso un percorso di familiarizzazione e di rivalutazione culturale, educare all'accettazione di alcuni processi di invecchiamento dei materiali per abbracciare uno stile di vita più sostenibile. Per comprendere meglio tale concetto è opportuno approfondire il tema affrontato da Eleonora Fiorani nel testo "La pelle del Design" in cui, citando De Kerchove, si sostiene che

" non è il design che dipende dalla cognizione, come si è soliti pensare, ma è la cognizione che dipende dal design, dalle modalità e dai linguaggi sensoriali che parlano di oggetti, superfici, materiali e il mondo stesso dell'immateriale. Sono questi linguaggi sensoriali che diventano i nostri nuovi sensi. E siccome i sensi ostituiscono il nostro mondo esperienziale e sono quindi il nostro stesso essere e non una sua rappresentazione o apparenza, ciò che viene messo in gioco è il soggetto stesso e le tecniche di strutturazione dell'io nel suo istituire in sé il mondo" (Del Curto et. Al, 2010)

La percezione infatti non è una risposta meccanica a stimoli esterni, essa viene rielaborata a seconda di abitudini culturali, per cui l'informazione si costruisce attraverso la selezione e l'elaborazione degli stimoli. Il cervello è dunque paragonabile a una materia plasmabile dalla cultura.

La difficoltà nel tentare questo percorso educativo dei sensi risiede nel comprendere come gli attributi sensoriali si sommino per for-

mare una percezione generale del materiale che potrebbe essere sintetizzata con la risposta alla domanda: quali sensazioni generano negli utenti queste stimolazioni sensoriali? Generalmente si tende ad individuare risposte a tale domanda basate sulla contrapposizione di sensazioni opposte, come piacevole o sgradevole, moderno o tradizionale ecc. Le diverse ricerche che hanno cercato di individuare metodologie e strumenti per comprendere la percezione dei materiali (Chen, Barnes, Childs, Henson, & Shao, 2009; Overvliet, Karana, & Soto-Faraco, 2016; Zuo, Jones, Hope, & Jones, 2016) risultano non sufficienti in quanto non tengono in considerazione il fatto che le persone possano rispondere diversamente agli stimoli sensoriali dei materiali, a seconda del particolare stato d'animo, condizioni fisiche, ma soprattutto a seconda del proprio background sociale e culturale. Sono moltissimi i fattori che intervengono e mediano le risposte delle persone ai materiali, alcune riguardanti il contesto stesso dei prodotti in questione, ad esempio la funzione che svolgeranno, il costo, la provenienza, ma anche i preconcetti dei possessori e le loro influenze culturali (Fisher, 2004; Karana, 2004; Tasaki, 1992). È possibile affermare dunque che un materiale, plasmato in un oggetto, stimolerà reazioni diverse a seconda delle persone, dei contesti e anche del periodo storico.

L'esplorazione del rapporto tra sensazioni e percezioni è resa difficile da due fattori principali che risiedono da un lato nell'ingannevolezza dei sensi, dovuta alla prevalenza di uno sull'altro che causa una deviazione delle percezioni, dall'altro nelle interazioni sinestetiche tra i sensi, fenomeno per cui l'agire simultaneo di due o più sensi ci fa percepire una stimolazione sensoriale come due eventi distinti ma conviventi. La percezione sensoriale dunque oltre alla possibilità di ricevere stimoli confusi e sinestetici è influenzata da fattori ambientali-culturali e perciò risulta non univocamente definibile, misurabile e dunque "oggettivizzabile" (Lucibello, 2000). Affidarsi dunque al solo metodo della valutazione delle caratteristiche percettivo sensoriali non è sufficiente e non è possibile individuare dei criteri universali di piacevolezza.

L'esperienza estetica, emozionale e significativa legate ai materiali

Per determinare in maniera meno arbitraria l'esperienza dell'interazione con i materiali sono state identificate tre modalità di esperienza che vanno oltre la semplice valutazione percettiva:

estetica: che riguarda le modalità in cui un oggetto delizia i nostri sensi;

emozionale: correlate a reazioni prettamente impulsive, inerenti gli stati d'animo provati durante l'esperienza;

di significato, ossia che concerne tutte le caratteristiche che sono attribuite attivamente al materiale quali l'usabilità, la femminilità o la preziosità (Hekkert & Karana, 2015).

Queste tre modalità di esperienza spesso sono vissute in concomitanza tra di loro ed è difficile separarle l'una dall'altra al punto che in realtà esse finiscono per influenzarsi reciprocamente (Desmet and Hekkert, 2007). La comprensione delle tre esperienze è fondamentale per determinare le dinamiche che le costituiscono.

Definire l'esperienza *estetica* implica determinare e comprendere i motivi che ci conducono ad apprezzare l'esperienza del toccare o guardare qualcosa; banalmente si potrebbe affermare che troviamo piacevole interagire con oggetti o elementi che ci risultano non solo gradevoli ma anche "buoni", in un certo senso, ossia che ci trasmettono qualcosa di positivo e appagante (Ramachandran & Hirstein, 1999).

Per comprendere la derivazione del senso di appagamento è necessario andare alla radice del nostro sistema sensoriale, guidato dal cervello, e del suo obiettivo primario che consiste nel cercare di dare un senso al mondo che ci circonda, di identificare le cose di cui è composto e di rintracciare l'ordine nell'ambiente caotico in cui siamo inseriti (Hekkert, 2006). Ecco che dunque il nostro cervello ha imparato ad apprezzare esteticamente quegli elementi, o pattern che facilitano tale scopo. Da ciò si può far derivare la tradizione del "bello" individuato in tutto ciò che è ordine, simmetria e ritmo costante (Harper, 2018).

Un altro dei principi dell'esperienza estetica è la ricerca della familiarità; siamo infatti abituati ad apprezzare ciò che ci risulta familiare, rassicurante e dunque facilmente comprensibile, sia che esso rimandi a sensazioni individuali, che affondano nelle esperienze pregresse soggettive, sia che esso rimandi a una sensazione colletti-

va che affonda nelle radici culturali dell'utente. L'esperienza estetica dunque, in tal senso, sarà legata all'apprezzamento della riconoscibilità di alcuni elementi o gesti legati al materiale (Harper, 2018). Sebbene potenzialmente in opposizione al principio di familiarità, in realtà anche il concetto di novità è responsabile dell'apprezzamento estetico. Le persone preferiscono infatti prodotti avanzati, innovativi e familiari allo stesso tempo. Ciò implica che la ricerca di novità è sempre considerata in relazione a ciò con cui ci si è confrontati precedentemente e mantenere una sorta di filo conduttore coerente e rassicurante. Dunque ciò che è percepito come nuovo dipende in realtà da ciò con cui ci siamo interfacciati precedentemente. Come già affermato nel primo capitolo, l'esperienza estetica è diventata il motore del consumismo e principale causa di svalutazione dei prodotti e materiali "invecchiati".

L'esperienza *emozionale* legata alla percezione dei materiali è attivata dalle risposte emotive che nascono da un processo di valutazione di un evento o una situazione come potenzialmente benefici o pericolosi. Generalmente l'esperienza di tipo emotivo è basata dunque su una interpretazione dell'oggetto, e dunque del materiale, più che dall'oggetto stesso. Quando tale interpretazione è comune a più singoli si può dunque parlare di esperienza condivisa collettivamente e porta ad avere reazioni emotive generalizzate di fronte ad alcuni stimoli o situazioni. Heckert per spiegare tale concetto ricorre all'esempio dell'auto Renault Dezir: nel guardarla è generalmente riconosciuta l'emozione del desiderio, ma tale desiderio non è altro che la consapevolezza che il possederla susciterà ammirazione.

I materiali sono in grado di suscitare una vasta gamma di emozioni, si pensi ad esempio al fascino di un sottile strato di fibra di carbonio che è in grado di sostenere il peso di una persona se applicato ad una seduta, oppure il disappunto nel constatare l'eccessiva scalfibilità della superficie in polipropilene di un contenitore porta pranzo. Il design sensoriale si fonda sull'esperienza emotiva; guida verso una sinfonia di sensi e pone come elemento chiave del progetto la sensazione, nel consapevole tentativo di riuscire a produrre una sorta di spaesamento semantico e di ricercata piacevolezza percettiva. (Lucibello 2000). La sorpresa è l'elemento chiave di tale approccio progettuale e solitamente suscita emozioni positive quali felicità, divertimento o sollievo.

L'esperienza *significante* è fondata sulla capacità dei materiali e prodotti, di generare significati e trasmetterci delle informazioni ben precise, generalmente riconoscibili all'interno degli stessi contesti

sociali e culturali. Si è soliti pensare, erroneamente, che alcuni significati veicolati dai materiali siano in realtà proprietà intrinseche al materiale stesso, tuttavia tali qualità sono assegnate e, in realtà, qualsiasi materiale può rendersi portavoce di qualsiasi significato a seconda dei particolari contesti in cui è inserito. È possibile però individuare dei modelli di assegnazione di tali significati (Karana & Hekkert, 2010).

L'esempio forse più iconico di *materials meaning* è fornito dall' Apple I Mac G3 in cui l'utilizzo della scocca in plastica trasparente colorata ha veicolato significati come familiarità, giocosità ed accessibilità, modificando dunque la considerazione del personal computer, non più strumento dedito esclusivamente al lavoro, ma dispositivo per il tempo libero (Sudjic, 2009).

I materiali dunque possono esprimere professionalità, se scuri e levigati ed utilizzati in un ambiente lavorativo e quando presentano proprietà tecniche ad alte prestazioni.

Alcune qualità figurative sono attribuite ai materiali mediante processo di "proiezione incarnata" (Van Rompay, 2008). Questo processo si riferisce alla teorizzazione nel campo della scienza cognitiva del ruolo del nostro corpo nella comprensione del mondo, e dei concetti che abbiamo costruito per descrivere la nostra interazione con esso. Le temperature calde, ad esempio sono più piacevoli di quelle fredde e quindi metaforicamente tendiamo a considerare una persona calda, o un oggetto, come più invitante e aperta. Se le cose si fanno spiacevolmente calde tendiamo a percepire tensione, come in un acceso dibattito. Allo stesso modo, quando definiamo qualcuno giù, l'espressione si riferisce ad essere emotivamente triste, e siamo mentalmente instabili quando siamo psicologicamente fuori equilibrio. Come molti studiosi di linguistica cognitiva e cognizione incarnata hanno dimostrato (Gibbs, 2006; Johnson, 2007; Lakoff and Johnson, 1980; Pinker, 2007) questi riferimenti spaziali-relazionali radicati nell'esperienza corporea sono onnipresenti nel nostro linguaggio quotidiano e nella formazione di concetti.

Hekkert e van Dijk (2011) sottolineano che il rapporto utente-prodotto fa parte di un contesto più ampio influenzato da diversi fattori quali modelli sociali, possibilità tecnologiche ed espressioni culturali, che influenzano il modo in cui le persone percepiscono, utilizzano, sperimentano, rispondono, e si riferiscono ai prodotti.

Molte associazioni di significati ai materiali scaturiscono dal contesto sociale e sono influenzate da quanto frequentemente un materiale viene utilizzato in un particolare ambito e con un particolare scopo. Ciò determinerà necessariamente una variazione di asso-

ciazioni tra le diverse culture. Inoltre I significati appartenenti alle stesse culture subiscono delle variazioni nel tempo. L'innovazione tecnologica e le scienze dei materiali hanno portato alla creazione di nuovi materiali dalle performance spettacolari, dai colori cangianti, in grado non solo di modificare il proprio aspetto ma anche di consentire la realizzazione di forme talmente complesse da suscitare sensazioni completamente diverse. Così materiali come il metallo sono potenzialmente valutabili come accoglienti, caldi e soffici.

Le materie plastiche sono un esempio di quanto sia possibile modificare l'immagine e tutto l'apparato di significati legati a un materiale. La loro introduzione nei mercati è stata subito associata all'economicità, bassa qualità e inautenticità (Sparke, 1989; Manzini, 1986) e le sensazioni tattili legate all'esperienza erano valutate come insoddisfacenti. Ora le materie plastiche sono ampiamente utilizzate in innumerevoli prodotti di alta qualità, e il loro utilizzo è prevalente anche in apparecchi medici che richiedono qualità come la atossicità e igiene eccezionale. Da materiale tossico e di bassa qualità di ieri, oggi le plastiche sono considerate un materiale estremamente igienico, sicuro e autopulente.

È possibile dunque, attraverso applicazioni adeguate e sfruttando al meglio le innovazioni tecnologiche, modificare il tipo di esperienza legata ai materiali sia in termini estetici, che emozionali ma soprattutto di significato. Nel caso dei cambiamenti dovuti ai processi di biodeterioramento si necessita di una rivalutazione di tipo culturale di un fenomeno completamente naturale che, nel caso in cui non comporti danni strutturali al materiale, potrebbe potenzialmente accompagnare i prodotti durante il ciclo di vita fino al momento della dismissione, generando una coerenza quantomai necessaria tra la durata temporale dei prodotti e la rispettiva durata dei materiali di cui sono realizzati.

3.2 Verso l'accettazione dei segni del tempo

E' possibile però individuare una tendenza della società post-industriale ad abbracciare questo concetto che presuppone un'apertura all'imperfezione, alla manifestazione del processo sull'artefatto che si discosta dalla lucentezza e perfezione della produzione industriale per riavvicinarsi alla dimensione artigianale. Tale cambio di rotta è incentivato dalla necessità etica di acquisire nuova consapevolezza sui prodotti di consumo, anche di genere alimentare, per conoscerne la provenienza, la qualità, ogni aspetto della produzione e le rispettive ricadute, sia a livello etico, economico che ambientale. L'interesse verso temi come la localizzazione, la riscoperta delle risorse territoriali e le sue peculiarità ha radicalmente modificato l'approccio all'estetica dei prodotti. Segni, ammaccature, imprecisioni, diventano l'elemento caratteristico che testimonia l'autenticità del prodotto e in qualche modo lo "naturalizzano" collocandolo in opposizione alla dimensione artificiale che è sempre più spesso associata a valori negativi quali costruito, artificiale, additivato. Il sempre più richiesto senso di "naturalità", espresso dalle qualità della materia, si colloca anche all'interno del discorso sulla sostenibilità (Rognoli and Karana 2013; Karana and Nijkamp, 2014; Saito, 2007; Hosey, 2012, Datschewski, 2001; Overvliet and Soto-Faraco, 2011; Goodman et al., 2008; Karana 2012).

Modernità, postmodernità e lucentezza:

La transizione culturale verso una società sostenibile è incentivata dall'universo di prodotti con cui interagiamo nella quotidianità e il modo in cui essi siano percepiti. Gli artefatti influenzano e incarnano al tempo stesso i valori della società che li possiede. Di fronte a un ambiente tanto complesso quanto quello generato dalla società post-moderna si assiste a un bisogno di riorientamento che è possibile rintracciare nella riscoperta delle componenti totemiche o mitologiche dei prodotti (Fiorani, 2009). Questo ritorno alle pratiche delle società pre-moderne è riscontrabile anche nella riscoperta dei materiali organici e naturali, il cui utilizzo non è semplicisticamente legato alle necessità ambientali, ma è mosso da ragioni più viscerali e in risposta a un processo di transizione che coinvolge tutti gli aspetti, sociali, culturali e tecnologici (Catucci et al., 2017).

Si è visto nel capitolo 1 del presente elaborato come l'avanzamento tecnologico e la produzione di artefatti influenzino gli aspetti sociali e culturali in modo ricorsivo. La produzione materiale dunque incarna e rappresenta i valori del tempo. Se si prende in considerazione la società Moderna è possibile riscontrare una correlazione tra le caratteristiche della materialità della produzione, che vengono sinteticamente racchiuse nel concetto di "Lucentezza" da Maffei e Fisher (2021), e i valori della vita Moderna, ossia progresso, velocità ed efficienza (Maffei & Fisher, 2021). L'innovazione tecnologica moderna ha consentito infatti la produzione di una gamma molto ampia di materiali lucenti, che nelle società premoderne erano considerati di valore proprio per via della loro scarsa reperibilità. L'introduzione della plastica e dei trattamenti superficiali come vernici e lacche sono però contraddistinti da uno splendore fugace, facilmente deperibile e fragile. Esattamente in linea con la definizione di Habermas della modernità come accelerazione degli eventi storici, in una relazione attiva tra passato e progresso, il dinamismo moderno ha introdotto una particolare aspettativa riguardo il presente che è visto in relazione al futuro, un moderno zeitgeist che implica che ogni momento è sempre in procinto di essere "divorato" dal successivo. Ciò si traduce nel consumismo moderno, nel fatto che ciò che verrà in seguito è sempre più splendente di ciò che lo precede, di ciò che era nel passato.

Tornando dunque all'esperienza significativa legata ai materiali possiamo constatare che è avvenuto nel tempo un mutamento del significato di lucentezza. Una trasformazione simbolica ha reso questa caratteristica da veicolo di valori spirituali, delle società premoderne, a incarnazione dei valori di progresso nell'impostazione Moderna (Maffei & Fisher, 2021). Tali percorsi evolutivi nella costruzione di significati intorno alla percezione dei materiali sollevano la questione della "nuova estetica associata al sostenibile, argomentata anche da Manzini, per la quale ogni epoca ha la propria etica ed estetica. L'estetica rappresenta il modo in cui prende forma un periodo storico e i valori in esso contenuti. La prospettiva di una società sostenibile non ha ancora preso forma e l'estetica della sostenibilità deve ancora nascere. Tuttavia è possibile assistere ad un mutamento in termini estetico-morfologici nello scenario progettuale che prende le distanze dall'esaltazione delle potenzialità delle macchine nel tentativo di ripristinare un rapporto più autentico con la materia, a cui è concesso di mostrare i segni dei processi che la hanno manipolata.

Estetica dell'imperfetto

L'imperfezione dunque viene riconsiderata e diviene un elemento ricostituente in grado di connettere l'essenza della nostra umanità con la dimensione naturale, di cui siamo parte. Difetti, disomogeneità, segni e tracce fanno parte storicamente dell'immaginario culturale fin dall'antichità, fin quando l'industrializzazione non ha modificato i paradigmi estetici di riferimento (Ostuzzi et al., 2011 a; Rognoli & Karana, 2014). Le superfici uniformi e perfette che hanno caratterizzato i materiali industriali hanno contribuito a generare un'estetica artificiale, distante dalla realtà con cui ci confrontiamo quotidianamente. L'imperfezione, l'asimmetria e il "non finito" inteso nella sua accezione non solo di incompleto ma anche di indeterminato, dunque soggetto a trasformazioni continue, diventano concetti utili all'apprezzamento estetico del mondo che ci circonda (Dorfles, 2005). Si manifesta così la necessità di un ritorno alla sensorialità in quanto la produzione di nuovi paradigmi materici ha modificato la percezione sensoriale e ha portato alla scomparsa della sensibilità tattile ed estetica. Questa è rimasta identica per secoli in quanto le nuove materialità contraddistinte da superfici omogenee trattate con smalti e vernici che ne anestetizzano le proprietà percettive (Dorfles, XX). Anche Manzini ne "La Materia dell'invenzione" parla di un depotenziamento della superficie per mezzo, o per causa del razionalismo, come conseguenza delle possibilità offerte dalla produzione industriale di poter gestire i volumi e le forme a un livello mai raggiunto prima e dunque eliminare ogni tipo di decorazione, ogni simbologia dalla superficie per non fornire elementi disturbatori. Successivamente si è recuperato il valore della superficie e delle sue potenzialità dal punto di vista sensoriale e si è posta in contrapposizione all'astratta qualità formale del razionalismo, la concretezza delle qualità sensoriali portando alla rivalutazione delle qualità *soft* dei materiali e prodotti (T. Castelli, 1983). Il perfezionismo impoverisce la nostra esperienza estetica perché limita la gamma di qualità sensoriali che invece gli oggetti imperfetti, solitamente caratterizzati da irregolarità, disordine, complessità e superfici ruvide, stimolano maggiormente.

L'imperfezionismo arricchisce la nostra immaginazione. Joseph Addison (1712), nel suo trattato "I piaceri dell'immaginazione nello Spettatore", ha sostenuto la teoria che l'associazione immaginativa è la componente fondamentale nella nostra esperienza di arte, architettura e natura ed è alla radice della nostra fascinazione derivata

dalla loro contemplazione.

L'esperienza estetica è infatti definita da Addison come "piacere dell'immaginazione" e la bellezza come ricerca di tale piacere. Il desuetto stimola la nostra mente e fa sì che anche l'imperfezione della natura sia gradevole e generi soddisfazione nell'atto della contemplazione. L'immaginazione rende anche le parti più grezze e incolte della natura una fonte di piacere in quanto quest'ultimo è innescato dall'associazione di idee: più gli elementi di associazione si moltiplicano, dunque irregolarità, asperità ed elementi inaspettati, più la sfera del piacere sarà ampliata.

Sulla base di questa rinnovata consapevolezza sulle potenzialità espressive dell'imperfezione, la regolamentazione delle forme e superfici, consentita dalla produzione industriale, inizia ad essere sfruttata per inserire irregolarità formali all'interno di processi completamente controllati, si guardi ad esempio alle tecniche di stampa delle superfici che creano artificialmente elementi randomici tipici delle lavorazioni artigianali (McCullough, 2018). Tutto ciò che era apprezzato in quanto "regolare" dalla modernità torna ad essere sostituito da una sorta di fascinazione verso l'imperfetto, in cui il segno diviene cifra stilistica del prodotto. Dal punto di vista progettuale tale processo di valorizzazione dell'imperfezione (Ostuzzi et al., 2011) nasce dal riconoscimento delle potenzialità di enfatizzare il legame tra soggetti ed artefatti in quanto rispecchia le molteplici interazioni tra essi (Chapman, 2005).

L'estetica dei nuovi scenari della materia sembra essere più coerente con la situazione reale del contesto in cui viviamo. L'imperfezione progettata cambia approccio rispetto alla produzione industriale nel tentativo di gestire le caratteristiche controllabili e non della materia dei prodotti.

Contribuendo al dibattito, Ezio Manzini (2004) afferma che l'oggetto del progetto diventa "un evento orientato ad un risultato", indicando che "ciò che si acquisisce non è un prodotto fisico, ma un evento che avviene in un determinato luogo e in un dato momento e cambia lo status dell'individuo che lo ha acquisito". Tale "prodotto-evento" dovrebbe essere visto come un artefatto in quattro dimensioni, dove la quarta dimensione è il tempo".

Un controllo sempre più sofisticato delle caratteristiche regolamentate e non regolamentate del prodotto offre molti modi diversi di estenderne il cilo del piacere.

Materiali, Segni e Narrazioni

I materiali, attraverso i segni e le imperfezioni, diventano dunque narratori, capaci di raccontare antiche tradizioni, ma anche la propria storia, dalla produzione all'uso, ampliando il concetto di memoria sia collettiva che individuale, e potenziando il coinvolgimento emotivo del fruitore. Essi infatti "stimolano una tensione emotiva con la nostra memoria storica: una condizione che il designer sublima in prodotto in qualsiasi progetto" e "interagiscono nel tempo con i processi produttivi - dal lavoro dell'artigiano alle tecniche di lavorazione - modellandoli e modificandoli per adattarli continuamente alle proprie prerogative" (Paris, 2009). In questo modo fungono da interfaccia (Parisi & Rognoli, 2016), raccontando l'evoluzione del nostro rapporto con essi, oltre a diversi aspetti che possono riconnettere i prodotti al territorio di appartenenza.

Tracce dei luoghi

Un rapporto imprescindibile lega così la tecnica alla materia e la materia al territorio, inteso sia come luogo geograficamente determinato - che offre materia prima da sfruttare - che come luogo di appartenenza a una comunità (Fiorani, 2000).

Un esempio a questo proposito è il progetto "De Natura Fossilium" dello Studio Formafantasma, che indaga la cultura che circonda l'esperienza siciliana dell'Etna per mettere insieme il paesaggio e le forze della natura come elementi di produzione. Con questo progetto i due designer indagano il legame tra tradizione e cultura locale e il rapporto tra gli oggetti e l'idea di patrimonio culturale: il paesaggio dell'etna e le sue materie prime non sono più oggetto di mera contemplazione ma diventano, attraverso i processi produttivi, materia viva e vibrante.

I materiali possono anche mostrarci come il clima e la morfologia possano cambiare i frutti della terra, come nel caso del Kit sensoriale per la degustazione della birra artigianale di Chiara del Gesso, realizzato utilizzando i residui di produzione della Birra Artigianale come materia prima per la produzione di un set di strumenti per la degustazione della birra artigianale semi-solida. A seconda del luogo o della regione in cui il kit viene realizzato, il grano presenta texture e colori diversi, che vengono trasferiti al materiale e quindi incorporati nel prodotto finale.

"Algae Geographies" è un progetto dell' Algae Lab di Atelier Luma

(vedi Fig.2), un centro di coltivazione sperimentale che esplora il potenziale di produzione di bio-materiali da micro e macro alghe. L'aumento della temperatura insieme all'acidificazione delle acque sta minacciando molte specie marine, creando dall'altra parte un ambiente favorevole alla crescita delle alghe. Lo scopo di questo progetto è quello di impiegare alghe di provenienza locale nella produzione di biomateriali, sviluppando inoltre una palette di materiali realizzati con le alghe e altri materiali viventi, a disposizione dei designer. La loro ambizione è quella di mappare una rete di risorse, competenze e documenti culturali nell'area mediterranea, lavorando insieme alle comunità locali per riattivare le economie locali.

Tracce di produzione

I materiali possono raccontare l'appartenenza dei prodotti ai luoghi anche attraverso le tracce delle tecniche di lavorazione e produzione. Processi produttivi unici e particolari sono stati storicamente legati a luoghi specifici, una condizione che oggi si è persa con il progresso della società industriale. Oggi però nuovi tipi di strumenti segnano i prodotti: questi segni non sono più quelli della produzione manuale artigianale, ma sono invece i segni degli strumenti e delle macchine utilizzate, oppure i segni dell'ambiente di laboratorio o di atelier, mostrando in entrambi i casi i segni della produzione in un luogo o in una località specifica.

Nel caso di Adaptive Manufacturing, un progetto collaborativo di Sander Wassink e Olivier van Herpt (vedi Fig.3), il punto di partenza e il nucleo del concetto è quello di evidenziare il processo di produzione in un momento in cui le tecnologie digitali hanno sostituito l'artigiano, eliminando tutte le tracce dell'influenza umana e locale. La loro ricerca guarda alla possibilità di percepire l'ambiente locale e incorporarlo nel processo di produzione, traducendolo in comportamenti specifici della stampante attraverso il software: la stampante diventa una macchina sensoriale che sente il suo ambiente, traducendo l'input in un documento di un tempo specifico, luogo o materia prima.

Da un intreccio di tradizione e innovazione, il progetto "Terra Cotta" della designer iraniana Talia Mukmel (vedi Fig. 4) esplora materiali e segni dell'antichità mescolati insieme a metodi di lavorazione contemporanei. La designer si è ispirata alle comunità dei climi desertici, che utilizzano le materie prime disponibili per produrre oggetti di uso quotidiano. Il risultato è una serie di contenitori unici di sabbia e farina, realizzati utilizzando fili per creare la morfologia

finale mentre il manufatto viene cotto in forno. Come evoluzione del prodotto in una seconda fase ha utilizzato la moderna tecnologia della fotoincisione per creare una griglia di metallo, così i circuiti stampati e l'incisione si mescolano per creare una nuova superficie sul materiale.

Tracce dell'uso

Gli strumenti e le tecnologie "segnano" i materiali in modo vivido e peculiare modificando la morfologia dei prodotti e determinando i gesti legati alla produzione e all'uso che influenzano il nostro stile di vita. Allo stesso tempo le persone interagiscono con i prodotti attraverso i materiali - interfacce di tale interazione - lasciando segni e tracce come testimonianza delle relazioni che intessono con essi. Tali tracce possono narrare aspetti individuali, restituendo i segni dell'uso di un singolo individuo o di una comunità. Il progetto "Infected" di Maurizio Montalti (vedi Fig. 5) ad esempio, consiste in una serie di gioielli stampati in 3D ispirati da un esperimento con il micelio, contaminato dal tocco umano accidentale. Come conseguenza, diversi tipi di batteri colonizzano la superficie del materiale, creando nuove texture e forme, uniche e irripetibili, in quanto legate ai singoli individui, raccontando il ruolo fondamentale che questi microrganismi giocano nella nostra vita quotidiana.

Le tracce possono raccontare il comportamento di un'intera comunità, come nel caso di "Verderame" di Odo Fioravanti o di "Ripening Rugs di Adrianus Kundert" (Fig. 7), piastrelle di rame nel primo caso e un tappeto tessile nel secondo, entrambi cambiano il loro colore a seconda del consumo causato dalle persone che vi camminano sopra nel tempo. All'interno di questi progetti il processo di usura viene trasformato in un elemento positivo e narrativo, rivelando gradualmente percorsi e segni di movimento, così come texture, colori e pattern conferiti dall'usura, rendendo il materiale in qualche modo vivo.

I segni e le imperfezioni, oltre a risvegliare una sensorialità quasi assopita, possono rappresentare una sorta di "customizzazione" delle esperienze, individuali e collettive, intessendo una rete di relazioni con prodotti, che ne implementa il valore emozionale tanto da consentire il sacrificio della perfezione formale (Del Gesso et al., 2020).



Fig. 1
"De Natura Fossilium"
Formafantasma



Fig. 2
"Algae Geographies"
Algae Lab di Atelier Luma



Fig. 3
"Adaptive Manufacturing"
Sander Wassink
Olivier van Herpt



Fig. 4
"Terra Cotta"
Talia Mukmel

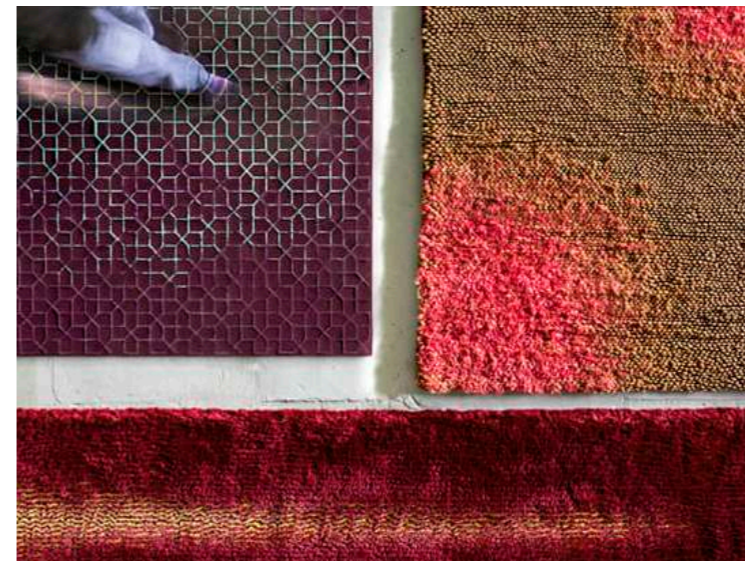


Fig. 7
"Ripening Rugs"
Adrianus Kundert



Fig. 5
"Infected"
Maurizio Montalti



Fig. 6
"Made by Rain"
Valiki Van Der Kruijs

3.3 Il Design e l'estensione della durata emotiva dei prodotti

Nei paragrafi precedenti sono state esplorate le modalità in cui, attraverso la *Materials Experience*, si sviluppano alcune delle dinamiche che portano all'apprezzamento e all'instaurarsi di un legame emotivo con i prodotti e i materiali: si è visto come esse possano scaturire da proprietà intrinseche ai materiali, attraverso risposte prettamente viscerali e soggettive; da interazioni e scambio tra proprietà collettivamente assegnate ai materiali e risposte emotive individuali; o da significati culturalmente attribuiti ai materiali e soggetti a variazioni a seconda del contesto sociale, geografico o storico. Infine è stato introdotto come il contesto storico attuale si stia aprendo ad una nuova estetica in cui l'imperfezione e i segni sulle superfici materiche possono diventare un valore aggiunto nella *User Experience*.

Questa analisi ha costituito un primo step utile per determinare come sia possibile dunque, attraverso il design e la progettazione di materiali e prodotti, intervenire in quello che è l'immaginario collettivo legato alla percezione del cambiamento. La strategia vincente che è stata identificata per innescare un cambiamento nella percezione dei processi di trasformazione materica risiede nelle potenzialità estetiche e narrative, prima che funzionali. In questa seconda parte del capitolo si entrerà nel merito del tema dell'invecchiamento e del decadimento dei materiali e su come essi possano costituire una strategia per l'estensione della vita dei prodotti.

"Slow Aesthetic" e "Decay"

L'estetica di un prodotto, si è visto, gioca un ruolo fondamentale nella creazione di un legame emotivo con gli oggetti. L'estetica può aiutare a trasformare un prodotto da un insieme di elementi funzionanti a un oggetto attrattivo che genera significati benefici per la vita delle persone (Walker, 2007). Così come lo "Slow Design" ha preso piede in risposta all'accelerazione dei tempi frenetici, non solo della vita ma anche dei consumi, e invita ad un rallentamento ed estensione della durata dei prodotti e delle esperienze d'uso, così anche la "Slow Aesthetic" inizia ad essere considerata come alternativa all'esperienza estetica superficiale e fugace che contraddistingue la società dei consumi.

Il termine è stato introdotto da Kristine Harper (2019), docente e ricercatrice presso la Copenhagen School of Design and Technology, in "Aesthetic Sustainability". L'esperienza estetica lenta consiste in una continua ricerca di nutrimento e arricchimento estetico; ossia una esperienza che in sostanza risulta essere al tempo stesso continua, ossia qualcosa che si vuole costantemente rivivere, e rigenerativa, in quanto motivata dalla continua ricerca di nuovo nutrimento in grado di portare ad un piacere immediato.

Tale esperienza presuppone una convivenza tra lo stato di permanenza e di variazione, tra staticità e vitalità, tra ripetizione e rinnovamento. L'equilibrio di tali caratteristiche consente infatti l'integrazione del senso di familiarità che, come abbiamo visto nel paragrafo precedente, è uno dei principi che genera piacere estetico, ma allo stesso tempo la componente variabile riesce invece a suscitare sorpresa. La combinazione di elementi fissi ed elementi variabili, fondamentali per la *Slow Aesthetic*, è riconducibile al processo di decadimento estetico, che diventa dunque un espediente per potenziare l'esperienza di fruizione del prodotto. Tale decadimento estetico aumenta il valore dell'artefatto, lo rende più accattivante e bello. Di una bellezza data dai segni, dalle tracce e dalle storie che si manifestano sulla superficie sottoforma di graffi, punti di sutura, macchie irregolari e usurate che raccontano il modo in cui l'oggetto è stato utilizzato, nonché l'identità del proprietario.

Si tratta di una sorta di decadimento che segnala sia la permanenza che il rinnovamento; o, in altre parole, il decadimento estetico contiene un nucleo ben formato, che mantiene la forma dell'oggetto, per così dire, ma ne consente la trasformazione, "manifestando se stesso" attraverso l'uso. Questa trasformazione è anche ciò che per-

mette al proprietario dell'oggetto di renderlo proprio, lasciando che la sua identità attraversi l'oggetto e lo modifichi in qualche modo. Si può affermare dunque che il decadimento è un rinnovamento, una frase forse contraddittoria che tuttavia caratterizza il prodotto esteticamente sostenibile, che invecchia con grazia e che possiede il germe del decadimento estetico come processo. L'invecchiamento estetico suscita continuo interesse e fascino del destinatario e implica un rinnovamento nella misura in cui modifica un oggetto nel tempo e quindi crea variazione e dinamicità.

Emotional Durability

Johnatan Chapman, professore e direttore degli studi di dottorato presso la School of Design della Carnegie Mellon University, USA, è uno tra gli autori più citati nella letteratura scientifica sul tema dell'estensione temporale dei prodotti. Le sue ricerche sono volte ad identificare strategie per progettare artefatti durevoli non tanto dal punto di vista tecnico-prestazionale, materiale dunque, ma dal punto di vista emozionale. Egli, attraverso la sua attività di ricerca sul tema è riuscito ad individuare una serie di caratteristiche che possono inserirsi nel "Pleasure/Dissatisfaction Cycle" (vedi Capitolo 2) e destabilizzarne le dinamiche portando ad un superamento del piacere identificato in ciò che è nuovo, intatto ed immacolato. L'intenzione di Chapman è quella di generare nuove forme di esperienze che siano in continua evoluzione, le cui sensazioni ed emozioni risultino da interazioni complesse con gli oggetti e consentendo agli utenti di scolpire narrazioni ricche e personalizzate che mappano le relazioni oggetto-oggetto mentre evolvono e si trasformano nel tempo (Chapman, 2005).

Da questi risultati, è stato distillato un "quadro esperienziale" in sei punti, che fornisce ai designer di prodotto percorsi concettuali distinti attraverso i quali intraprendere percorsi l'impegno con le questioni salienti della durata emotiva e del design, presentando una comprensione più espansiva e olistica del design per la durata - sia in termini di paradigma che di linguaggio usato per articolarlo. Il quadro esperienziale in sei punti è il seguente:

1 Narrativa: gli utenti condividono una storia personale unica con il prodotto; questo spesso si riferisce a quando, come e da chi è stato acquistato l'oggetto.

2 Distacco: gli utenti non sentono alcuna connessione emotiva

con il prodotto, hanno basse aspettative e quindi lo percepiscono in modo favorevole a causa di una mancanza di domanda o aspettativa emotiva (questo suggerisce anche che l'attaccamento può essere in realtà controproducente in quanto eleva il livello di aspettativa nell'utente ad un punto che è spesso irraggiungibile).

3 Graceful Aging: il prodotto invecchia fisicamente bene e sviluppa un carattere tangibile attraverso il tempo, l'uso e talvolta l'abuso.

4 Narrazione: gli utenti sentono una forte connessione emotiva con il prodotto a causa della funzione che svolge, delle informazioni che contiene e dei significati che trasmette.

5 Incanto: gli utenti sono deliziati o addirittura incantati dal prodotto in quanto non è ancora pienamente compreso o conosciuto dall'utente; spesso si tratta di prodotti acquistati di recente che sono ancora in fase di esplorazione e scoperta da parte dell'utente.

6 Consapevolezza: il prodotto è percepito come autonomo e in possesso del proprio libero arbitrio; è eccentrico, muta nel tempo e fa dell'interazione con l'ambiente una esperienza in grado di conferirgli particolari abilità, acquisibili solo attraverso la pratica;

Il quadro esperienziale in sei punti costituisce un'architettura teorica che permette un intervento più efficace sulle questioni complesse della durata emotiva dei prodotti e del design¹.

I sei percorsi definiti sono abilitanti nella misura in cui inquadrano punti specifici di intervento, facilitando modalità di esplorazione più strutturate e mirate; essi delineano e definiscono un territorio d'indagine in cui ognuno dei sei termini contribuisce a costituire un vocabolario originale per una più chiara articolazione dei fenomeni immateriali che influenzano l'attaccamento verso i prodotti, il loro apprezzamento e la creazione di un legame emotivo.

Alla luce di quanto teorizzato da Chapman è possibile estrapolare dei concetti chiave fondamentali per la definizione dei Materiali Open-ended per la rivalutazione dei processi di invecchiamento e biodeterioramento, in quanto in grado di incarnare alcuni dei punti del quadro esperienziale².

¹ Il quadro esperienziale in sei punti è stato presentato come prova alla "House of Lords" (5 febbraio 2008) ed esaminato dal Comitato per la Scienza e la Tecnologia come parte di una inchiesta sulla riduzione dei rifiuti. I sei punti sono stati presentati contestualmente a percorsi specifici da fornire ai designer di prodotto, attraverso i quali avviare processi di progettazione per il design emotivamente durevole e la direttiva, esaminando i modi in cui i prodotti e i processi di produzione possono essere resi più sostenibili e quindi produrre meno rifiuti.

² I sei punti del Design for Emotional Durability saranno ripresi in esame nel Capitolo 4 "Materiali Open-ended", nello specifico nella definizione delle rispettive potenzialità dal punto di vista esperienziale.

Incorporare Narrazioni

Una delle potenzialità maggiormente apprezzate del manifestarsi dei segni del tempo sulla superficie dei materiali è sicuramente la capacità di raccontare in qualche modo la storia dell'oggetto, dei suoi possessori o del contesto da cui arriva. Per spiegare meglio tale potenzialità Chapman utilizza l'esempio delle piante da appartamento, in quanto esperienza narrativa low-tech. Queste infatti, a seconda del grado di accudimento che ricevono possono fiorire o appassire, in una sorta di ricompensa o punizione per gli sforzi compiuti o meno nei suoi riguardi, inoltre il feedback fornito lentamente nel tempo consente di modificare e correggere il proprio comportamento, le modalità di accudimento. Un tipo di esperienza così coinvolgente trascende la banalità della vita materiale, aumentando il grado di interazione ma anche di affezione negli utenti. Attraverso le loro forme pazienti ma tangibili di feedback, i proprietari sono in grado di percepire una risposta non programmata che rende la pianta in qualche misura cosciente. La coscienza è spesso interpretata dal consumatore come il sentimento di qualcosa che ha autonomia - un insieme di intenzioni basate puramente sulla propria esistenza - o qualcosa che sembra essere in possesso del proprio libero arbitrio, o alterità. Le relazioni di alterità sono la dimensione di un'interazione in cui l'oggetto, manifestando delle proprie intenzioni è percepito in termini di autonomia. Questo concetto particolarmente sfuggente potrebbe essere descritto come la sensazione dell'interazione con un oggetto autonomo, vivo in qualche modo.

L'interazione tra soggetto e oggetto - utente e prodotto - non è così fugace ed effimera come potremmo supporre, né questa interazione è confinata ai momenti in cui stiamo effettivamente usando qualcosa. Essa scaturisce da un impegno continuo che avviene però solo da parte dell'utente poiché i prodotti non sono attualmente dotati del grado di autonomia necessario per sostenere un tale scambio emotivo. Se si vogliono alimentare narrazioni durature tra utenti emotivamente esigenti e prodotti relativamente inerti, come designer dobbiamo guardare oltre le considerazioni oggettive come lo stile e l'ergonomia per considerare dimensioni sensoriali più profonde degli oggetti. In questi termini dunque, le proprietà di invecchiamento dei materiali potrebbero essere ulteriormente sfruttate per generare nuove tipologie di oggetti ed esperienze in possesso di caratteristiche evolutive.

I valori attribuiti all'invecchiamento delle superfici materiali sono

carichi di contraddizioni e sono, al momento, profondamente dipendenti dalla tipologia di prodotti. Che si tratti del costante accumulo di cicatrici su un pavimento antico di quercia o della lucentezza inaridita del telaio di un telefono cellulare, la patina gioca un ruolo cruciale sia nella mappatura che nella rappresentazione dell'età e deve essere accompagnata da un'appropriatezza adatta alla tipologia di prodotti se si vogliono evitare risultati indesiderati. La patina scrive la narrazione sia nella composizione semiotica che nella semantica aggregata delle esperienze materiali, influenzando la particolare natura delle esperienze che gli utenti probabilmente percepiranno. Se la presenza della patina attira troppo l'attenzione su di sé, i consumatori percepiranno l'esperienza risultante come preprogrammata e inautentica, creando un cuneo colossale tra soggetto e oggetto. In realtà, gli sviluppi narrativi sostenibili sono complessi e riguardano molto più del semplice invecchiamento delle superfici materiali. È quindi necessario che la patina sia vista come un elemento codipendente dal contesto piuttosto che un approccio unico al design di prodotti durevoli. La patina è, infatti, un potente strumento del designer, ma deve essere utilizzata con sottigliezza e cautela. È comunemente accettato che le superfici che invecchiano possono aggiungere carattere agli oggetti, conferendo loro capacità narrative. Eppure, più spesso che no, questo processo di invecchiamento svaluta i prodotti forzando il loro senso di età e la conseguente perdita di valore. In questo il contesto d'uso è fondamentale, nonché la scelta categoria di prodotti; ad esempio, nel caso dei prodotti digitali, questo fenomeno è prevalentemente considerato debilitante, in quanto gli indicatori primari di valore sono focalizzati quasi esclusivamente sulla modernità. Ci sono, tuttavia, innumerevoli altri generi di prodotti in cui l'accumulo di patina potrebbe conferire agli oggetti uno status elevato che li solleva dal blando anonimato di un mondo prodotto in serie. La patina, attraverso un accumulo costante, fornisce segni di vita, indizi d'uso e altre indicazioni decifrabili della vita altrimenti segreta di un oggetto. Dal bastone da passeggio della nonna con il manico consumato alla vernice scheggiata intorno alla maniglia della portiera dell'auto, le superfici materiali invecchiate rivelano segni di vita, ponendo in relazione l'utente con un oggetto altrimenti inanimato.

3.4 Il Decadimento dei Beni Culturali

Il tema del biodeterioramento è stato ampiamente indagato, principalmente nell'ambito del Restauro in quanto considerato un fenomeno da contrastare, da debellare perché nocivo per il Patrimonio Materiale. Contributi sul tema sono stati dati dalle discipline scientifiche, ad esempio, dalla Biologia applicata al restauro che si occupa appunto dello studio e della identificazione degli organismi responsabili del biodeterioramento, fornisce dati sui processi di crescita di tali organismi, ne studia il metabolismo, le condizioni che ne favoriscono la crescita e tutti gli aspetti legati alla conoscenza tecnica del fenomeno.

Tuttavia un contributo significativo è fornito dalle discipline umanistiche quali Semiotica, Filosofia, Estetica che hanno saputo riconoscere in tali processi di trasformazioni materiche un valore altro, un diverso significato.

Dalla prima metà dell'Ottocento è riscontrabile un mutamento nell'approccio riguardo i processi di biodeterioramento, incentivato dalla fascinazione per il fenomeno di riappropriazione degli spazi e degli edifici da parte della natura. In Gran Bretagna tale tendenza è associabile al concetto di *Pittoresco*, che presuppone l'apprezzamento per tutto ciò che è imperfetto ed è esemplificato dalle rovine architettoniche. L'artista William Gilpin, per esempio, riconosce la bellezza e l'eleganza dell'architettura palladiana con la sua simmetria e il design ordinato, ma raccomanda che

“se si vuole conferire una bellezza pittoresca, è necessario usare il martello al posto dello scalpello, abbattere metà di esso, sfigurare l'altro, e gettare i membri mutilati in giro a mucchi. In breve, da un edificio liscio dobbiamo trasformarlo in una rovina ruvida.” (Hussey, 1927, pp. 57)

L'estetica delle rovine richiede una sensibilità sofisticata che apprezza la forma complessa, irregolare e asimmetrica, l'interazione di spazi interni ed esterni e le superfici ruvide causate dalla distruzione, dagli agenti atmosferici e dalle piante che crescono nelle fessure.

Alexander Pope critica la simmetria e l'ordine di un giardino formale perché una metà è ripetuta dall'altra metà e “non intervengono

piacevoli complessità, né un'abile natura selvaggia a confondere la scena”(Pope, 1731).

Quella che è considerata una fascinazione legata a un'esperienza prettamente estetica, diventa veicolo di valori altri nel concetto di “Postpreservation” introdotto dall'archeologa e antropologa Catherine De Silvey. Tale approccio invita a considerare l'ipotesi di lasciare che alcuni beni Culturali possano manifestare l'azione del tempo ed “accogliere il cambiamento” causato da processi di erosione, invecchiamento e decomposizione in quanto questi possono costituirsi come culturalmente ed ecologicamente produttivi.

Di seguito, prendendo ad esempio in considerazione il concetto di patina, ossia l'alterazione superficiale della materia, si intende fornire un quadro del suo potenziale espressivo e come essa assuma declinazioni e significati che vanno oltre il mero degrado.

La patina, intesa in termini scientifici appartenenti alle discipline biologiche è un biofilm, ossia uno strato formato dall'aggregazione di organismi viventi che aderisce alla superficie del materiale, in cui diverse tipologie di organismi entrano in un equilibrio simbiotico creando un vero e proprio sistema a grado di evolversi, crescere ed espandersi.

Cesare Brandi (1963) in “La teoria del restauro” attribuisce alla Patina, in riferimento all'opera d'arte, il valore di Istanza Storica. Tramite essa infatti si manifestano l'azione del tempo e dello spazio che costituiscono una testimonianza storica che, in alcuni casi è degna di essere tutelata. Egli infatti fa una distinzione tra istanza estetica, ossia quando l'opera ha un valore prettamente estetico che sarebbe intaccato dalla presenza di segni di degrado, e istanza storica per cui il valore dell'opera risiede proprio nella sua antichità e storicità (Brandi, 1963).

Tornando a De Silvey, l'archeologa sostiene che la patina può costituire una forma di conoscenza; uno strumento per imprimere nuove narrative agli oggetti non più considerati come fissi in una forma materiale, bensì come processi mutevoli e contingenti, risultato di un processo di eventi. Gli oggetti sono dunque continuamente formati e trasformati dai loro movimenti all'interno di contesti di relazioni fisiche e sociali (De Silvey, 2017).

L'antropologa Eleonora Fiorani associa alla patina il valore di memoria, se quest'ultima è intesa non come un qualcosa di depositato nel materiale, quasi come fosse un contenitore, ma come il risultato di un continuo dialogo tra mente e materia, che non necessita dunque di una forma fissa e stabile per essere espressa (Fiorani, 2015).

3. Il Concetto di NeoMaterialismo è approfondito nel Capitolo 4, in riferimento al contesto Culturale e le sue ricadute in ambito progettuale che hanno consentito la definizione dello scenario dei Materiali Open-ended

La patina testimonia le interazioni con gli utenti, la loro condizione quotidiana, gli usi anteriori dell'oggetto, poiché porta l'impronta dei corpi di quanti se ne sono serviti; conferisce alla superficie degli oggetti il ruolo di raccolta di iscrizioni che conferisce significato, identità e ruoli all'interno della sfera semantica dell'utente (Fontanille, 2010).

La patina conferisce unicità, autenticità: le trasformazioni che nel corso del tempo modificano la struttura fisica dell'artefatto lo rendono unico e irripetibile. Il deterioramento e la rovina non solo sono inesorabili, dunque forze, processi, a cui non è possibile porre rimedio, ma persino affascinanti. Un fascino generato dalla bellezza delle forme in continuo divenire e dalla forza vitale intrinseca ai processi di deterioramento che contengono in potenza la "forza formante" che fa riaffiorare (rende manifeste) le "forme latenti" della materia (Ruskin, 1866).

Questo concetto teorizzato da Ruskin diventa in realtà centrale nella contemporaneità, nel contesto del Neo-materialismo che considera gli oggetti e la materia come in continua evoluzione, in un processo continuo di trasformazione che deriva dal rapporto costante con l'ambiente di riferimento e in cui il concetto di forma viene sostituito dal concetto di formazione. Il valore di antichità e di autenticità di un'opera è dato, secondo Ruskin, tramite la patina che lo ricopre, segno del tempo che testimonia la sua vita e la sua individualità materiale. Ruskin sosteneva che la rovina di un monumento fosse inesorabile, la fine di un edificio era sicura: nasceva, viveva e moriva e la conservazione era solo un modo per ritardarne la morte. La lotta contro l'eternità, secondo il critico, era una causa già persa, in quanto processo biologico intrinseco, così come la sua nascita e la sua vita. La conservazione consente semplicemente di prolungare la vita naturale del monumento, è ciò implica una sua trasformazione inevitabile. Le "forme sperimentali di conservazione" sono, infatti, "interfacce artificiali" che, poste tra il fruitore e il manufatto, agiscono in un campo sospeso tra materiale e immateriale, in quella che James Marston Fitch (1986), il primo professore di Historic Preservation alla Columbia, ha definito la "quarta dimensione" dell'intervento, cioè, la presentazione estetica del manufatto come processo temporale, in grado di sviluppare nuovi contenuti e visioni. Come espressione estetica di poetiche temporali, la quarta dimensione dell'intervento è «l'interfaccia innaturale tra osservatore e oggetto», innaturale perché diversa dall'originale, dunque, riconoscibile. Si rappresenta così «la reazione al nostro bisogno di ristabilire un

contatto esperienziale col passato», offrendo una misura del tempo perduto.

Alla luce del quadro descritto si può osservare come, nello sviscerare le possibili relazioni che intercorrono tra osservatore, o utente, e prodotti, o Beni, a seconda delle discipline prese in esame, il tema della *Quarta Dimensione* compare in modo ricorrente. La dimensione temporale risulta, in maniera condivisa, un fattore imprescindibile che necessita delle dovute considerazioni in riferimento alle relazioni tra soggetti ed oggetti. L'invecchiamento è un fenomeno non solo inevitabile, ma necessario a mantenere inalterati gli equilibri naturali dell'ecosistema. Esso avviene in maniera indiscriminata, nonostante gli sforzi per contrastarlo, per questo è fondamentale che diventi materia di progettazione in senso lato, e non solo in risposta a specifiche strategie del Design Sostenibile. Sostituire il "vecchio" con il "nuovo" ha costituito per anni una pratica nociva che ha semplicemente messo da parte la questione, rendendola un elemento marginale della progettazione. In questo contesto l'Analisi dello Stato dell'Arte è stata costruita con l'obiettivo di mostrare come il Design posseda in realtà gli strumenti necessari non solo a fronteggiare il tema, ma anche a renderlo un valore aggiunto, in grado di elevare lo status dei prodotti e incentivare una serie di comportamenti positivi, che comprendono l'*accudimento*, la *contemplazione* e lo *scambio* interpersonale.

PARTE 2

Materiali Open-ended

CAPITOLO 4 Materiali e Produzioni Open-ended

ABSTRACT

Alla luce di quanto analizzato nei capitoli precedenti, in questo capitolo si potrà introdurre il tema dei Materiali Open-ended come possibile strada per facilitare il processo di accettazione del carattere mutevole dei materiali sostenibili.

Prima di introdurre il tema è necessario riportare l'argomento nel contesto disciplinare specifico del Design e capire come questo concetto di Materia in evoluzione e in continua trasformazione si inserisca nell'attuale scenario progettuale. Il concetto di materialità ibride è un concetto chiave della progettazione contemporanea. Il superamento della concezione di oggetto come ente fisso, bensì quale risultato di un continuo processo di interazione con i contesti e i soggetti, influenza le pratiche progettuali. Questa concezione degli oggetti (e della materia) come "vivente", si concretizza in commistioni tra natura e artificio oltrepassando la dimensione metaforica e giungendo a pratiche reali.

La prima parte del capitolo dunque illustrerà il contesto progettuale all'interno del quale si inserirà la tipologia di materiali "Open ended".

Nella seconda parte del capitolo si definiranno le caratteristiche di questa tipologia di materiali, le condizioni necessarie a realizzarli, il percorso che ha portato alla loro "definizione" e le loro potenzialità dal punto di vista progettuale. Riprendendo i due scenari introdotti nel primo capitolo si mostrerà la potenzialità di tali materiali di incidere positivamente sia sullo scenario tecnologico - utilizzando i processi di biodeterioramento in sostituzione dei tradizionali processi di lavorazione superficiale - che sullo scenario culturale - instaurando nuove modalità di interazione e funzioni -narrativa, di customizzazione- .

Alcuni esempi di processi mostreranno le possibili applicazioni pratiche.

4.1 Nuove Materialità ibride

Il Neomaterialismo e l'Estetica del Sostenibile

1. Vedi Capitolo 1;

Prima di poter definire in che modo i Materiali Open-ended possano risultare uno strumento di progettazione per il Design si ritiene opportuno fornire un quadro sul recente mutamento culturale rispetto alla considerazione della materia e le sue ricadute nel panorama progettuale. La materia infatti con l'introduzione del Neomaterialismo, perde la sua attitudine inerte a subire l'azione dell'uomo passivamente, per caricarsi di dinamicità e movimento.

La corrente culturale del neo-materialismo nasce in relazione a una serie di prospettive contemporanee, appartenenti all'arte, le scienze umane e le scienze sociali, che hanno in comune una nuova considerazione della materia riscontrabile a livello teorico e pratico. La materialità è considerata come relazionale, plurale, aperta, connessa, irregolare e contingente ed è investita da vitalità e vivacità. Alla radice di questa nuova concezione della materia risiedono le correnti del post-umanesimo e del post-antropocentrismo che conducono al concetto di Eco-centrismo¹, per cui l'essere umano non è più il centro dell'attenzione delle indagini sociali e ambientali. La conseguenza più significativa di tale approccio, che avrà poi ricadute importanti anche nel mondo della progettazione, è la dissoluzione delle dicotomie che hanno costituito la base del pensiero occidentale quali, natura/cultura, umano/non umano, animato/inanimato, mente/materia. Nella nuova concezione materialista non ci sono dunque strutture, sistemi o meccanismi, bensì innumerevoli eventi che comprendono elementi sia della natura che della cultura e insieme producono il mondo che ci circonda.

L'antropologo Tim Ingold è uno dei massimi ricercatori sul tema e nei suoi numerosi scritti ha affrontato le ricadute del Neomaterialismo sulla considerazione dell'arte, degli oggetti e del rapporto tra natura e artificio, in particolare nella relazione tra i concetti di costruzione, crescita e formazione. Egli sostiene, in ambito artistico, nello specifico in riferimento alle opere di Klee, che l'opera d'arte non riproduce il visibile ma lo rende visibile. Non cerca, in al-

tre parole, di replicare forme finite che sono già stabilite, sia come immagini nella mente che come oggetti nel mondo. Cerca piuttosto di riconciliarsi a quelle stesse forze che danno vita alla forma. Così la linea cresce da un punto che è stato messo in movimento, esattamente come la pianta cresce dal suo seme. Il mutamento nella considerazione della materia, che emerge anche dall'analisi dei filosofi Gilles Deleuze e Félix Guattari, risiede dunque nel considerare essenziale la relazione non soltanto tra materia e forma, o tra sostanza e attributi, ma tra materiali e forze (Deleuze & Guattari 2004 pp. 377). Tale pensiero nasce dal principio per cui i materiali di ogni tipo, con proprietà varie e variabili, e animati dalle forze del Cosmo, si mescolano e si fondono tra loro nella generazione delle cose. (Ingold, 2019).

Gli oggetti dunque, inseriti in questo sistema di forze in movimento, non sono altro che processi, o meglio, il risultato dei continui processi di interazione e di relazioni che essi intessono con il contesto in cui sono inseriti. La loro vera natura risiede proprio nel fatto che non possono essere congelati o contenuti, ma sono forze in continua evoluzione. Dunque, citando nuovamente Deleuze e Guattari, Ingold sostiene che la materia è sostanza in movimento, in flusso, in variazione, e dunque ciò che i filosofi sopracitati chiamano "flusso di materia", per Ingold è la materia stessa. (Ingold, 2010)

La staticità e la permanenza sono dunque sostituite da un sistema di relazioni complesse che plasmano la materia, modificano gli oggetti che costituiscono i nostri ecosistemi sia naturali che artificiali. Tale rete di relazioni diviene l'elemento centrale dell'Estetica Ecologica che prende in esame le complesse dinamiche proprie dei fenomeni naturali nelle loro relazioni con gli interventi umani. Il concetto è affrontato da Kagan, ricercatore dell'Institute of Cultural Theory, Research and the Arts, di Leuphana, in Germania, nell'ambito delle ricerche sul tema dell'Estetica del Sostenibile" e su come l'arte, l'architettura e il design possano contribuire a generare esperienze estetiche in grado di ricostituire i legami con la natura.

L'Estetica Ecologica è un atteggiamento, un'attitudine complessiva al percepire, un modo di sentire/pensare integrale che cresce e si sviluppa, istante dopo istante, lungo questo continuo fluire che chiamiamo esperienza; L'estetica ecologica è inseparabilmente legata all'idea che la natura e la cultura, e quindi l'uomo e il suo habitat, sono collegati in un innato, vario sistema di relazioni". Questa idea è emersa insieme al movimento ecologico della fine del XX secolo, e ha permesso di andare oltre la dicotomia tra natura incontaminata e cultura umana extra-naturale, e l'opposizione moderna tra natura

primitiva e cultura civilizzata. Nel corso della crescente comprensione ecologica che, l'uomo arriva a percepire se stesso come parte integrante di un insieme di eco-sistemi culturali collegati, e quindi anche parte della natura che lo circonda (Kagan, 2011).

E' possibile individuare dei principi generali che guidano gli artisti che si cimentano nella generazione di tale tipo di esperienza estetica e sono:

Prestare particolare attenzione alla rete di interrelazioni dell'ambiente con gli aspetti fisici, biologici, culturali, politici e storici del Sistema Ecologico;

Progettare lavorando con materiali naturali o interagendo con forze ambientali in grado di manifestare i sistemi di interazioni che plasmano la materia, ad esempio il vento, l'acqua o il sole;

Informare l'osservatore sulle dinamiche ecologiche e sui problemi ambientali che stiamo affrontando;

Re-immaginare possibili relazioni e connessioni ecologiche, proponendo nuove possibilità per la co-esistenza, la sostenibilità e il ripristino dei legami spezzati;

Il focus principale dell'Esperienza Estetica Ecologica consiste nel passaggio dalla percezione di oggetti alla percezione di processi, per cui essa risulta immersa nel flusso di cui partecipa e il mondo è inteso come luogo in cui le cose hanno continuamente origine attraverso processi di crescita e movimento (Perullo, 2020).

Material Ecology tra Natura e Artificio

I principi del Neomaterialismo e dell'Estetica Ecologica possono essere pervenuti nel concetto di Material Ecology introdotto da Neri Oxman. La ricercatrice del MIT Media Lab ha introdotto un nuovo approccio progettuale ispirato dalla Natura che intende stabilire una relazione profonda e scientifica tra i prodotti e l'ambiente circostante. Tale approccio promuove la realizzazione di artefatti caratterizzati da dinamismo e multi-funzionalità. L'approccio è radicato nel mondo della fabbricazione digitale e del Design Computazionale, e i principi cardine della Material Ecology risiedono nell'immaginare una nuova materialità, ibrida, tra elementi naturali e progettazione "artificiale" che sia coerente con l'Ecosistema di riferimento e sia dunque in grado di scambiare informazioni con l'ambiente circostante e rispondere in maniera attiva alle stimolazioni ambientali. La Oxman immagina un futuro in cui i prodotti possano interagire con l'ambiente ed evolvere insieme ad esso, esattamente come degli organismi viventi. Prendendo ad esempio un vaso, questo potrebbe potenzialmente fornire nutrimento ai fiori che contiene, accompagnarli nel deperimento e compostarne i resti. A seconda della complessità del materiale progettato esso potrà dare feedback visivi differenti in base allo stato di salute dei fiori che contiene e comunicarne le necessità.

Ecco che quindi il confine tra natura e artificio viene ulteriormente dalla possibilità di progettare materia organica, in qualche modo vivente e funzionale, attraverso gli avanzamenti della biologia sintetica (Oxman, 2012).

4.2 Materiali e Produzioni Open-ended

Materiali Open-ended

Alla luce del contesto descritto è possibile dunque immaginare di poter accogliere i cambiamenti culturali in relazione al concetto di Materia e Prodotti e concretizzarli nel concetto di Open-ended Materials. Tali materiali consentirebbero di sfruttare i naturali processi di biodeterioramento nel contesto progettuale sia da un punto di vista tecnologico, in quanto potenzialmente utilizzabili in sostituzione dei convenzionali processi di produzione e lavorazione superficiale, sia da un punto di vista funzionale. Si determinerà come essi infatti possano in realtà rispondere alle esigenze della progettazione per l' "Emotional durability", andando a potenziare le modalità di esperienza, estetica, emozionale e significativa, che, come si è visto nel capitolo precedente, costituiscono la base della Material Experience.

Il termine Open-ended è generalmente utilizzato in riferimento a un tipo di progettazione deliberatamente incompiuta. Letteralmente indica un "finale aperto" e implica dunque la possibilità di cambiare, essere modificato, a seconda delle esigenze e del contesto d'uso. Il tema non è nuovo in letteratura e può essere correlato ai concetti di ambiguità ed imperfezione (Gaver, Beaver, & Benford, 2003; Ostuzzi, 2016).

In questo caso l'ambiguità e l'imperfezione sono date dal fatto che i progetti siano non completamente definiti, completati, e rende possibile una operazione di riappropriazione del progetto da parte degli utenti che possono completarlo e definirlo a seconda delle proprie competenze o necessità. Applicare tale concetto alla dimensione dei Materiali implica progettare dei Materiali in grado di evolvere, mutare le proprie caratteristiche per effetto dell'azione del tempo e dell'uso nel contesto in cui sono inseriti. Questi risponderanno agli "stimoli" esterni in maniera responsiva ma non completamente prevedibile, in grado di incorporare narrazioni che portino l'utente a "ri-appropriarsi" degli artefatti, da un punto di vista emozionale. La progettazione Open-ended è legata al concetto di Customizzazio-

ne a posteriori, in cui l'utente è coinvolto nel processo progettuale in maniera attiva. Dal punto di vista del Designer implica la combinazione e l'equilibrio di elementi stabili, progettati, ed elementi in grado di modificarsi o essere modificati durante l'uso. L'Open-ended Design può anche essere definito come subottimale, error-friendly (Manzini, 2012), incompiuto, Wabi Sabi, ed è caratterizzato proprio da tale flessibilità interna dovuta alla volontaria definizione incompleta delle sue caratteristiche, intesa come Imperfezione (Ostuzzi, Couvreur, Detand, & Saldien, 2017). L'Open-ended Design costituisce dunque un diverso approccio al design, basato su un processo di apprendimento e definizione di cosa sarà conservato e cosa cambierà nella soluzione progettata. Gli attributi, che definiremo dipendenti dal contesto, sono deliberatamente e significativamente lasciati aperti per favorire "conversazioni" tra prodotti e utenti e consentendone uno sviluppo spontaneo piuttosto che imposto dall'alto.

Sfruttare i processi di Biodeterioramento per la progettazione di Materiali Open-ended implica stabilire un equilibrio tra gli aspetti progettati e non progettati, programmati e non del materiale. Ciò sarà possibile stabilendo le condizioni affinché avvengano i cambiamenti superficiali dovuti alla colonizzazione dei materiali da parte di organismi viventi, ma consentendo gradi di libertà in termini di conformazioni, che resteranno indeterminate. L'ambiente circostante sarà responsabile della definizione della conformazione, in continua evoluzione, del materiale, influenzando sui processi metabolici degli organismi viventi e modificandone dunque aspetto, colore, accelerazione o rallentamento del processo di crescita, e costituendo una vera e propria customizzazione legata ai singoli contesti d'uso, alle interazioni con l'ambiente durante l'utilizzo o durante il processo di produzione degli artefatti. Il processo di ri-appropriazione dei prodotti in questo caso consisterà nel riconoscimento del carattere unico del materiale e del prodotto che potrà intendersi come la manifestazione delle variabili uniche e irripetibili legate alle singole fruizioni.

Produzioni Open-ended

Si ritiene opportuno precisare, ancor prima di andare ad illustrare le modalità operative per "Progettare Materiali Open-ended" (Capitolo 5) che l'approccio proposto intende mostrare le potenzialità in termini generali dei processi di biodeterioramento, i quali però, essendo costituiti da organismi molto diversi tra loro (vedi capitolo 2), necessitano di una analisi caso per caso. E' possibile tuttavia individuare due modalità operative distinte, applicabili a seconda della natura potenzialmente pericolosa o meno degli organismi, che consistono nell'applicazione dei principi individuati nelle fasi di:

Realizzazione dei Materiali e artefatti, attraverso le Produzioni Open-ended; indicate per organismi potenzialmente nocivi;

Fruizione dei Materiali e artefatti, attraverso i Materiali Open-ended; indicata per organismi non nocivi come muschi, licheni, alcuni funghi ed alghe;

La distinzione si è ritenuta necessaria per quei processi di biodeterioramento per cui è necessaria l'interruzione della crescita degli organismi, che potrebbero risultare dannosi se in contatto diretto con le persone. Nonostante il congelamento del processo, la natura della "progettazione-aperta" resta concreta e coerente nella misura in cui i risultati dell'applicazione dei processi, dal punto di vista morfologico, sono non completamente prevedibili, in quanto influenzati da innumerevoli fattori, che saranno esplorati nel Capitolo Successivo.

Il tempo del divenire nelle Produzioni Open-ended

Il tempo del divenire è fondamentalmente il tempo necessario affinché un dato materiale assuma la forma dell'oggetto finito. Ørskov descrive questo processo temporale nel modo seguente: "Il tempo del divenire riguarda il grado di forza e velocità espresso nell'incontro con la sostanza: la progressione della creazione, o il ritmo della composizione-crescita" (Ørskov, 1999 pp.85). Generalmente si tende a ritenere che più lungo è il tempo di creazione, più complessa è l'espressione del risultato finale; in realtà a volte il flusso di un momento può manifestarsi in una forma complessa, così come la lenta elaborazione di un materiale può risultare come espressione

semplice o facilmente accessibile. È questo il caso delle produzioni Open-ended, in cui il tempo del divenire è integrato nel processo di creazione nell'artefatto. La crescita degli organismi è impressa sulla superficie del materiale, mostrandone le variazioni e stimolando i sensi dell'utente ad impegnarsi in indagini tattili e visive dell'oggetto, aumentando così il suo grado di coinvolgimento. Il valore del prodotto dunque aumenta quando il tempo del divenire si manifesta, attraverso forme ed elementi che ne lasciano intuire le dinamiche e il processo che hanno portato il materiale ad assumere la forma finale.

“Un oggetto è un evento congelato o fisso” scrive Ørskov (1999: 77; trad.). È proprio l'evento o le azioni che stanno dietro l'oggetto che lo trasformano dall'essere un elemento statico al divenire un'esperienza, una storia, che appare in un certo modo nel momento in cui viene catturato dallo sguardo e dalle mani del destinatario; l'aspetto dell'oggetto è condizionato dal suo passato, ma, come un organismo, l'oggetto ha anche un futuro, il che significa che continuerà ad esistere ed evolversi. Creare un oggetto in grado di evolvere la sua espressione e invecchiare gradevolmente implica fissare o “congelare” la sua espressione in uno stadio che potremmo definire di incompletezza. Il tempo del divenire può manifestarsi così in maniera evidente, consentendo al fruitore di comprenderne la storia, di familiarizzare con il processo che precede la sua forma attuale e di conseguenza interiorizzarlo.

Tale approccio mira dunque a “caricare” semanticamente un prodotto attraverso il tempo (Harper, 2018) e crea un forte legame tra soggetto e oggetto, poiché introduce gli utenti ad un tipo di conoscenza “privilegiata” su ciò che accade “dietro le quinte”. Rendere l'utente partecipe di una parte del processo, coinvolgendolo nel tempo del divenire, è un modo per stabilire un legame duraturo tra utenti e prodotti. Le tracce del tempo del divenire possono aggiungere molteplici strati di complessità all'oggetto, aiutando a garantire un utilizzo duraturo, incentrato sul fascino e sulla curiosità di riscoprirlo.

Bioricettività

La condizione indispensabile per un materiale affinché possa costituirsi come Open-ended è la Bioricettività. Essa consiste nella capacità di un materiale di essere colonizzato da organismi viventi e può dipendere da caratteristiche strutturali o superficiali, intrinseche o apportate. La definizione di Bioricettività è stata introdotta da Guillitte in riferimento ai manufatti lapidei, poi estesa a tutti i beni culturali e materiali. La natura dei materiali e quindi la loro diversa composizione chimica, rugosità superficiale, porosità nonché il loro stato di conservazione, condizionano infatti l'attecchimento e lo sviluppo di organismi che potrebbero causarne in diversi modi il deterioramento. In funzione degli stadi che si possono riconoscere nei processi di colonizzazione si distinguono una bioricettività primaria, secondaria e terziaria. La primaria indica il potenziale iniziale di un materiale ad essere colonizzato. Nel tempo, in seguito all'azione degli organismi e/o di altri fattori esogeni, questa si trasforma nella bioricettività secondaria. Infine qualsiasi attività umana che interferisce con i materiali (per esempio consolidamenti, trattamenti con biocidi, ecc), e quindi ne modifica le caratteristiche, induce una bioricettività terziaria. L'effettiva bioricettività dei vari materiali non è nota ma mediante opportuni test di laboratorio con diversi gruppi di organismi è possibile elaborare degli indici che forniscono informazioni sul rischio di colonizzazione di un certo materiale o ancora sull'efficacia di determinati trattamenti inibitori (Guillitte, 1995). Attraverso lo studio dei processi di crescita dei diversi organismi è possibile determinare le caratteristiche del substrato più adatte a consentirne la colonizzazione. Ciò consente, dal punto di vista progettuale, di individuare dei protocolli e metodi utili ad innescare i processi di biodeterioramento su diversi substrati materici. Nel secondo capitolo è stata fornita una panoramica sui principali organismi coinvolti nei processi e i principali materiali che possono fungere da substrato. Essi possono essere di natura inorganica, per cui lo status di bioricettività è conferito da fattori esterni; o di natura organica, per cui presentano intrinsecamente le caratteristiche bioricettive. Non tutti i materiali dunque possono costituire substrati adatti alla colonizzazione da parte di organismi viventi. Tra questi però è possibile annoverare i materiali lapidei di diversa natura, il legno, le fibre tessili vegetali o animali, il pellame e la carta. I principali organismi responsabili del deterioramento di tali materiali sono batteri, funghi, licheni, alghe, muschi, nonché vegetazione

e colonizzazione animale. Tali organismi possono essere distinti in base alle loro dimensioni dalla nano alla macro scala. Gli organismi visibili ad occhio nudo, come piante, funghi e licheni, sono direttamente percepibili ed aderiscono ai substrati che, oltre a favorire le condizioni di crescita, siano in grado di fornire nutrimento. Per quanto riguarda gli organismi unicellulari, impercettibili ad occhio nudo, come i batteri, il processo di adesione avviene attraverso la formazione di Biofilm, sottoforma di stato aggregato. Il processo di attecchimento avviene attraverso la formazione di microcolonie di batteri, influenzata dal pH dell'ambiente e dalla disponibilità di ferro, ossigeno, temperatura idonea e nutrimento. Una volta cresciuti numericamente i batteri consentono la maturazione del biofilm, formato da una struttura stratificata di batteri ancorati gli uni agli altri. I biofilm sono visibili ad occhio nudo e solitamente si manifestano attraverso la comparsa di croste o macchie colorate, o di strati melmosi. I biofilm possono essere monospecifici, quando composti da una sola specie di batteri, oppure, più frequentemente, da colonie eterogenee che creano dei rapporti simbiotici di scambio di nutrienti necessari alla sopravvivenza.

4.3 Scenario Tecnologico

I processi di biodeterioramento superficiale, che non intaccano dunque l'integrità del materiale a livello strutturale, possono costituire una valida alternativa ai processi di lavorazione superficiale della materia in quanto in grado di conferire particolari caratteristiche estetiche che possono risultare interessanti dal punto di vista estetico. In base alla natura del degrado essi possono conferire particolari colorazioni o texturizzazioni come risultato di processi di crescita completamente naturali in grado di ridurre notevolmente l'impatto ambientale. In questo scenario sono definite dunque le potenzialità dal punto di vista Tecnologico dell'applicazione di Processi Open-ended e dei Materiali Open-ended in grado di fornire risparmi in termini di risorse energetiche e materiali.

Colorazione e texturizzazione

Uno dei principali risultati del metabolismo degli organismi citati è la produzione di pigmenti di varie tipologie. I processi di *tintura batterica* costituiscono attualmente uno scenario di sperimentazione ampiamente diffuso. I microrganismi come i batteri e i funghi hanno la peculiarità di produrre pigmenti e sono adatti all'applicazione nella produzione, anche in grandi numeri, in quanto richiedono tempi relativamente brevi di crescita. Batteri come *Chromobacterium violaceum*, *Serratia marcescens* e *Chryseobacterium* sp. producono pigmenti viola, rossi e giallo-arancio. Il recente proliferare di Ricerche e Sperimentazioni sul tema è testimonianza di un rinnovato interesse verso pratiche di colorazione naturale, principalmente nel settore tessile, per tingere cotone, seta, lana, nylon. L'applicazione di coloranti naturali si configura come una alternativa sostenibile ai convenzionali processi di tintura sintetica in termini di sostenibilità e di impatto ambientale (Sarkar et al., 2017). Gli avanzamenti in campo tecnologico ne hanno consentito l'ingresso nei mercati. È il caso della collezione "Living Colours" della azienda PUMA, in collaborazione con le biodesigners Laura Luchtman & Ilfa Siebenhaar,

che esplorano una alternativa ai processi di tintura sintetici derivati dal petrolio. I pigmenti prodotti dai batteri sono biodegradabili e innocui per gli esseri umani, gli animali e l'ambiente. L'ottimizzazione di tale processo prevede che il pigmento venga estratto, attraverso un processo fisico, successivamente polverizzato ed utilizzato per tingere i tessuti. A livello di impatto ambientale comporta notevoli benefici in quanto, oltre ad essere completamente biodegradabile ed atossica, la tintura batterica necessita di un basso quantitativo di acqua e basse temperature. Oltre alla funzione estetica, l'utilizzo di tali pigmenti può conferire particolari proprietà benefiche ai tessuti in quanto essi sono in grado di svolgere azioni antibatteriche.

Se il processo di tintura è stato ampiamente indagato, un potenziale ancora da esplorare è quello della *texturizzazione*. Organismi quali licheni o piccoli parassiti sono in grado infatti di intervenire sulla superficie dei materiali attraverso operazioni di sottrazione di materia, creando dei pattern tridimensionali che possono conferire unicità e peculiarità al materiale. Nei licheni tale processo è denominato endolitico in quanto avviene principalmente su materiale lapideo, calcareo per l'esattezza. Tale processo di texturizzazione è conosciuto con il nome di pitting ed è generato dalla penetrazione del tallo, ossia il corpo degli organismi vegetali inferiori che non presentano le caratteristiche differenziazioni in radice, fusto, o foglie, nel primo strato superficiale del materiale. Il pitting si manifesta tramite una serie di fori, mediamente circolari, dalle dimensioni più o meno variabili, che in genere non superano i 5 mm di diametro.

Energie alternative

La colonizzazione da parte di organismi viventi della superficie dei materiali può contribuire a un risparmio in termini di risorse non solo dal punto di vista produttivo, ma anche sfruttando alcune specifiche capacità degli organismi. Nel caso di vegetazione come muschi e alghe e licheni è possibile infatti sfruttare le capacità di drenaggio dell'acqua, purificazione dell'aria e produzione di energia elettrica.

Fotosintesi

Cianobatteri e microalghe sono oggetto di studio nell'ambito delle ricerche sul tema del biofotovoltaico, una tecnologica emergente, sviluppata nei laboratori del MIT di Boston, che sfrutta la capacità di tali organismi di convertire l'energia solare in elettricità. Oltre all'applicazione in celle fotovoltaiche, designer e ricercatori stanno sperimentando pratiche di utilizzo che integrino la componente vegetale all'interno dei prodotti e materiali stessi, dando alla luce concept ibridi in cui gli elementi costituenti del processo non sono nascosti ma diventano l'elemento caratteristico ed identitario del prodotto. È il caso del progetto "Moss Table", realizzato nell'ambito del progetto di ricerca "Design in Science" finanziato dal Consiglio di Ricerca di Ingegneria e Scienze Fisiche (EPSRC). La superficie del tavolo presenta una intercapedine entro la quale sono state collocate delle celle contenenti muschio che, attraverso il processo di fotosintesi clorofilliana producono elettricità. Le celle sono collegate ad un dispositivo elettrico, in questo caso una lampada in acrilico posizionata al bordo del tavolo, per mezzo di connettori in acciaio inox ed elettrodi. Sulla base di tali studi è possibile dunque comprendere le potenzialità, in termini applicativi, di materiali predisposti alla colonizzazione da parte di muschio, spontaneamente.

Bioluminescenza

In termini di risparmio energetico, la Bioluminescenza, caratteristica di alcuni organismi quali batteri, alghe e funghi, costituisce un altro settore oggetto di studio e sperimentazioni. Attraverso un processo che converte energia chimica in energia luminosa, i suddetti organismi sono in grado di emettere luce naturalmente. Il progetto "Bio-Light" sperimentato dalla Philips, fornisce un esempio di possibili applicazioni della proprietà. La lampada, parte della ricerca più ampia "Microbial Home", che immagina un ambiente domestico sostenibile alimentato da fonti di energia alternative, è composta da una serie di celle di vetro che contengono colture di batteri bioluminescenti. In questo caso la risorsa energetica è costituita dal nutrimento dei batteri, che emettono luce in maniera spontanea e continuativa. Oltre ai batteri è possibile trovare in natura numerosi organismi in grado di produrre energia luminosa, anch'essi potenzialmente responsabili del processo di biodeterioramento, quali funghi e alghe (Lee, 2015).

Funzioni

Diverse ricerche nel campo tecnologico, svolte principalmente presso la Delft University of Technology e la Queen's University, forniscono dati interessanti sulle potenzialità di tali organismi, che trovano un campo di applicazione nella realizzazione di Cementi Bioricettivi definiti "Plant friendly". I Biocementi sono costituiti da una struttura a celle aperte che consente l'assorbimento e il trattamento di acqua, nonché favorisce la crescita di vegetazione come muschi e licheni, che assorbono CO₂, purificano l'aria, intrappolano particelle inquinanti e forniscono un habitat idoneo alla crescita di microfauna e piccoli insetti, nutrimento per uccelli e altri piccoli animali (Gilligan, 2020; Veeger et al., 202).

Biosensori e filtri

Organismi come muschi e licheni possono essere utilizzati come biosensori in quanto in grado di assorbire gli agenti inquinanti presenti nell'aria e fungere così anche da purificatori naturali di ambienti. Entrambi gli organismi sono piante non vascolari che agiscono come filtri naturali contro elementi tossici. Il loro sistema radicale sottosviluppato minimizza il contatto con il suolo, dunque acquisiscono principalmente nutrimento dall'atmosfera, assorbendo e trattenendo gli elementi presenti, compresi gli agenti inquinanti (Cowden et al., 2015).

I licheni sono utilizzati per il monitoraggio della qualità dell'aria in quanto estremamente sensibili alla presenza di agenti inquinanti che si ripercuotono su aspetti legati alla loro crescita, diffusione e stato di salute. Essi infatti possono fungere da bioindicatori e da bioaccumulatori di metalli pesanti. Assorbono tutte le sostanze presenti nell'atmosfera e le concentrano nel tallo, principalmente ferro, piombo e radionuclidi (Shukla et al., 2014). I muschi hanno la capacità di fungere da filtro sia in ambiente urbano che in ambiente domestico. Essi sono in grado di assorbire le polveri sottili nonché gli elementi inquinanti derivati dal consumo di tabacco (Rajifur et al., 2018) costituendo così un ottimo purificatore d'aria naturale. Il progetto "City Tree" sviluppato dall'azienda "Green City Solutions" sfrutta tale caratteristica attraverso una installazione che combina muschi e Sensori IoT che forniscono dati in tempo reale su performance ambientali, qualità dell'aria e stato di salute dei "biofiltri". L'installazione di un "City Tree" ha un potenziale di purificazione

equivalente all'azione di 275 alberi, e ciò lo rende un ottimo compromesso tra efficacia e occupazione di suolo, date le sue dimensioni ridotte e variabili.

4.4 Scenario Culturale

L'utilizzo di processi biologici di biodeterioramento risulta essere uno strumento progettuale non solo in termini di sostenibilità dal punto di vista tecnologico, ma anche dal punto di vista estetico, morfologico e funzionale che ricadono nell'ambito della sostenibilità culturale, (Vedi Capitolo 1) in quanto in grado di generare nuove modalità di fruizione basate sul concetto di cura, mantenimento e unicità dell'esperienza. Tali potenzialità rispondono ai principi progettuali del Design for Emotional Durability e dello Slow Design, analizzati nel capitolo 2, di cui saranno riproposti alcuni punti per poterne definire le congruenze identificate:

Uno dei principi progettuali dello SD a cui l'utilizzo di processi di biodeterioramento risponde in maniera più coerente è quello della Rivelazione, ossia quando un artefatto "rivela aspetti ed esperienze legate ai prodotti che sono spesso trascurati o dimenticati, compresi i materiali e i processi che spesso passano in secondo piano durante la fruizione" (Straus & Fraud-Luke, 2006). Il materiale dunque rivela aspetti che ne hanno determinato la creazione, arricchendo l'esperienza d'uso con narrazioni, che divengono particolarmente interessanti nel caso in cui siano coinvolti organismi viventi, come nel caso specifico di nostro interesse. I processi Open-ended, quali tinture o texturizzazioni, imprimono infatti in maniera imprevedibile, sulla superficie della materia, disegni e gradazioni di colore fortemente influenzati dai processi di crescita degli organismi. L'estetica risultante è dunque la manifestazione della fase di realizzazione e di creazione, di un processo vivo, impresso attraverso una sorta di istantanea temporale. Conoscere e comprendere le origini di un artefatto, o di un materiale come in questo caso, contribuisce a generare consapevolezza e costituisce un primo passo verso delle scelte di consumo più responsabili ed etiche. Una produzione lenta di artefatti, che continua a manifestarsi anche durante la fruizione, induce ad un "consumo riflessivo" che ne incentiva il continuo apprezzamento, non solo dal punto di vista estetico ma anche emozionale. L'artefatto attiva un approccio contemplativo che ne eleva l'utilizzo oltre la mera funzione, determinando un legame che supera le dinamiche del consumismo estetico e psicologico. Il progetto

"Biolamp" della designer Ian Klinger include nella fase d'utilizzo il processo stesso di "creazione" del prodotto, determinato dalla proliferazione di batteri. La collezione di lampade infatti è composta da una piastra di terreno di coltura, inoculato con diverse tipologie di batteri, che si riproducono durante l'utilizzo, grazie all'esposizione alla fonte di luce che garantisce la temperatura ideale di crescita. La proliferazione dei batteri determina la formazione di macchie di diverse forme, estensioni e colori, in continua evoluzione, con l'obiettivo di creare nuove connessioni tra utente e prodotto, ma anche tra il visibile e l'invisibile, in questo caso i batteri, che diventano focus attrattivo del progetto.

La dimensione temporale di tali processi risulta fondamentale dunque sia nella fase di produzione che nella fase di utilizzo di materiali e prodotti, attraverso manifestazioni dell'incidere del tempo sui processi di crescita di tali organismi. La capacità di evolvere durante l'uso costituisce un altro elemento progettuale dello SD in quanto la maturazione dinamica degli artefatti implica la potenzialità di generare esperienze d'uso più ricche e coinvolgenti. Si pensi ad esempio ad un artefatto colonizzato da muschi o licheni, la cui superficie risulterebbe in continuo mutamento, scandito dalle diverse modalità di crescita degli organismi, influenzate da condizioni ambientali dei singoli contesti d'uso, che danno vita ad estetiche sempre differenti e inaspettate nel corso degli anni. L'evoluzione implica una stratificazione di significati, in maniera ulteriormente amplificata se l'esperienza stessa della fruizione influisce sulle trasformazioni della superficie. Ciò è evidente nel caso della manifestazione dei segni dell'uso e nella capacità di alcuni materiali di raccogliere e immagazzinare informazioni che divengono significanti per gli utenti (Fontanille, 2009). Lo stesso principio è applicabile ai materiali Open-ended attraverso la contaminazione. Si è visto come la colonizzazione spontanea dei materiali da parte di organismi viventi avviene attraverso la creazione di rapporti simbiotici di interdipendenza tra diverse specie. La presenza di batteri e organismi monocellulari è rilevabile infatti ad occhio nudo attraverso i prodotti della crescita, ossia macchie pigmentate e texturizzazioni. L'introduzione di altri organismi nei sistemi, determina variazioni negli equilibri che possono manifestarsi attraverso reazioni che modificano i risultati del processo metabolico. Un esempio del risultato di contaminazione è il progetto "Infected" del laboratorio "Officina Corpuscoli" in cui l'interazione tra singoli individui e un substrato di micelio inoculato con batteri, costituisce un metodo di customizzazione. L'essere umano è infatti esso stesso un ecosistema costituito

da organismi e risultato dell'interazione tra diverse forme di vita. I batteri presenti sul micelio interagiscono in maniera differente con i singoli organismi presenti sulla pelle dei diversi individui, determinando così forme e texture individuali ed uniche. (Vedi fig. Montalti)

La consapevolezza di possedere un artefatto vivente, che evolve nel tempo e che necessita di cure, costituisce un espediente progettuale per il Design for Emotional Durability in quanto crea un rapporto di dipendenza tra utente e prodotto. I materiali Open-ended, in quanto ibridazione tra la dimensione artificiale e naturale, appagano l'istinto naturale dell'essere umano all'accudimento (Chapman, 2015) e dunque contribuiscono a stabilire un legame molto personale con il prodotto e una maggiore consapevolezza di esso. Un esempio di applicazione di tale principio è riscontrabile nella collezione di giacche "Biogarment", della designer canadese-iraniana Roya Aghighi. La serie nasce dalla capacità di visualizzare nuove modalità di interazione con i prodotti che, prendendo vita, dispongono di bisogni da soddisfare. Tale approccio intende condurre ad una trasformazione della percezione del valore degli artefatti, riducendo gli sprechi e la dismissione precoce. Le giacche sono realizzate con alghe viventi che purificano l'aria attraverso fotosintesi. Le modalità di fruizione del capo mutano rispetto ai tradizionali indumenti che necessitano di lavaggio, in quanto le alghe necessitano di una rigenerazione periodica attraverso immersione in acqua che gli consente la sopravvivenza. Dietro la realizzazione del "Biogarmentry" più che l'intenzione di svolgere una particolare funzione, che in questo caso è quella di purificare l'aria intorno a sé, c'è l'intento di creare una relazione più intima tra i proprietari e i loro indumenti, e di trasformare i modelli di acquisto/utilizzo/dismissione in acquisto/cura/compostaggio. L'utente in questo caso è attivamente coinvolto nella "sopravvivenza" del capo che diventa sua responsabilità.

Gli utenti subiscono inoltre un fascino dato dalla non completa comprensione del prodotto che porta alla curiosità di scoprirlo. Immaginate di possedere un oggetto che cambia aspetto in modo imprevedibile, che viene percepito come dotato di una propria autonomia; l'interesse suscitato dal prodotto spinge l'utente a considerarlo più di un semplice strumento. Piero D'Angelo, fashion designer della Central Saint Martin di Londra, attraverso i suoi esperimenti a cavallo con la biologia, ha creato una collezione di abiti viventi che cresce durante l'uso. Il designer usa licheni e funghi, la bava in particolare, per texturizzare i suoi tessuti. Il Kit "grow your own" permette all'utente di far crescere dei licheni su un indumento che

avrà la funzione di purificare l'aria. Più che la funzione ciò che è interessante in questo concetto è che i licheni continuano a crescere durante tutto il tempo di utilizzo degli indumenti, e ciò implica un mutamento continuo dell'aspetto, generando un interesse costante e un senso di rinnovamento.

Scenario Tecnologico: Colorazione e Texturizzazione



Alcuni esempi di tessuti tinti tramite pigmenti ottenuti da Batteri, Alghe e Funghi. A sinistra i risultati del Laboratorio di tintura organizzato da FaberFuture, "FungalDye";

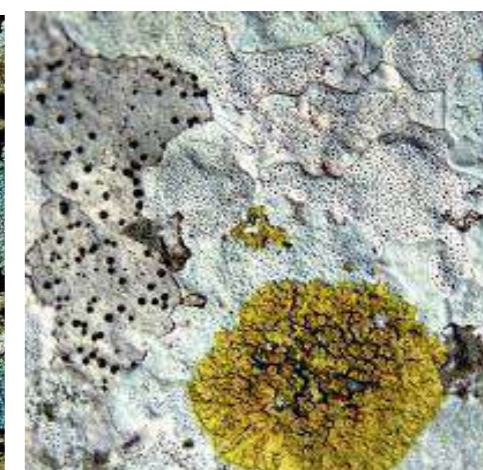
In basso da sinistra: sfumature di colore ottenute tramite tintura realizzata con Alghe realizzato nell'ambito del progetto "ColorWays" dalla ricercatrice Viki Weils;

Collezione "Living Colours" realizzata da PUMA in collaborazione con la Designer Natasha Chieza



Esempi di colorazione e Texturizzazione ad opera di Licheni su diversi substrati;

Credit Photo:
Lichens | NatureScot <https://www.nature.scot>



Scenario Culturale: Nuove estetiche, usi e fruizioni



Roya Aghighi, "Biogarmetry", tessuti realizzati con Alghe viventi



Piero D'Angelo, "Grow your own couture". Growing lichens on garment, Central Saint Martin



Piero D'Angelo, Dye with slime, Biodesign Here Now', London Design Festival.



Martin Margiela, "Decay exposition", una collezione di abiti sottoposti a processo di biodeterioramento ad opera di batteri e lieviti, 1990;

CAPITOLO 5 Progettare Materiali Open-ended

ABSTRACT

Dopo aver determinato le potenzialità dal punto di vista tecnologico, funzionale e culturale, in questo capitolo si entrerà nel merito della progettazione e realizzazione dei Materiali Open-ended, con l'obiettivo di determinare in che modo è possibile tradurre praticamente nella dimensione progettuale i punti d'interesse evidenziati nel capitolo precedente.

Saranno analizzate le questioni della progettazione con la materia e i processi viventi in generale, tramite questioni quali il mutato rapporto tra materia e forma e l'approccio del designer come formfinder; come cambia l'estetica degli artefatti viventi e che tipo di esperienza implica.

Nella seconda parte saranno stipulate delle Linee Guida per il Design per progettare con gli organismi viventi, analizzandone i parametri di intervento, i limiti e le possibilità dal punto di vista progettuale.

5.1 Progettare con la Materia vivente

La dimensione del vivente nell'ambito progettuale è stata introdotta con l'avvento del Biodesign ed ha determinato un cambiamento radicale sia nei processi di produzione e lavorazione dei materiali, nonché nell'esperienza di fruizione, ossia quando gli organismi restano in vita durante il tempo di utilizzo, generando artefatti viventi. L'ibridazione delle dimensioni naturale e artificiale si presta a costruire nuovi scenari in cui Design e Biologia si confrontano e collaborano per progettare un ecosistema di prodotti sostenibili, responsivi e mutevoli. Tali visioni e prefigurazioni dal punto di vista di designer e architetti dei possibili nuovi ecosistemi sono messe a disposizione del pubblico attraverso la realizzazione di mostre ed esposizioni che esplorano gli scenari domestici e urbani del futuro. Il proliferare di Mostre (nota: "Alive: New Design Frontiers" curata da Carol Collet, 2013; "Nature" Cooper Hewitt Design Triennial e Cube Design Museum, New York, 2019; "La Fabrique du Vivant", Centre Pompidou, Paris, 2019), Conferenze (Biofabricate, New York, London; Alive Active Adaptive, Rotterdam, 2017;), competizioni (Biodesign Challenge, GEM) e la fondazione di comunità online e laboratori di Biodesign (Faber Future, Ginko Bioworks,) testimoniano il fermento intorno al tema e la portata dell'impatto che tale Rivoluzione è in grado di apportare non solo in ambito tecnologico ma anche sociale, culturale ed estetico.

Il Design si trova dunque di fronte a un momento di trasformazione radicale sancito dal fatto che i vincoli e le potenzialità progettuali di tale innovazione richiedono un ripensamento delle qualità formali e funzionali dei prodotti. Progettare oggetti viventi implica determinare in che modo i designer possano integrare tale caratteristica attraverso la definizione di particolari qualità materiali, prevedendo ed anticipando l'evoluzione temporale di un artefatto vivente e il modo in cui le persone si relazioneranno ad esso. (Karana et al., 2020)

Ecco che dunque l'Esperienza di fruizione degli artefatti viventi coincide con i principi dell'Esperienza Estetica Ecologica, di cui al capitolo 4, per cui gli artefatti mostrano in maniera esplicita la loro essenza di processi mutevoli ed in continua evoluzione, manifestan-

do la rete di relazioni che intessono con l'ambiente circostante e con gli utenti.

Questi ultimi dunque sperimenteranno il tipo, il grado e la durata del cambiamento dell'artefatto nel tempo, percepibile tramite variazioni immediate o graduali di colore, forma o funzione. Tali cambiamenti possono evocare significati semantici e associazioni molto diverse, il che implica una progettazione che tenga in considerazione il cambiamento e le sue possibili conformazioni a partire dallo stato iniziale di un materiale vivente, fino al momento della sua completa degradazione o dismissione. I fenomeni biologici che determinano tali cambiamenti diventano dunque conoscenze preliminari necessarie per il designer, il quale deve ampliare le proprie competenze per comprendere, prevedere e progettare le nuove qualità materiali. Affidarsi infatti alle sole conoscenze e competenze delle figure professionali quali Biologi e Biotecnologi non è sufficiente a determinare dei veri e propri avanzamenti in campo applicativo per il design, se non si comprendono i meccanismi e le dinamiche legati ai processi di crescita degli organismi coinvolti nella realizzazione di tali materiali ed artefatti.

In termini estetici i due fenomeni biologici che maggiormente influenzano sulle variazioni sono infatti la crescita e la riproduzione degli organismi e costituiscono il principale oggetto di sperimentazione nella fase applicativa. Essi si esprimono sul manufatto in maniera più o meno evidente, influenzando su colori, odori e consistenze. Tali cambiamenti a loro volta sono classificabili in base al grado, ossia l'entità della trasformazione - che può variare da lieve a inaccettabile - e alla durata, ossia il tempo durante il quale il cambiamento si manifesta, si estende o retrocede. Quest'ultimo può essere infatti immediato, se risponde agli stimoli attraverso feedback quasi simultanei; ritardato, se la trasformazione avviene con tempistiche molto lente; graduale, quando la variazione avviene in maniera immediata ma è persistente e avanza in maniera duratura nel tempo; effimero o reversibile, quando il cambiamento è temporaneo e il materiale ritorna al suo stato iniziale in tempi più o meno lunghi.

Gli elementi individuati costituiscono il terreno d'azione del Designer che, attraverso le sperimentazioni, può dunque progettare, anche se in maniera non del tutto controllabile, le proprietà dei Materiali Open-ended. Il ruolo determinante del Designer risiede proprio nella capacità di individuare tale potenziale progettuale. Il suo contributo non si limita ad applicare pedissequamente protocolli e processi già in uso nel campo delle biotecnologie, ma consiste nell'intervenire attivamente nel processo, variandone alcuni

elementi, con l'obiettivo di generare output dal valore estetico, semantico e funzionale che possano facilmente trovare applicazioni nei mercati.

Rapporto tra materia e forma

“Il mondo mobile ed evolutivo in cui viviamo si riflette nella materialità degli oggetti che sono immaginati come capaci di auto-trasformarsi, di adattarsi, ripiegarsi, rispondere agli stimoli e in grado di interagire con l'ambiente”. (La Rocca, 2015). Nel corso della tradizione progettuale architettonica e industriale gli artefatti sono stati contraddistinti da una forte separazione tra la “forma” e la “materia”. La rivoluzione industriale ha portato a un distacco dalla tradizione artigiana in cui invece la tecnica, l'azione diretta dell'uomo sulla materia, intrecciava in maniera organica i due aspetti morfologici dell'artefatto (Oxman, 2017).

Il Design Moderno e la produzione si sono evoluti verso una tendenza a determinare la forma attraverso un processo a priori e a stante che prescinde dalla conoscenza del materiale (Sennet, 2008) e che viene dunque scelto da un campionario a fine progetto. La Modernità fa “scompare” la materia, la subordina, non la lascia essere ciò che è, mira solo a piegare la sua volontà formale che può essere diretta verso l'usabilità o l'esteticità. In entrambi i casi viene ridimensionato il valore della materia, sia questa pietra, metallo, colore, parola o suono (Fiorani, 2000).

Con il Biodesign assistiamo a un superamento all'approccio modernista di considerare il materiale un aspetto secondario alla forma, bensì è il materiale, vivente, a determinare la forma. La bio-fabbricazione infatti, essendo basata sul lavoro di organismi viventi, comprende un fattore di imprevedibilità dei risultati e dei comportamenti, in fase di sperimentazione, che porta il progettista ad intraprendere percorsi inesplorati. La materia dunque ritorna ad essere input generativo del progetto e l'imprevedibilità dei risultati nelle sperimentazioni diventa motore di creatività e di innovazione.

L'affidamento della realizzazione di materiali o artefatti ad organismi viventi comporta un mutamento nel rapporto tra materia e forma, in quanto guidato da processi naturali complessi dei quali è possibile prevedere i pattern di crescita, ma non governarne l'evoluzione ad un livello tale da consentirne la completa definizione formale. Ciò crea un elemento di discontinuità rispetto all'approccio Modernista che considera la Natura e l'Universo come comple-

tamente interpretabili, leggibili e riducibili a formule matematiche. I fenomeni naturali diventano omogenei e controllabili attraverso le leggi della fisica e della matematica e i Materiali perdono la loro concretezza fisica ed esperienziale per cedere il posto ad un modello astratto e matematico di materialità prodotta da parametri (Fiorani, 2000). Attraverso il Design Computazionale e la modellazione parametrica è infatti possibile riprodurre le morfologie naturali; attraverso algoritmi è possibile controllarne le variabili, adattandole alle esigenze formali e progettuali a seconda delle diverse applicazioni. All'interno del contesto descritto, caratterizzato dalla totale governabilità della forma, che spesso però è concepita autonomamente dalle qualità materiche che poi costituiranno l'artefatto, la perdita del controllo costituisce un mutamento destabilizzante sia dal punto di vista dei progettisti, che si interfacciano con una materia che presenta diversi gradi di libertà espressive, che per gli utenti che dovranno familiarizzare con estetiche e linguaggi imperfetti e mutevoli.

Rispetto a questa presunta crisi tra Materia e Forma, Manzini (1980), sostiene che la forma vera, in un mondo segnato non solo da nuove morfologie ma anche dalla smaterializzazione dovuta all'avvento del digitale, consiste nell'immagine che i prodotti lasciano impressa nella nostra mente. Non è dunque la forma fisica in se per sé, bensì la forma del sistema di relazioni che essi mettono in gioco. Ecco che dunque non ci troviamo di fronte ad una crisi della forma in generale, bensì ad un mutamento nella forma fisica che si apre ad un terreno nuovo di sistemi relazionali, che altro non sono che forme che fluiscono nel tempo.

Design come form-finder

Rispetto a questa nuova concezione di Materia attiva, è possibile tracciare uno scostamento dalla logica della rappresentazione, che ha contraddistinto la modernità e postmodernità verso un approccio basato sul processo che sta influenzando la disciplina progettuale al giorno d'oggi. La materia dunque viene considerata non più come un elemento da dominare, da plasmare per assumere determinate forme e rappresentazioni, bensì come in grado di evolversi, cambiare, autodeterminarsi, assumere conformazioni che seguono strutture autonome di aggregazione. Si sta infatti iniziando a comprendere che ogni sistema complesso, composto da molecole che

interagiscono, è in grado di generare spontaneamente ordine e di auto organizzarsi in strutture e forme. Il modello oloomorfo, che ha caratterizzato tutto il ventesimo secolo viene sostituito dal modello morfogenetico che tende a considerare la materia come energia in movimento, acquisendo forme topologiche, piuttosto che geometriche ed innaturali. (DeLanda, 2018) Così l'approccio top-down, di imposizione di una forma sulla materia, di scelta della materia come elemento terminale della progettazione, viene sostituito dall'approccio bottom-up, che ne individua le singolarità e sostituisce il concetto di "formazione" al concetto di "forma". Il ruolo del progettista dunque si discosta dall'essere un form-maker lasciando spazio alla figura del form-finder attraverso l'esplorazione della materia (Leach, 2018). La Materia non è più considerata come inerte, dunque è necessario consentirle di definire autonomamente la propria forma, e ciò presuppone una predilezione per il concetto di varietà, piuttosto che di ripetizione. Come accade in Natura, la creazione inizia con la materia, la morfogenesi, e la generazione della forma è un processo generato da forze fisiche intrinseche. La materia dunque non costituisce un attributo subordinato alla forma, bensì è la sua progenitrice. Tale visione del mondo materiale implica il considerare la materia come attiva, dotata di proprie tendenze e capacità, di evoluzione attiva e aperta (open-ended) nel tempo, "animata dall'interno da modelli immanenti di essere e divenire" (DeLanda, 2011). Il Designer dunque muta il proprio approccio progettuale, interrogando la materia stessa, osservandola alla ricerca delle potenzialità che sarà in grado di esprimere nel tempo. La variazione e l'irregolarità diventano elementi che contraddistinguono e trasmettono la complessità del sistema naturale in cui siamo inseriti e dei processi viventi utilizzati per realizzarla. L'esperienza estetica muta, ciò che è considerato bello, dunque regolare, simmetrico, armonico, prevedibile, cede il posto al sublime, governato dal caos, dall'asimmetria, dall'irregolarità e soprattutto dall'imprevedibilità (Harper, 2018). Il sublime non è forma, è processo, ed è un'esperienza che ci allontana da ciò che è familiare, da ciò che è conosciuto, e ci costringe ad essere più presenti, attenti e coinvolti. Gestire una tale complessità dal punto di vista progettuale implica l'accettare l'imprevedibilità, l'irregolarità, il caos, e porsi verso il processo non con un approccio risolutivo, bensì con l'intenzione di guidarlo, accompagnarlo, individuarne il potenziale ed intervenire affinché esso sia espresso nel miglior modo possibile.

5.2 Linee guida per il Design

Classificazione dei Materiali Open-ended

I Materiali Open-ended, in quanto realizzati attraverso il coinvolgimento o l'integrazione di organismi viventi, si costituiscono come ibridazione tra la dimensione naturale ed artificiale e tra i materiali attivi e inattivi, stando alla classificazione dei materiali proposta da Bekas (2016). E' possibile infatti estrapolare dei criteri di categorizzazione basati sui gradi di interazione dei materiali con l'ambiente e gli utenti, da cui la distinzione in Inattivi, Reattivi e Proattivi (Parisi et al., 2018). I materiali Inattivi sono caratterizzati da un comportamento passivo, privo di interazioni esplicite, i cui eventuali cambiamenti derivano dall'incidenza dell'uso e dei fattori ambientali. L'invecchiamento dei materiali è dunque considerabile come una risposta passiva del materiale alle sollecitazioni esterne, e che di fatto non costituisce una interazione vera e propria, nonostante alcuni cambiamenti dovuti all'uso e alla dimensione temporale siano molto evidenti per alcuni di essi quali leghe metalliche ossidanti e materiali flessibili come carta o elastomeri. La principale caratteristica dal punto di vista progettuale dei materiali inattivi sta nella non prevedibilità completa dei comportamenti che risultano dunque non progettabili.

I materiali Reattivi rispondono invece in maniera attiva agli stimoli esterni, quali luce, temperatura o applicazione di campi elettrici, modificando una o più proprietà in maniera reversibile e generalmente controllata. Sono conosciuti anche come Smart e posseggono un grado di interazione molto elevato, si pensi ad esempio ai materiali termocromatici, polimeri fotocromatici o le schiume a memoria di forma (Ferrara, 2013). Le proprietà Smart possono essere conferite, oltre che attraverso caratteristiche intrinseche strutturali del materiale, dalla collaborazione e l'inclusione di organismi viventi che fungono da Bio-sensori o Bio-attivatori in grado di percepire e reagire agli stimoli esterni. Tali materiali appartengono alla categoria dei Bio-smart di cui sono state individuate le seguenti caratteri-

stiche (Lucibello et al., 2018):

1. Sostenibilità, sia in termini di risorse utilizzate che di programmabilità ed intelligenza della biodegradazione. Ciò consente non solo di controllare la dimensione temporale del processo di smaltimento ma anche la possibilità di rilasciare sostanze utili all'ambiente;

2. Responsività, rispondono agli stimoli in maniera attiva, visibile e utile, fornendo feedback; Tali risposte a loro volta riguardano la capacità di mantenere integrità, attraverso l'auto-rinnovamento, vale a dire materiali autorigeneranti in grado di ripararsi o aggiornarsi (compositi autorigeneranti, materiali in crescita); la capacità di variare tramite l'attivazione di proprietà apparentemente superflue o tacite che si manifestano nel momento del bisogno e modificano le prestazioni del materiale quali densità, elasticità, porosità.

3. Evolvono per sopravvivere, integrando l'inaspettato e sviluppando caratteristiche che li rendono resistenti a

4. Si sviluppano attraverso capacità di auto-organizzazione in termini morfologico- strutturali, come strutture auxetiche per rispondere meglio alle esigenze progettuali e degli utenti.

L'integrazione della componente vivente dei materiali Bio-smart, nonostante comporti una componente di imprevedibilità che li rende non del tutto controllabili, tuttavia gli consente di rispondere agli stimoli in maniera funzionale e progettata per adempiere scopi ben precisi.

Nell'ambito di questa classificazione i Materiali Open-ended si trovano in una posizione intermedia in quanto sono materiali convenzionali, tradizionali, che aumentano il loro grado di interazione con gli utenti e l'ambiente circostante, come i materiali smart, ma la risposta a tali stimoli non è necessariamente funzionale, rendendoli in ciò passivi come i Materiali Inattivi. Volendo riassumere le caratteristiche dei Materiali Smart è possibile infatti individuare tre principali criteri che li distinguono dai Materiali Open-ended. Essi subiscono cambiamenti reversibili; tali cambiamenti sono il risultato di processi programmabili; la responsività a stimoli esterni corrisponde a una risposta funzionale. I Materiali Open-ended subiscono dei cambiamenti non reversibili; i processi che generano le trasformazioni sono programmabili ma non controllabili, dando vita a risultati imprevedibili; la responsività agli stimoli esterni non corrisponde a una risposta funzionale, bensì a processi naturali di trasformazione. Progettare Materiali Open-ended dunque implica l'intervento sul materiale affinché siano stabilite le condizioni che

determinano l'avvio dei processi di biodeterioramento, i quali però si svilupperanno in maniera autonoma e imprevedibile a seconda del contesto ambientale e delle condizioni di crescita.

Materiali e superfici Open-ended

A seconda del tipo di intervento e delle modalità di utilizzo dei processi è possibile effettuare una distinzione tra Materiali Open-ended e Superfici Open-ended.

I Materiali Open-ended sono materiali bioricettivi che contengono in sé le proprietà necessarie a favorire la proliferazione e crescita degli organismi. L'intervento da parte del Designer è di tipo strutturale e non vi è distinzione tra la "carne" del materiale e la "pelle". Le Superfici Open-ended sono ottenute attraverso l'applicazione di Processi Open-ended che imprimono il processo di crescita sullo strato superficiale del materiale, che costituisce la membrana di scambio tra l'oggetto e l'ambiente circostante. La conformazione è bidimensionale e la colonizzazione da parte degli organismi è determinata da condizioni esterne, non intrinseche al materiale stesso.

Crescita e riproduzione

"Nel vivente la forma è parte della sua struttura multilivellare; negli artefatti ciò non accade" (Arci, 2017)

Nel suo "On Growth and Form", D'Arcy Thompson postula i principi generali secondo i quali la forma di un organismo è informata dal fenomeno complesso chiamato "crescita". Questo processo comprende le azioni dirette delle forze molecolari e altri complessi processi più lenti, indirettamente risultanti da forze chimiche, osmotiche e di altro tipo, con cui il materiale viene introdotto nell'organismo e trasferito da un elemento all'altro (Thompson 1952). È possibile individuare un parallelismo tra ciò che rappresenta la crescita per la Natura e ciò che costituisce il processo di fabbricazione per il Design. L'azione di plasmare e realizzare include dunque più della la semplice manifestazione della forma. In Natura, la forma è informata dall'interazione di materia ed energia ed è grazie alla distribuzione della materia e delle sue proprietà che tale interazione è resa possibile nel regno fisico. Quando il processo di crescita si sovrappone e coincide con il processo di fabbricazione entrano in gioco fattori

altri che influenzano, oltre che gli output progettuali, anche l'apporto di risorse ed energie necessarie affinché i processi di crescita siano compiuti.

Il prerequisito necessario nella progettazione di Materiali e Artefatti viventi è determinare il modo in cui il corpo umano e le altre entità viventi e non viventi condizionano la vivibilità degli organismi. Ciò implica l'esplorazione mirata delle possibilità di fornire un habitat adeguato alla sopravvivenza degli organismi sia nel momento della progettazione, nell'applicazione di Processi Open-ended, che nel momento dell'uso, nella fruizione dei Materiali Open-ended. La sostanziale differenza tra i due momenti consiste, nel primo caso nel determinare le condizioni affinché i processi di crescita siano innescati ed hackerati per ottenere gli effetti prefigurati, definito primo habitat; nel secondo caso nel prevedere le condizioni ambientali che ospiteranno il materiale e le variabili che ne determineranno la sopravvivenza, secondo habitat. Al momento della progettazione, l'habitat ottimale iniziale viene progettato identificando i principali elementi, le loro relazioni e composizioni che sono necessari all'organismo per prosperare. La progettazione di tali habitat richiede la comprensione dei meccanismi di conservazione dell'energia necessari per i metaboliti primari coinvolti nella crescita e nella riproduzione, come la fotosintesi, la respirazione aerobica e (an)aerobica, e i processi di fermentazione (Jurtschuk, 1996; Voet & Voet, 2006). In corrispondenza di ogni meccanismo, alcune fonti come la luce, l'ossigeno, il carbonio e l'azoto, possono essere necessarie o meno per mantenere in vita un determinato organismo. Inoltre, al fine di mantenere l'habitat, si dovrebbe considerare una comprensione e un'analisi del bio-processo, compresa la determinazione della biomassa, il tasso di crescita, la produttività e il rendimento tra gli altri fattori (Willey, Sherwood, & Woolverton, 2011). Per esempio, per mantenere la vivacità di una coltura batterica, certe concentrazioni di nutrienti e sottoprodotti dovrebbero essere sostenute nel suo primo habitat. Con la crescita microbica, i nutrienti vengono gradualmente consumati e i sottoprodotti si accumulano. Se la cultura continua, la densità di cellule vitali diminuirà, portando all'inibizione della crescita e/o della riproduzione.

Parametri di intervento

Il processo di colonizzazione dei materiali è influenzato da una serie di condizioni che consentono la proliferazione degli organismi sui substrati materici. La presenza o meno di tali condizioni è fondamentale dunque nel processo di progettazione e realizzazione dei Materiali Open-ended e costituisce il principale campo di intervento del Designer che, variando una o più di esse, può guidare ed indirizzare i processi di crescita a seconda delle necessità progettuali. La letteratura scientifica nel campo del biodeterioramento dei beni culturali, che ha come oggetto la comprensione e la definizione di tali fattori, fornisce una analisi dettagliata del tema e ha consentito di estrapolare una serie di linee guida utili nella fase di applicazione di tali processi. Di seguito saranno dunque elencati i principali fattori e variabili che costituiranno una sorta di prontuario preliminare che possa guidare il Designer nelle sperimentazioni con i Processi di Biodeterioramento e nella realizzazione di Materiali Open-ended. I principi sono stati estrapolati a partire da indicazioni di carattere generale, applicabili a tutti gli organismi viventi coinvolti nel fenomeno del biodegrado. Essi costituiscono dunque una base di partenza indispensabile a comprendere il funzionamento di tali fenomeni biologici. Forniranno gli input da cui partire nelle sperimentazioni, che varieranno poi per ogni caso specifico a seconda della tipologia di organismo coinvolto, delle sue specifiche caratteristiche e degli obiettivi prefigurati ed esigenze progettuali.

I parametri su cui è possibile intervenire sono stati classificati in:

Parametri interni, ossia inerenti le proprietà materiche, intrinseche o superficiali del substrato, individuati nelle caratteristiche strutturali quali porosità, igroscopicità, composizione mineralogica e texture superficiali;

Parametri esterni, che includono le variabili determinate da fattori ambientali, dunque dipendenti da fattori esterni, e consistono in temperatura, pressione, umidità relativa, pH e tempo di crescita. Per ciò che concerne i parametri interni è possibile dunque intervenire sul substrato attraverso processi di lavorazione o attraverso la messa a punto di caratteristiche strutturali specifiche del materiale.

Parametri Interni

La *porosità* di un materiale influisce notevolmente sulla sua bioretività. Essa può essere costituita da pori e da spazi interstiziali che conferiscono maggiore permeabilità e consentono un migliore assorbimento di acqua, la quale costituisce il principale veicolo di diffusione degli organismi, nonché l'habitat ideale per la loro proliferazione. I microrganismi sfruttano le nicchie ecologiche, ossia gli spazi porosi, come supporto per la crescita. Spore e semi possono depositarsi all'interno dei pori ed iniziare a svilupparsi nel momento in cui le condizioni micro ambientali diventano favorevoli.

La dimensione dei pori influisce sul processo di colonizzazione e la diffusione degli organismi all'interno del sistema. I pori piccoli trattengono meglio l'acqua generando un sistema di capillarità permanente.

L'*igroscopicità* è un'altra caratteristica strutturale del materiale che favorisce la creazione di un habitat idoneo alla crescita di organismi. Essa costituisce la capacità di una sostanza, o di un materiale, di assorbire l'acqua contenuta nell'ambiente. Essa è a sua volta correlata alla porosità del materiale, alla pressione capillare dell'acqua, a fenomeni di trasporto, di ritenzione e di diffusione della stessa.

Le caratteristiche descritte forniscono delle indicazioni fondamentali utili alla corretta selezione dei materiali più adatti a fungere da substrato per la realizzazione di Materiali e Superfici Open-ended. Questi possono essere di natura organica e inorganica, a seconda della funzione che svolgeranno nel processo di crescita. I materiali costituiti da sostanze organiche, come legno, fibre vegetali o animali e cellulosa, possono infatti fungere da sorgente nutrizionale degli organismi colonizzati e dunque fornire il nutrimento necessario alla crescita. I materiali inorganici, quali lapidei, ceramici o sintetici, costituiranno invece unicamente un supporto allo sviluppo e sarà compito del progettista fornire ed integrare il nutrimento necessario alla proliferazione e sopravvivenza degli organismi.

Tra i parametri definiti interni al materiale, in quanto dipendenti da caratteristiche proprie del materiale e non da fattori esterni, sono state identificate la *rugosità* e la *ruvidezza*, ossia la texture superficiale. La presenza di asperità e convessità sulla superficie del materiale incide notevolmente sulla colonizzazione e crescita degli organismi viventi in quanto crea delle irregolarità che facilitano

l'accumularsi di sostanze nutritive o di acqua e favoriscono l'accumulo di un quantitativo maggiore di organismi, nel caso di specie monocellulari, che rende maggiormente visibili i risultati dei processi metabolici quali pigmenti. Questo è forse uno dei parametri più interessanti dal punto di vista progettuale e consente al Designer un ampio raggio d'intervento che risulta utile non soltanto per consentire la crescita degli organismi, ma anche per determinarne le conformazioni. Attraverso processi di lavorazione superficiale è possibile dunque conferire particolari texture, definire le zone di crescita degli organismi ed incidere sui gradienti.

È possibile inoltre intervenire sul materiale attraverso trattamenti superficiali in grado di inibire o potenziare la crescita degli organismi viventi per definire forme più o meno regolari. Il nutrimento infatti può presentarsi in forma liquida, semiliquida o solida ed è solitamente costituito da sostanze zuccherine miste ad agar agar. Depositando il nutrimento secondo schemi prestabiliti, tramite stampante 3d ad esempio, se si vogliono ottenere pattern elaborati, o manualmente, se si vogliono ottenere gradienti differenziati divisi per zone, è possibile guidare la crescita e creare diversi tipi di texture. Una ulteriore possibilità di controllo delle zone di crescita consiste nel creare delle vere e proprie incanalature che favoriscono lo scorrimento dell'acqua. In ambiente esterno infatti il direccionamento del flusso dell'acqua piovana soltanto in alcune aree conferirà una maggiore probabilità che in prossimità di quelle si svilupperanno specie quali alghe, muschi, funghi o licheni.

Parametri esterni

I parametri esterni sono i fattori che influiscono sul processo di crescita degli organismi e riguardano generalmente particolari condizioni ambientali che accelerano, rallentano o interrompono la proliferazione di batteri, alghe e funghi. Il Designer può dunque intervenire su tali variabile per ottenere diversi risultati che possono costituire diversi gradienti, e texturizzazioni. Ogni specie è caratterizzata da particolari condizioni che determinano l'habitat ideale e generalmente esso include il nutrimento, la temperatura di crescita, il ph, l'umidità ambientale, ma anche l'esposizione alla luce o all'ossigeno possono determinare cambiamenti notevoli sui risultati dei processi metabolici.

Ogni organismo ha una propria *temperatura* ideale di crescita, che solitamente è compresa in un range tra 30 e 37 gradi Centigradi. La crescita degli organismi alla temperatura ideale determina prestazioni massime in termini sia qualitativi che di tempistica. Una temperatura inferiore determina un rallentamento del processo di crescita e in alcuni casi la sua completa inibizione, mentre una temperatura eccessivamente alta comporta la morte degli organismi e può risultare utile esclusivamente nel caso si presenti la necessità di interrompere il processo in un momento prestabilito.

Alcuni organismi prediligono un ambiente di crescita basico o alcalino. Le *variazioni di ph* possono influire sul processo di crescita, inibendolo o favorendolo, oppure avere un effetto sugli output del processo metabolico, modificandone le proprietà. Ad esempio nel caso della produzione di pigmenti da parte di organismi, la variazione di ph può determinare delle variazioni nel colore.

Il tempo è un elemento fondamentale nel processo di crescita di organismi viventi. Tutti i processi biologici sono dipendenti dal tempo attraverso diverse scale temporali. Possono dunque rappresentare diversi aspetti della manifestazione materiale del tempo. Le diverse scale temporali si accavallano e coincidono con le diverse scale di grandezza degli organismi coinvolti. Esiste infatti un tempo di riproduzione dei singoli organismi monocellulari che è di pochi secondi, impercettibile ad occhio nudo. Solo dopo alcune ore, quando la riproduzione degli organismi si è sviluppata al punto di formare colonie, iniziamo ad intravedere delle macchie, quasi impercettibili che, dopo diversi giorni ricoprono completamente il substrato, modificandone l'aspetto. A seconda della tipologia di organismi il tempo può influire sulle dimensioni e forme della crescita oppure sui gradienti.

Attività sperimentale:

CAPITOLO 6 **Applicazione di un processo di
Produzione Open-ended**

Obiettivo: determinare in termini pratici l'effettiva applicabilità di un processo di biodeterioramento come strumento progettuale per il Design.

Le sperimentazioni sono state svolte presso gli spazi laboratoriali del Centro di Ricerca e Servizi Saperi&Co e del Laboratorio di Biotecnologie del dipartimento Charles Darwin di Sapienza, sotto la supervisione della responsabile del laboratorio, Prof.ssa Daniela Uccelletti e con la collaborazione della ricercatrice Emily Schifano.

Il Laboratorio di Biotecnologie

Il laboratorio svolge attività di ricerca tramite l'utilizzo delle nanotecnologie, sfruttando le proprietà uniche offerte dalle nanoparticelle in questo settore. In particolare, si valuta il potere antimicrobico dei nanomateriali, che rappresenta una delle caratteristiche più ricercate per le applicazioni in campo ambientale. Infatti, batteri e funghi sono tra gli agenti principali che causano il deterioramento dei beni culturali di varia natura, come i marmi e altri materiali calcarei usati per la costruzione di importanti monumenti/edifici storici. La Prof.ssa Daniela Uccelletti collabora da diversi anni con il CiSTeC, centro di ricerca della Sapienza che si propone di favorire la ricerca scientifica e tecnica per la conoscenza, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio storico-architettonico, con particolare riferimento a materiali, strutture ed ambiente. Le principali attività svolte dal laboratorio consistono in: individuare ed isolare i ceppi batterici responsabili del processo di biodeterioramento; studiare gli organismi per comprenderne le modalità di crescita e sviluppo ed individuare soluzioni volte a prevenirne la formazione o ai processi di biorimediazione.

6.1 Fasi e Report dell'attività sperimentale

La parte sperimentale della ricerca è stata svolta nell'arco di un anno ed è stata strutturata in due parti.

Parte 1: Esplorazione

La prima parte, costituita dalle Fasi I, II, III e IV è avvenuta seguendo le Linee Guida estrapolate durante la Ricerca Desk, è stata condotta con un approccio di tipo esplorativo, finalizzata alla conoscenza e comprensione del processo di crescita dell'organismo e di tutti i fattori in grado di modificarne il corso e gli output. L'obiettivo principale dell'attività svolta in questa fase esplorativa è la raccolta di dati e informazioni utili ad ipotizzare una applicazione del processo e a poterne gestire consapevolmente i parametri di crescita.

- I. Individuazione del processo di biodeterioramento, applicabile a substrati materici, tra i ceppi di organismi, principalmente batteri e muffe, presenti e disponibili nel database del Laboratorio; La selezione è avvenuta valutando aspetti quali: reperibilità degli organismi in ambienti esterni; potenzialità dal punto di vista progettuale dell'output del processo metabolico; versatilità e riproducibilità del processo di crescita attraverso protocolli già messi a punto dai ricercatori del laboratorio; tempi di crescita relativamente brevi;

- II. Individuazione del substrato materico più idoneo a cui applicare il processo di biodeterioramento, La selezione è avvenuta valutando i seguenti parametri: risposta e resistenza del materiale al processo di crescita del batterio in terreno di coltura liquido; aderenza ottimale della colonia batterica al substrato; versatilità del materiale nell'ipotizzare una applicazione del processo in scala industriale; valutazione della qualità del risultato dal punto di vista progettuale dell'applicazione del processo;

- III. Definizione del Protocollo;

- IV. A partire dalle linee guida identificate nel corso della ricerca (Vedi Cap. 5) sono state definite le possibilità d'intervento da parte del design nel processo di crescita su quelli che sono stati definiti i Parametri Interni, inerenti le proprietà del substrato, ed i Parametri Esterni, inerenti i fattori ambientali che influenzano la crescita degli organismi;

Parte 2: Applicazione

La seconda parte della ricerca Sperimentale, mette in pratica le informazioni ottenute nella fase esplorativa, con l'obiettivo di individuare una applicazione del processo preso in esame.

- V. Ampliamento dei parametri d'intervento sulla base dei dati forniti dalla fase esplorativa; Approfondimento della conoscenza dell'organismo utilizzato e degli output del processo metabolico;
- VI. Analisi dei risultati ed ipotesi di applicazione;

L'attività è stata svolta attraverso l'ibridazione dei metodi della Biologia e del Design, grazie alle competenze, gli strumenti e la conoscenza propri del Biologo e la capacità di pensiero laterale e di prefigurazione di scenari applicativi, proprie del Designer. Il Material tinkering e la Practice Lead research hanno guidato le sperimentazioni, ricalibrate e riprogettate attraverso un percorso di "trial and error".

6.2 Parte 1: Esplorazione

I. Individuazione del batterio responsabile del processo di Biodeterioramento: *Pseudomonas Aeruginosa*

L'organismo, coinvolto nei processi di Biodeterioramento, selezionato per la fase sperimentale è lo *Pseudomonas Aeruginosa*, un batterio comune, presente nel suolo e nell'acqua nonché su piante e animali. È un bacillo gram-negativo aerobico, saccarolitico e non sporigeno che misura da 0,5 a 0,8 µm per 1,5 a 3,0 µm. *Pseudomonas Aeruginosa* produce comunemente due pigmenti solubili: la Piocianina, che dà alle colonie un colore blu e la Pioverdina, nota anche come pigmento fluorescente, che è un pigmento giallo-verde o giallo-marrone. Quando un ceppo di *P. aeruginosa* produce sia la Pioverdina che la Piocianina, le colonie risultanti hanno un colore blu-verde. Questo organismo può anche produrre altri pigmenti solubili in acqua come la Piorubrina o la Piomelanina che danno alle colonie un colore rispettivamente rosso o marrone. Il pigmento prodotto è il risultato del processo metabolico e la possibilità di ottenere, dallo stesso organismo, diversi tipi di pigmenti ha costituito un elemento chiave nella sua selezione per le sperimentazioni. Esso necessita inoltre di una alimentazione relativamente semplice che gli consente una proliferazione rapida in molti ambienti diversi, compresa l'acqua distillata. È un batterio molto resistente e può crescere a temperature che vanno dai 37° a 42° C. Le colonie isolate di *P. Aeruginosa* possono avere diverse morfologie. Generalmente sono piatte e distribuite sulla superficie dell'Agar solido e, a seconda del pigmento prodotto, la presenza del batterio è riscontrabile attraverso la colorazione che va dal verde-bluaastro al rosso-marrone (Moore & Flaws, 2011). Il ceppo presente nel Laboratorio di Biotecnologie è stato isolato a seguito di attività di prelievo di biofilm da monumenti. La sua resistenza e versatilità lo rendono infatti particolarmente diffuso.

II. Scelta del substrato

La presenza di *P. Aeruginosa*, nell'ambito dei beni culturali, è riscontrabile su Tessuti, e Tele, Legno, Carta e Cartone e su Affreschi Murari (XX). Individuare i substrati su cui il batterio attecchisce spontaneamente è fondamentale per poter effettuare una prima selezione di materiali facilmente colonizzabili dall'organismo. In questo caso si tratta dunque generalmente di substrati organici. Un elemento che ha costituito un criterio di scelta fondamentale è l'identificazione del protocollo di crescita più adatto alla sua riproduzione. I laboratori di Biotecnologie replicano i processi di crescita degli organismi su substrati solidi per ottenere informazioni riguardo i danni provocati sul substrato dai singoli organismi, le modalità di adesione, gli output del processo di crescita utili al riconoscimento delle diverse specie che colonizzano i monumenti ed infine per testare l'efficacia di trattamenti biologici che ne prevenivano l'adesione. Il protocollo più utilizzato consiste nell'immersione del substrato in terreno di coltura liquido, LB, inoculato dagli organismi di cui si vuole replicare il processo di biodeterioramento. L'immersione in soluzione liquida consente la penetrazione del nutrimento negli interstizi e nella struttura del substrato, facilitando l'adesione e la successiva proliferazione degli organismi. Nel caso di *P. Aeruginosa* è possibile determinare già a un primo sguardo se l'adesione al substrato è avvenuta correttamente in quanto il liquido di coltura modifica il proprio aspetto diventando da giallo chiaro a blu-verde o rosso-marrone a seconda del pigmento prodotto. La produzione di pigmenti avviene infatti esclusivamente quando il batterio aderisce al substrato, lo colonizza, dunque il protocollo di crescita in coltura liquida è stato identificato come il più indicato per le sperimentazioni.

La presenza di terreno liquido ha però inciso nella selezione del materiale, portando all'esclusione di Carta e Cartone, per i quali i risultati dell'applicazione del processo di biodeterioramento sarebbero stati influenzati eccessivamente dall'immersione in soluzione liquida, più che dall'azione stessa dell'organismo. Lo stesso principio è valso per il legno, per il quale è stato però effettuato un tentativo di applicazione di P.A. su Balsa (vedi Fig. relative all'Esperimento #B). Come si evince dalle immagini il materiale è risultato però eccessivamente danneggiato dall'immersione in liquido, è possibile notare infatti dei rigonfiamenti e delle crepature non dovute all'azione del batterio, il quale ha tuttavia rilasciato una pigmentazione verde su

alcune aree, in maniera disomogenea. Il colore verde è il risultato dell'unione del giallo del materiale e la piocianina, verde-blu. Visti i deludenti risultati, sia dal punto di vista estetico che strutturale, non si è ritenuto di procedere con ulteriori applicazioni.

I tessuti sono risultati essere il substrato migliore: essi infatti non subiscono particolari conseguenze strutturali a seguito di immersione in terreno di coltura liquido anche per lunghi periodi. Uno studio sulla Piocianina, ha inoltre riscontrato l'utilizzo del pigmento nel settore tessile, anche se in una fase ancora preliminare. Le ricerche sul tema tuttavia mostrano il potenziale di utilizzo del pigmento prodotto da *P.a.* a seguito di estrazione e disidratazione, e dunque utilizzandolo per tingere i tessuti con tecniche convenzionali (De-Britto & Satapute, 2020). Nel nostro caso specifico, trattandosi di applicazione di Produzioni Open-ended, la componente vivente del processo è indispensabile e l'applicazione del pigmento sui tessuti tramite processo di crescita diretta costituisce un avanzamento della conoscenza sul tema, in quanto non ancora sperimentato.

In termini di scenari applicativi inoltre, l'introduzione dei processi di tintura batterica nella produzione tessile costituisce un campo di ricerca di interesse rilevante per il mercato, che ne ha già testato l'applicabilità in diversi settori.

III. Definizione del Protocollo di Crescita

- Preparazione dei campioni: sterilizzazione

La sterilizzazione è un passaggio indispensabile in quanto, se sul substrato o sugli strumenti utilizzati fossero presenti altri organismi essi prolifererebbero grazie al nutrimento, contaminando i campioni e vanificando i risultati. La sterilizzazione avviene attraverso l'uso di temperature elevate, 250° C per mezzo di autoclave, oppure tramite esposizione a luce ultravioletta. A seconda della struttura, della composizione o della dimensione del substrato si può prediligere l'uno o l'altro metodo. Al fine di evitare la contaminazione tutte le operazioni vengono svolte in ambiente sterile, solitamente garantito da Cappe a flusso laminare.

- Preparazione del terreno di coltura:

Per le sperimentazioni è stato utilizzato il Brodo di Lisogenia (LB), un terreno di coltura nutrizionalmente molto ricco, utilizzato principalmente per la crescita dei batteri. Esistono diverse tipologie di LB che tuttavia condividono alcune componenti essenziali quali: Peptidi e Peptoni della caseina; Vitamine; Elementi in tracce quali azoto, zolfo e magnesio; Minerali.

- Inoculo dei batteri e conservazione

I campioni sono dunque posizionati in piastre petri sterili, dalle dimensioni variabili a seconda delle necessità, nelle quali viene introdotto LB sufficiente a coprire completamente il campione di tessuto. Successivamente vengono inoculati i batteri nel terreno di coltura, prelevandone una piccolissima quantità dallo stock. Le piastre sono collocate in incubatori a temperatura controllata, nel caso di P.A. 37 °C per il tempo necessario alla proliferazione. Il tempo ottimale di crescita è stato individuato in 3 giorni, momento in cui i batteri raggiungono il punto massimo di riproduzione, tempo dopo il quale è risultato necessario introdurre nuovo LB, in quanto completamente assorbito dagli organismi.

- Ritiro dei campioni:

Il ritiro dei campioni avviene in ambiente sterile. L'aspetto del terreno di coltura fornisce informazioni utili a determinare la riuscita dell'esperimento. Esso infatti, in partenza di un giallo molto chiaro trasparente, cristallino e liquido, in caso di avvenuta crescita ed adesione degli organismi al substrato, si presenta torbido, opaco e

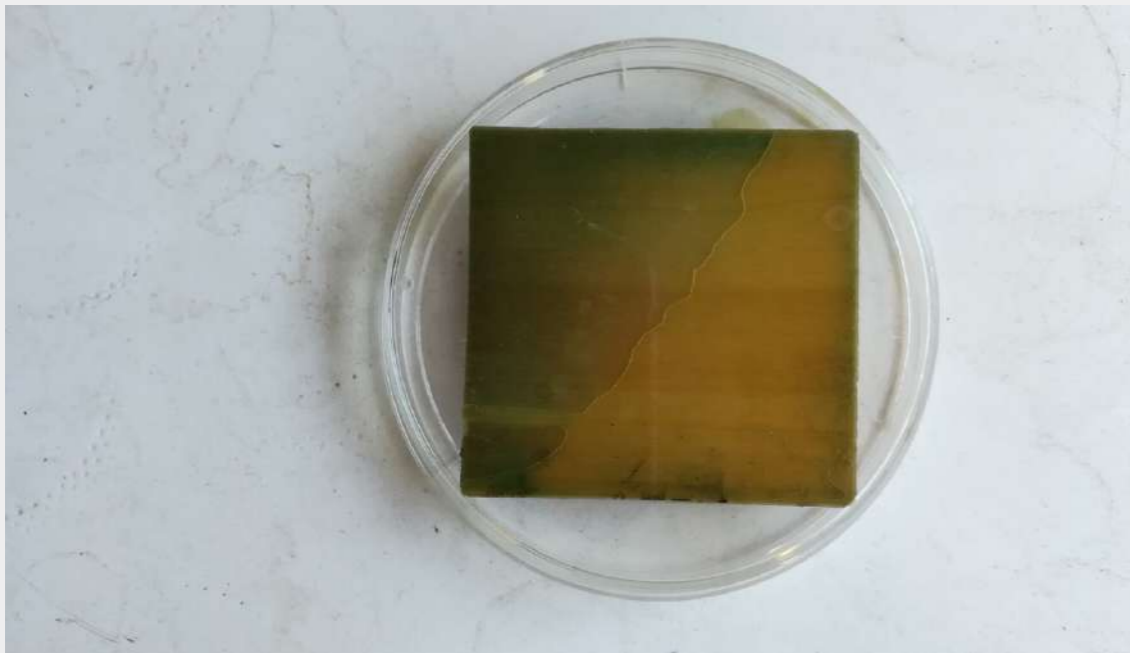
viscoso, e acquisisce la colorazione del pigmento prodotto dal batterio. I campioni sono estratti dal liquido di coltura, sciacquati e posti sotto raggi ultravioletti per uccidere i batteri residui, che potrebbero risultare pericolosi se dispersi nell'ambiente. I campioni sono poi lasciati ad asciugare naturalmente ed eventualmente trattati con alte temperature per fissare il colore sul tessuto.

Comportamenti generali riscontrati:

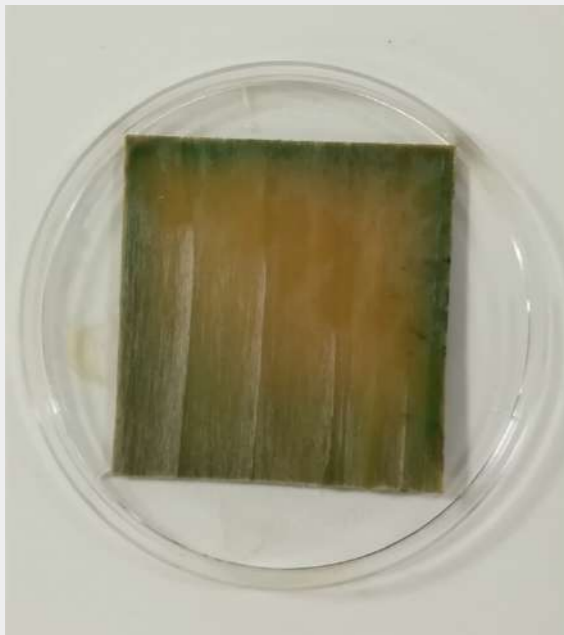
In tutti gli esperimenti svolti si è riscontrata un particolare comportamento relativo al pigmento Piocianina prodotto da P.A.. Questo infatti manifesta il proprio colore blu-verde a contatto con l'ossigeno. Dunque tutti i campioni, appena estratti dal terreno di coltura risultano inalterati. Dopo alcuni secondi di esposizione all'aria, gradualmente, la Piocianina manifesta il suo colore blu-verde, fino al raggiungimento della colorazione massima, dopo circa 60 secondi. Il fenomeno è stato documentato attraverso riprese video di cui sono forniti alcuni fotogrammi (Vedi Fig. 4 e 5. relative all'Esperimento #T)

Esperimento #B.

Prove di applicazione del processo di tintura batterica ad opera di P.a. su campioni di Balza



#Fig. 1



#Fig. 2



#Fig. 3

Balza: Campioni 70x70x 3 mm.

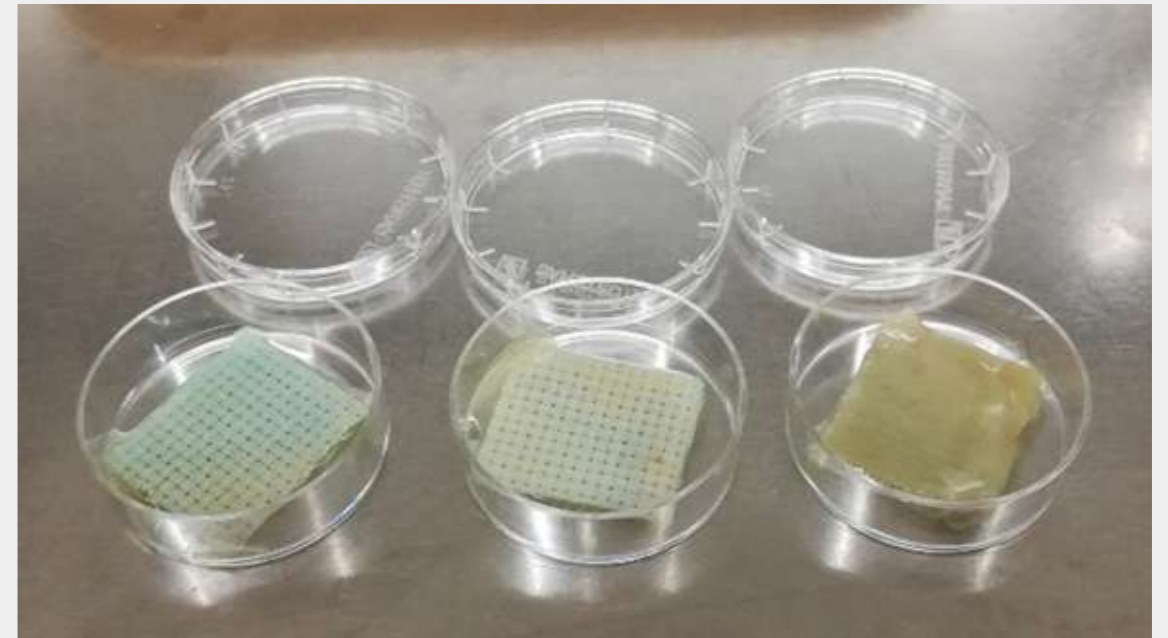
#Fig. 1 Processo di colorazione del lato inferiore, adiacente la superficie della piastra;

#Fig. 2 Vista del lato superiore;

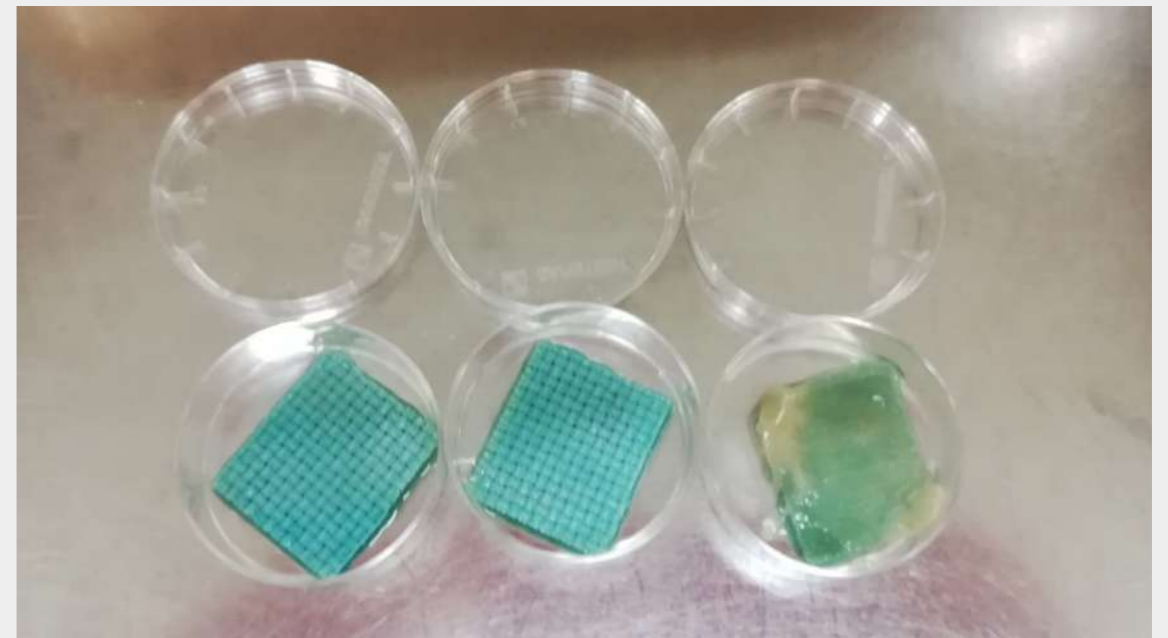
Fig. 3 Vista laterale del rigonfiamento dovuto all'immersione in terreno liquido;

Esperimento #T.

Prove di applicazione del processo di tintura batterica ad opera di P.a. su campioni di Tessuto



#Fig. 4



#Fig. 5

#Fig. 4 Campioni di tessuto appena estratti dal terreno di coltura;

#Fig. 5 Stessi Campioni dopo circa 60 secondi di esposizione all'aria e alla luce;

IV. Intervento sul processo

Parametri interni

Diverse tipologie di tessuti: Cotone, Lino, Canapa

Tra le diverse tipologie si è optato per la selezione di fibre vegetali, principalmente cotone, Lino e Canapa. Tra le tre il Cotone è il materiale che ha mostrato in maniera più evidente i risultati del processo, mostrando una colorazione molto lieve, ma tuttavia evidente rispetto al Lino e alla Canapa su cui invece il batterio non ha aderito in diverse applicazioni. La causa di tale comportamento può derivare da fattori molto diversi, relativi alla particolare tipologia di substrato utilizzato, a variazioni di pH involontarie e non facilmente controllabili. La disponibilità temporale limitata ha portato ad adottare un approccio di selezione dei percorsi migliori da seguire in relazione alla riuscita delle sperimentazioni e alla qualità dei risultati ottenuti. Tale approccio è dunque strettamente legato al particolare contesto di ricerca, il che però non esclude che, a seguito di uno studio approfondito dei singoli casi e variando determinati parametri, sia possibile perfezionare e migliorare i risultati ottenuti anche sui diversi tessuti e dunque intraprendere percorsi sperimentali paralleli altrettanto funzionali.

Dati i risultati ottenuti si è scelto di proseguire le sperimentazioni sul cotone, con l'obiettivo di intervenire su altri parametri interni per ottenere una colorazione più accesa ed evidente. (Vedi Fig. relative all'esperimento #E.C.L.P.)

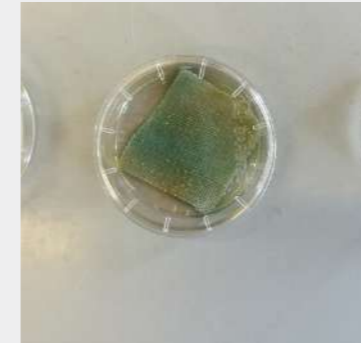
Trame e Texture

Tra i parametri interni su cui intervenire individuati nelle linee guida sono annoverate le texture e trame delle superfici. Per quanto concerne i tessuti è possibile disporre di una vasta gamma di trame, a seconda dell'utilizzo e dell'applicazione. In particolare è stato utilizzato un tessuto dalla trama molto pronunciata costituita da elementi verticali ed orizzontali (trama e ordito). I principi utilizzati per la scelta del tessuto sono i seguenti:

La presenza di fori, di superficie irregolare e di insenatura favorisce la proliferazione dei batteri che si accumulano negli spazi creati. Inoltre la presenza di asperità fornisce una superficie più estesa di adesione per gli organismi che incide sulla produzione di pigmenti. Questa è infatti direttamente proporzionale all'adesione degli organismi sul substrato.

Esperimento #E.C.L.P.

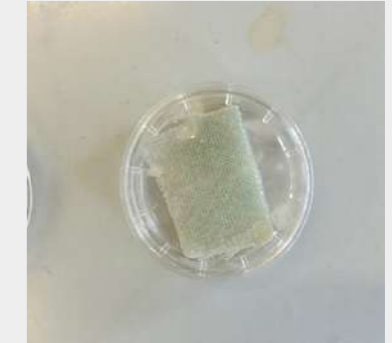
Prove di crescita su diversi substrati materici: Cotone, Lino e Canapa



#Fig.6_#C. Cotone: P.a._4 giorni



#Fig.7_#L. Lino: P.a._4 giorni

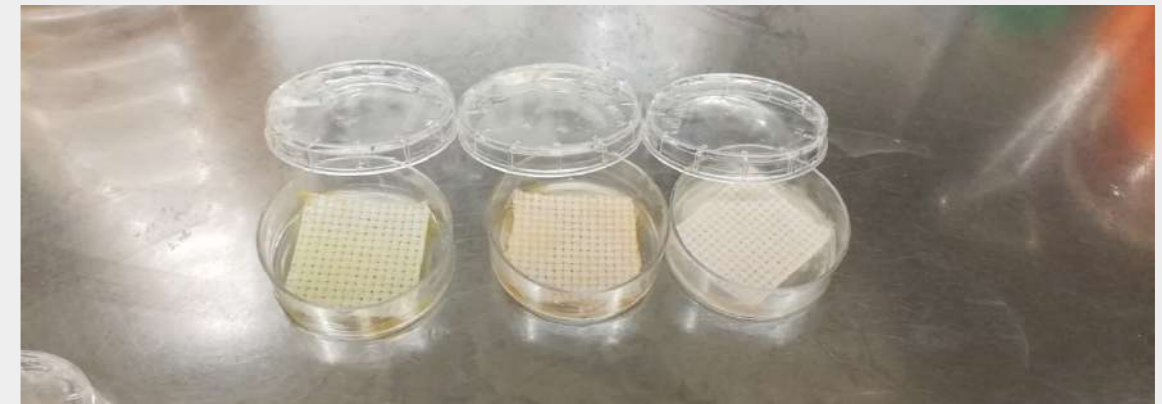


#Fig.8_#P. Canapa: P.a._4 giorni

L'Esperimento mostra come il Cotone (#C.) risulti il substrato che comporta l'adesione migliore per i batteri durante la fase di crescita e dunque costituisce un ambiente più favorevole alla produzione di Piocianina

Esperimento #E.Ct.

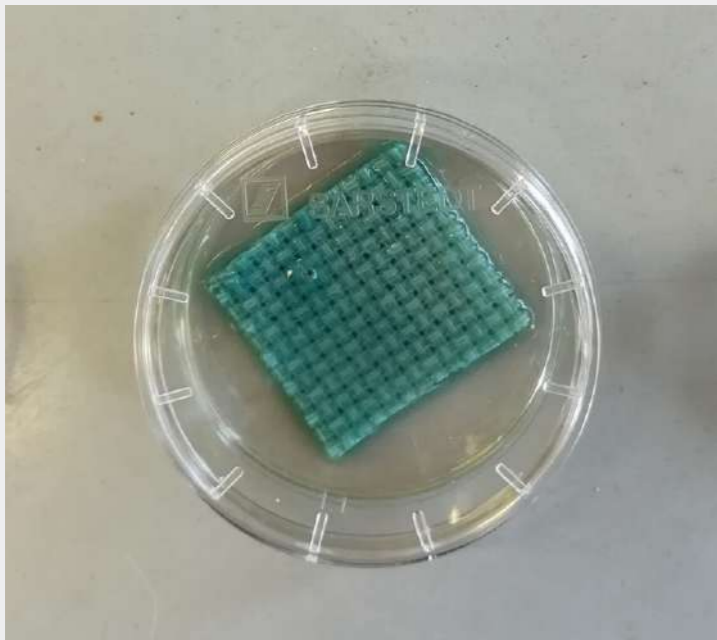
Prove di crescita su Cotone con trama



#Fig.9_#E.Ct. Tre Campioni di tessuto in Cotone, ottenuto con tecnica di Trama e Ordito, al momento del prelievo dal terreno di coltura.

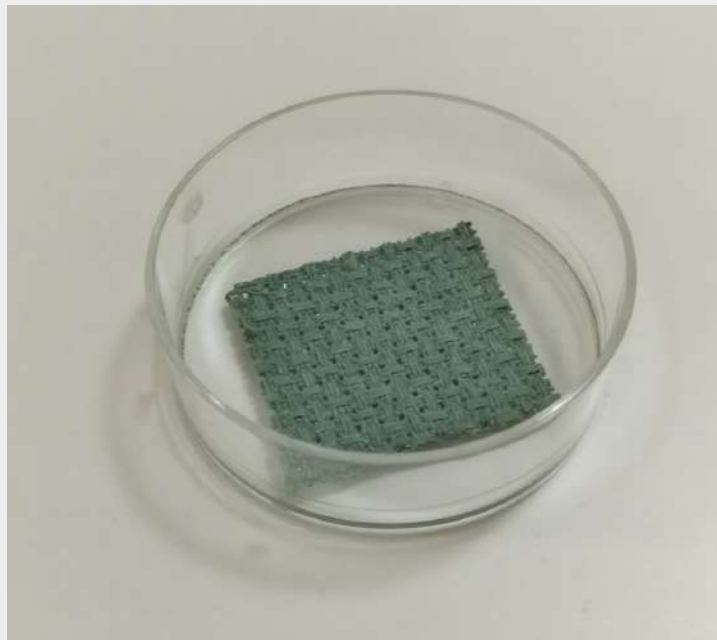
Esperimento #E.Ct.

Prove di crescita su Cotone con trama



#Fig.10_ #Ct. Cotone trama e ordito_ Pa. 4 giorni di crescita

Dai risultati ottenuti e visibili dall'immagine del Campione #Ct. si può riscontrare un effettivo aumento della produzione del pigmento da parte del batterio e una maggiore adesione al substrato. Il risultato è un colore brillante e vibrante. Rispetto al campione di cotone precedente #C è possibile notare una maggiore omogeneità nella distribuzione del pigmento e non si riscontrano segni di invecchiamento estetico, presenti invece in #C



#Fig.11_ #Ct. Cotone trama e ordito_ Pa. 4 giorni di crescita_ Asciugatura all'aria

Una volta asciugato il campione #Ct. si presenta meno brillante ma comunque molto intenso. Essendo il pigmento naturale e non sintetico ha subito un processo di ossidazione che ne ha reso il colore più naturale, meno vibrante.



#Fig.12_#Ct. Cotone trama e ordito_ Pa. 4 giorni di crescita_ Asciugatura all'aria_1 Mese dopo

La Figura mostra il Campione #Ct. dopo un mese di esposizione all'aria. Il colore risulta leggermente ossidato. L'ossidazione è un fenomeno molto diffuso che agisce generalmente su pigmenti di origine naturale e dunque organica.

Esperimento #E.Cf.

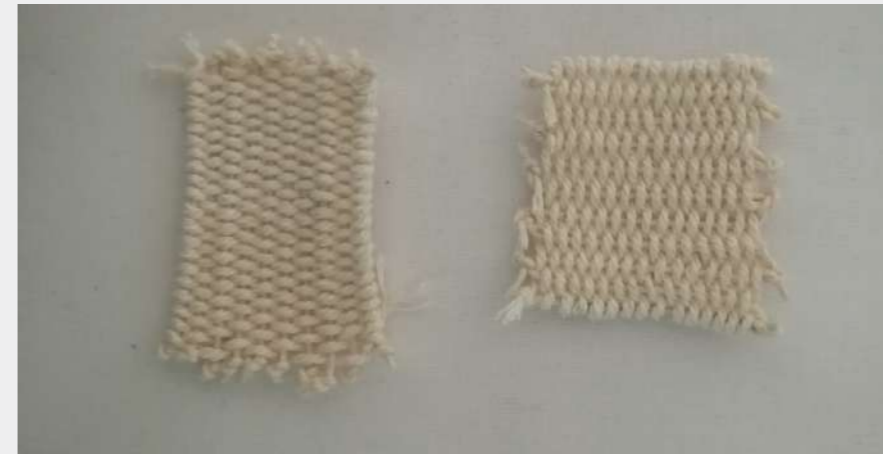
Prove di crescita su Filo di Cotone



#Fig.13_ #Cf. Pa. _4 giorni_ disteso

Esperimento #E.Cft.

Prove di crescita su filo tessuto con trama spessa



#Fig.14_ #Cft.1 #Cft.2



#Fig.14_ #Cf. Pa. _4 giorni_ in piastra

Per quanto riguarda la tintura di fili, come si evince dalle Fig. 13 e 14, la distribuzione del pigmento avviene in maniera disomogenea e il colore tende a scolorire quasi completamente all'asciugatura. L'esperimento ha fornito comunque un dato interessante rispetto alla distribuzione dei batteri in fase di crescita; essa infatti non è omogenea e la posizione del campione all'interno del terreno di coltura può influenzarla tramite la formazione di eventuali pieghe o arricciature. Nella Fig.13, del filo disteso, si può notare in maniera evidente la variazione. Il parametro individuato sarà testato ulteriormente negli esperimenti successivi, così come successivamente sarà mostrata l'applicazione del processo su filo in diversi range temporali e le variazioni nella fase di asciugatura.

#Fig.15_ #Cft.1 #Cft.2
Pa. _4 giorni_ di coltura

Un'ulteriore prova di texture è stata eseguita tessendo il filo di cotone, tramite telaio con tecnica di trama e ordito, per verificare le modalità di distribuzione degli organismi durante la crescita.

I risultati dell'esperimento, ripetuto più volte per un totale di 4 campioni, mostrano delle anomalie nel processo di crescita. Nel primo caso, i campioni **#Cft.1 #Cft.2** dalle dimensioni di circa 2,4 cm, sono stati messi in coltura insieme in una piastra petri dalle dimensioni di 7 cm. Il terreno di coltura, a seguito dei 4 giorni, non ha modificato le proprie caratteristiche iniziali e ciò implica che la crescita dei batteri non è avvenuta. Tuttavia il tessuto risulta di un colore marrone eccessivamente scuro per essere associabile al colore del LB, del quale non è stata rintracciata la causa.

Esperimento #E.Cf.

Prove di crescita su Filo di Cotone



#Fig.16_ #Cft.1 #Cft.2

Pa._4 giorni di coltura_estratti dal terreno di coltura

Anche a seguito dell'esposizione all'aria e alla luce i campioni non mostrano segni di colorazione. Si è giunti alla conclusione che la quantità di filo utilizzato per la tessitura abbia inciso sulla variazione del ph del terreno di coltura, inibendo dunque la crescita degli organismi.



#Fig.17_ #Cft.3 #Cft.4

Pa._4 giorni di coltura

Il secondo esperimento è stato effettuato su campioni dalle dimensioni ridotte, inoculati separatamente in piastre petri dalle dimensioni di 3 cm circa. In questi campioni è possibile notare una sfumatura verdognola e una consistenza del terreno di coltura, depositato sulle fibre, che testimonia la crescita e proliferazione dei batteri. Tuttavia il risultato in entrambi i casi non è da ritenersi soddisfacente per poter procedere con le sperimentazioni.

Trattamenti

Il processo di tintura è solitamente preceduto da una fase di trattamento dei tessuti finalizzata al fissaggio ottimale dei pigmenti, la Mordenzatura. Essa avviene attraverso immersione dei tessuti in sostanze naturali o sintetiche, i mordenti, che preparano la fibra ad assorbire i coloranti. In riferimento alle fibre vegetali la mordenzatura è un trattamento indispensabile, a differenza delle fibre animali che presentano una struttura intrinsecamente predisposta a incorporare i pigmenti e fissarli stabilmente. La mordenzatura, indistintamente dalla tipologia di mordente utilizzato, prevede i seguenti passaggi: misura del mordente, discioglimento in acqua, immersione delle fibre o i tessuti per un tempo determinato e a temperature controllate, rimozione, sciacquo.

Tutti i mordenti sono calcolati sulla base di una percentuale del peso della fibra. Per peso della fibra si intende il peso a secco delle fibre/filati/tessuti.

I mordenti consigliati per cotone, lino, bambù e altre fibre vegetali sono allume di potassio e carbonato di sodio.

La quantità raccomandata è il 20% del peso della fibra di Allume di Potassio e il 10% di carbonato di sodio.

Allume di Potassio, anche conosciuto come Allume di Rocca, è un sale composto da solfato, potassio e alluminio. L'alluminio, una volta sciolto in acqua, si lega da una parte alla fibra e, dall'altra, al colorante, facendo in questo modo da ponte e permettendo al colorante di fissarsi. Nei testi sulla tintura naturale più diffusi, si consiglia sempre la mordenzatura a 90°C per le fibre in cotone e leggermente più bassa per lana o seta.

A seguito di processo di mordenzatura si può procedere con il bagno di colore, che nel caso specifico della ricerca consiste nell'applicazione del processo di crescita.

Esperimento #E.Ctm.

Prova di crescita su Cotone, tramato con mordente



La presenza di Allume di Potassio sul tessuto ha influito negativamente sulla crescita e adesione dei batteri sul substrato. La presenza di pigmentazione è quasi impercettibile e il liquido di coltura è risultato poco torbido, e molto liquido, a conferma dell'inadeguata proliferazione degli organismi. L'esperimento ha portato a identificare l'Allume di Potassio come sostanza che ostacola il fenomeno di adesione dei batteri sul substrato. Tale informazione ha costituito un elemento utile alla progettazione di altre sperimentazioni.

#Fig.18_ #Ctm. Pa. 4 giorni_a seguito di Mordenzatura con Allume di Potassio

Esperimento #E.Cfm.

Controprova: capacità di inibire l'adesione dei batteri al substrato dell'Allume di Potassio



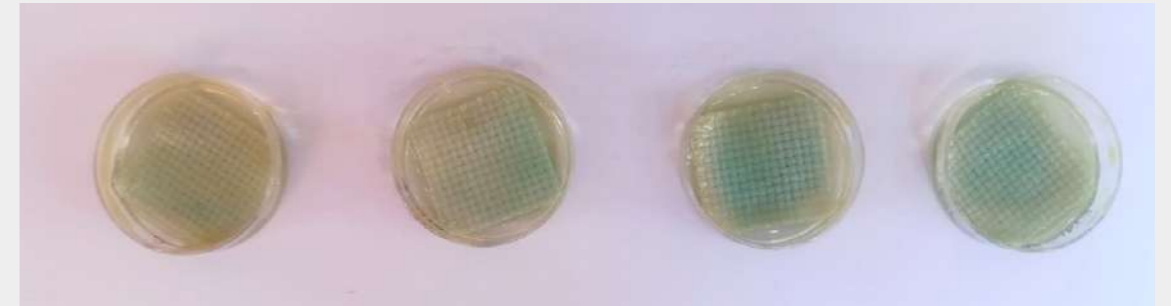
#Fig.19_ #Cf. _Pa. 4 giorni
#Cfm. _Pa. 4 giorni_ trattamento con Allume di Potassio

L'esperimento ha confermato la capacità dell'Allume di Potassio di impedire l'adesione dei batteri sul substrato. Il Campione #Cfm. È stato sottoposto a trattamento con Allume di Potassio e, come si evince dalle immagini, presenta un livello di pigmentazione molto bassa, quasi impercettibile, rispetto al Campione #Cf. che si presenta del tipico colore blu-verde associato alla Piocianina.

La conferma di tale proprietà ha determinato la realizzazione di un esperimento finalizzato a controllare la distribuzione degli organismi, e dunque dei pigmenti, sul tessuto.

Esperimento #E.Ctmc.

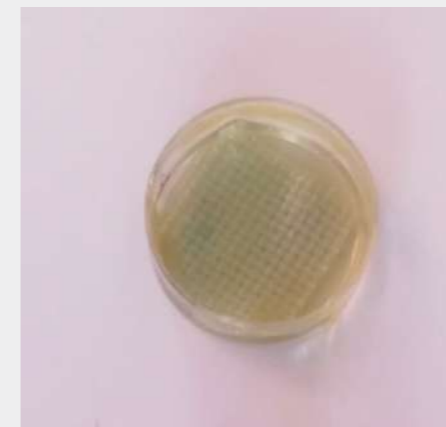
Prove di crescita controllata dei batteri su Campione di Cotone con trama, trattato con mordente: Allume di Potassio come inibitore della crescita



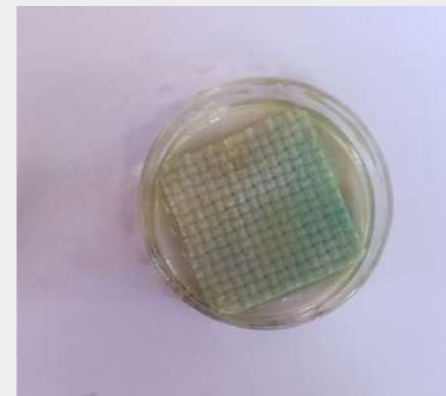
#Fig.20_ #Ctmc1; #Ctmc2; #Ctmc3; #Ctmc4

Pa. 4 giorni_ Trattamento per gradazioni dei campioni con Allume di Potassio

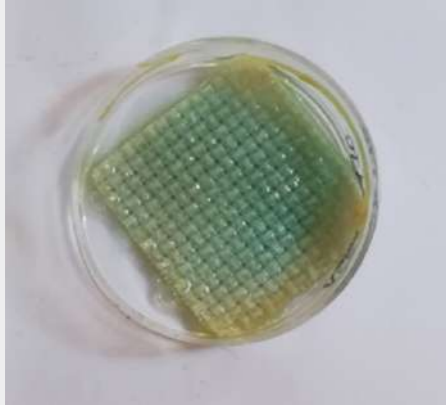
I Campioni sono stati immersi in soluzione liquida contenente Allume di Potassio nelle seguenti modalità:

**#Ctmc1.**

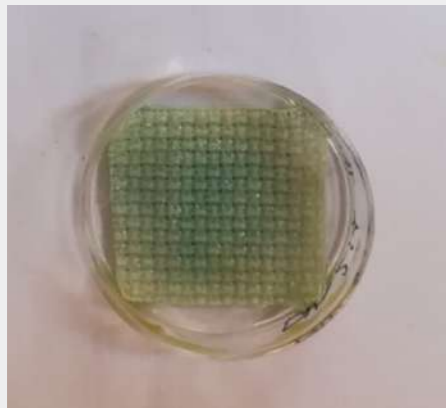
Immerso completamente nella soluzione per 2 minuti. I batteri non hanno aderito al substrato. La pigmentazione è quasi inesistente.

**#Ctmc2.**

Immerso parzialmente (2/3) nella soluzione per 2 minuti. I batteri hanno aderito solo nella porzione che non è entrata in contatto con la soluzione. Non è possibile escludere la transizione per capillarità anche nelle fibre non esposte direttamente alla soluzione, il che giustificherebbe la pigmentazione molto chiara.



#Ctmc3. Il campione non è stato immerso direttamente nella soluzione ma ne è stato consentito l'assorbimento per capillarità per la durata di 1 minuto.



#Ctmc4. Il campione non è stato immerso direttamente nella soluzione ma ne è stato consentito l'assorbimento per capillarità per la durata di 2 minuti.

L'esperimento ha confermato l'ipotesi di poter utilizzare l'Allume di Potassio come sostanza inibitoria all'adesione sui substrati, mostrando come sia possibile ottenere diverse gradazioni di colorazione. Tuttavia la presenza dell'Allume inibisce la produzione di pigmenti generale, per cui i campioni, una volta asciugati presentano una colorazione troppo blanda che rende la variazione impercettibile.

Parametri esterni

Ph

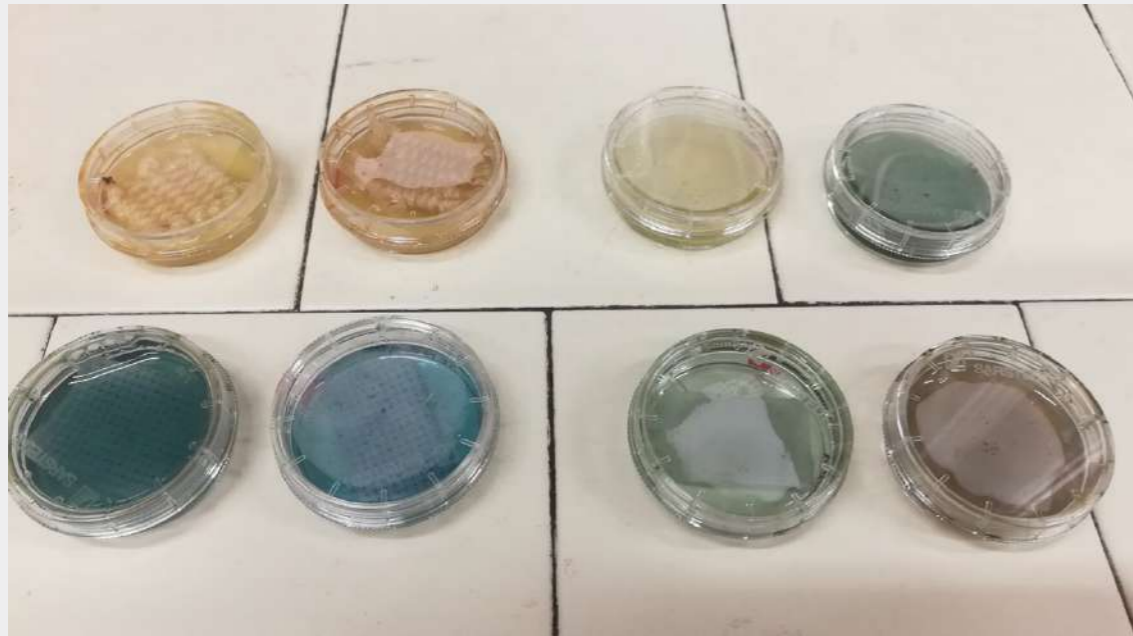
Il ph influisce sulla produzione dei pigmenti del batterio *Pseudomonas Aeruginosa*. Un ph abasico determina infatti la produzione di Piocianina, dal colore verde-blu, mentre un Ph acido determina la produzione di Piorubina, dal colore rosso-marrone. La presenza di valori troppo elevati inibisce la crescita dei batteri. Le prime prove sono state effettuate con i valori 4 ed 8, i quali sono risultati troppo alti per consentire la crescita degli organismi. Successivamente altri esperimenti sono stati svolti con un range di valori tra 2 e 6.

Tempo di crescita

La variabile tempo costituisce un parametro in grado di influire visibilmente sui risultati del processo di colorazione. Il pigmento prodotto è infatti il risultato del processo metabolico di crescita dei batteri, dunque più le colonie proliferano, aumentando esponenzialmente il loro numero di unità, più aumenta la produzione di pigmenti. Esiste un picco massimo di crescita oltre il quale i batteri smettono di riprodursi e iniziano a morire. Nell'approcciarsi a sperimentazioni di questo tipo è utile dunque conoscere i tempi in cui una colonia raggiunge il proprio picco massimo di crescita, per ottenere risultati ottimali. Nel caso di *Pseudomonas Aeruginosa*, tale picco è stato individuato in 4 giorni, circa 72 ore.

Esperimento #E.Cph.

Prove di produzione di Piorubina e Piocianina



#Fig.21_ La figura mostra come al variare del ph del terreno di coltura, lo stesso ceppo batterico sia in grado di produrre Piocianina o Piorubina. La Piocianina si presenta tramite terreno di coltura blu-verde, La Piorubina si presenta tramite terreno di coltura marrone-rossiccio.

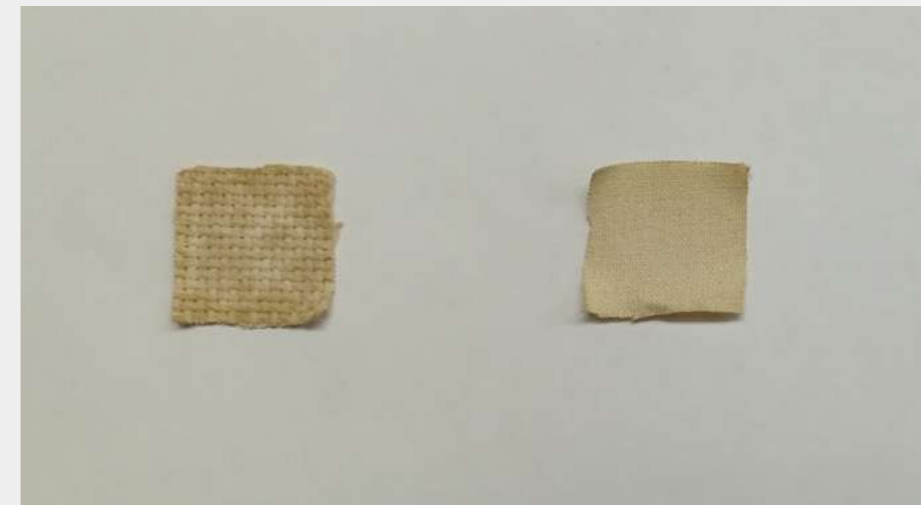
Esperimento #E.Cph.1

Prove di produzione di Piorubina



#Fig.22_#E.Cph.1

Terreno di coltura che mostra la colorazione marrone-rossa tipica della produzione di Piorubina. I campioni selezionati presentano diverse caratteristiche inerenti parametri interni che hanno influenzato la produzione del pigmento da parte dei batteri.



#Fig.23_# #Ctph5. #Cph5

Campione di cotone tramato e campione di cotone semplice sottoposti a processo di crescita dei batteri ad un Ph di 5. I campioni presentano la colorazione giallo, arancio della Piorubina. E' possibile riscontrare delle differenze nella colorazione e nella distribuzione del pigmento al variare del substrato utilizzato.

Esperimento #E.Cf.

Prove di applicazione del processo di crescita su filo per 2, 3 e 4 giorni.



#Fig.24_ #Cfh1. _Pa. 2 giorni; #Cfh2. _Pa. 3 giorni; #Cfh3. _Pa. 4 giorni



#Fig.26_ #Cf non trattato; #Cfh1; #Cfh3;_Asciutti



#Fig.25_ #Cfh3.; #Cfh1.; #Cfh2

Dalle Immagini (Fig.24 e 25) risulta evidente come la variabile temporale influisca sulla tintura dei campioni, assumendo nel primo caso **#Cfh1_2 giorni**, una colorazione verde molto chiara; nel secondo caso **#Cfh2_3 giorni**, una colorazione intermedia, e nel terzo caso **#Cfh3_4 giorni**, una colorazione più scura, anche se difficilmente distinguibile dal secondo campione. In alto (Fig.26) una immagine dei due campioni asciutti **#Cfh1** e **#Cfh3** messi a confronto con il filo bianco non trattato.

Dalla Fig.26 risulta evidente la gradazione di colorazione. In fase di asciugatura il campione **#Cfh3**. ha virato la colorazione, scurendosi ulteriormente.

Gli esperimenti descritti finora mostrano l'applicazione delle Linee Guida individuate nella prima fase di attività di ricerca teorica, attraverso l'intervento sui Parametri Interni e Parametri Esteri. Sono stati riportati i principali esperimenti per ogni tipologia. la collezione dei campioni sarà mostrata al termine del capitolo.

6.3 Parte 2: Applicazione Processo sottrattivo ed additivo di colore

IV. Ampliamento dei parametri forniti dalle Linee Guida: il valore della Ricerca Sperimentale

Sulla base dei risultati raccolti durante le sperimentazioni delle Fasi I, II e III e attingendo alla letteratura scientifica specifica sul batterio, questa fase della ricerca sperimentale è volta all'individuazione di una possibile applicazione del processo di Biodeterioramento ad opera del batterio *Pseudomonas Aeruginosa*.

Dagli studi e dalle Ricerche sul batterio P.a. è emersa la sua potenzialità di agire come "Bio-Bleaching", ossia scolorante naturale delle acque reflue del processo di tintura industriale dei tessuti (Olaganathan & Patterson, 2012). Le sperimentazioni mostrano come i campioni di soluzioni liquide contenenti diverse concentrazioni di coloranti sintetici, inoculati con P.a., dopo alcune ore di crescita, subiscano una riduzione notevole della percentuale di colorante, visibile anche a occhio nudo tramite scolorimento del liquido. Il batterio P.a. nutrendosi dei pigmenti selezionati dai ricercatori, agisce come purificatore delle acque, attraverso un processo completamente naturale e spontaneo (Prasad, 2014).

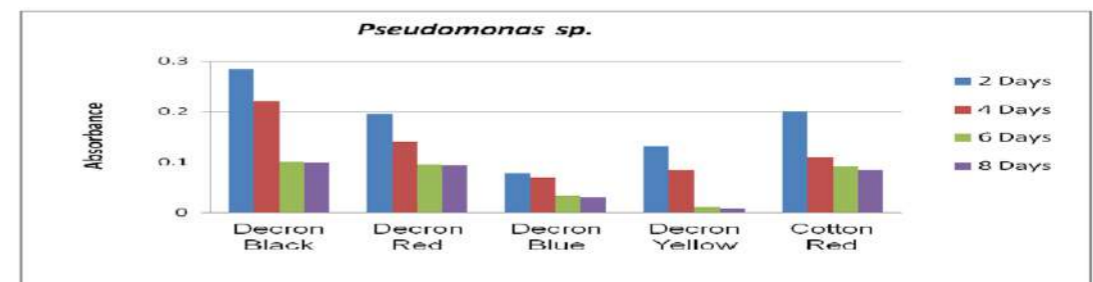
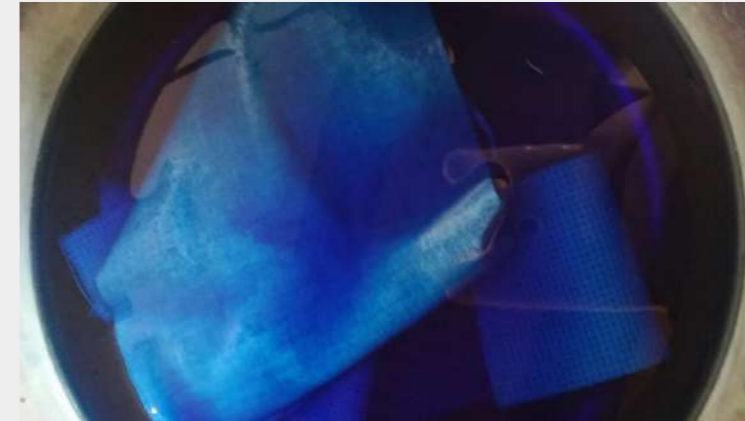


Figure-1
Dye (40 mg/l) degradation by *Pseudomonas aeruginosa*.

Tra i coloranti citati nella letteratura scientifica è stato sperimentato il Blu di Metilene, Colorante sintetico del gruppo del trifenilmetano che si presenta sottoforma di polvere di colore blu scuro, solubile in acqua, capace di tingere il cotone e la seta; ampiamente utilizzato nel settore tessile industriale. L'azione scolorente del pigmento disciolto in soluzione liquida è stata largamente studiata e certificata. Non sono presenti però in letteratura sperimentazioni sull'azione scolorente del batterio direttamente sui tessuti. Gli esperimenti svolti in questa parte della ricerca si sono concentrati a determinare se il batterio P.a. fosse in grado di scolorire i tessuti, precedentemente tinti con coloranti sintetici.

Esperimento #E.Sc.BludiMetilene.

Prova di scolorimento di tessuti in Cotone tinti con Blu di Metilene



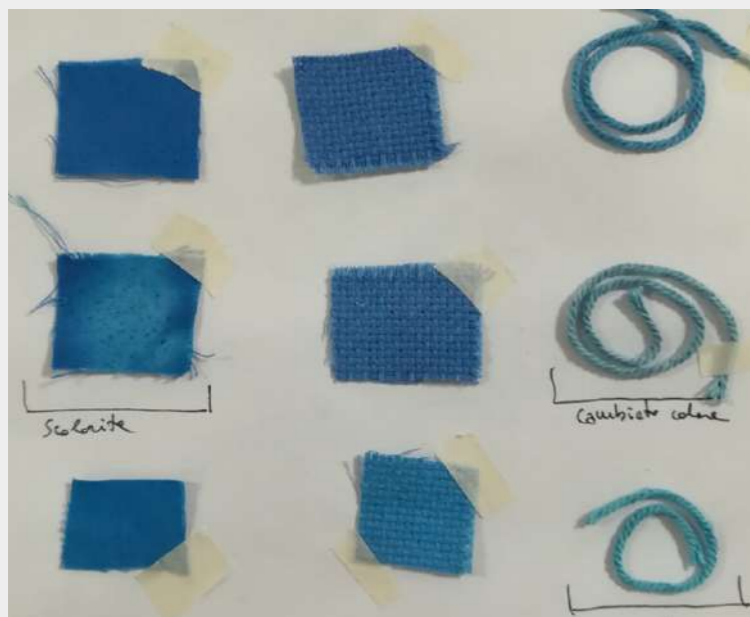
#Fig.27_
Preparazione dei tessuti:
Tintura con Pigmento
Blu di Metilene



#Fig.28_
in alto
#CfMb; #CtMb; #CMB_
Pa._ 4 giorni

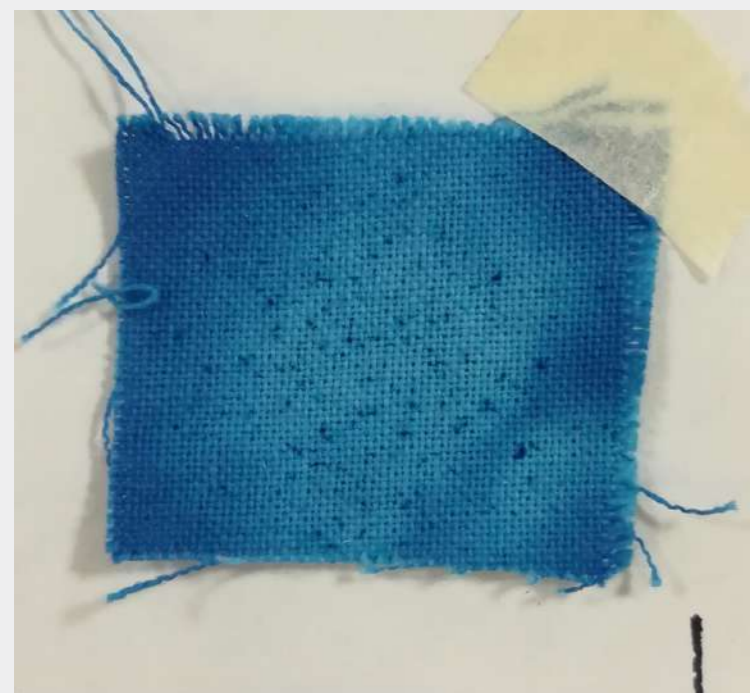
in basso #CfLB; #CtLB; #CLB_
LB_4 giorni

Per avere certezza che lo scolorimento del tessuto fosse dovuto all'azione del batterio e non all'immersione in liquido sono state effettuate delle controprove di immersione dei campioni in terreno di coltura, privo di P.a. (campioni in basso nella Fig.28). Dalle immagini si può notare come il terreno dei campioni inoculati con P.a. (campioni in alto) risulti molto torbido, non cristallino e del tipico colore blu-verde conferito dalla Piocianina, rispetto ai campioni in basso in cui il terreno LB si è tinto del pigmento Blu di Metilene per effetto di lieve scolorimento, ma ha mantenuto un aspetto cristallino e limpido.



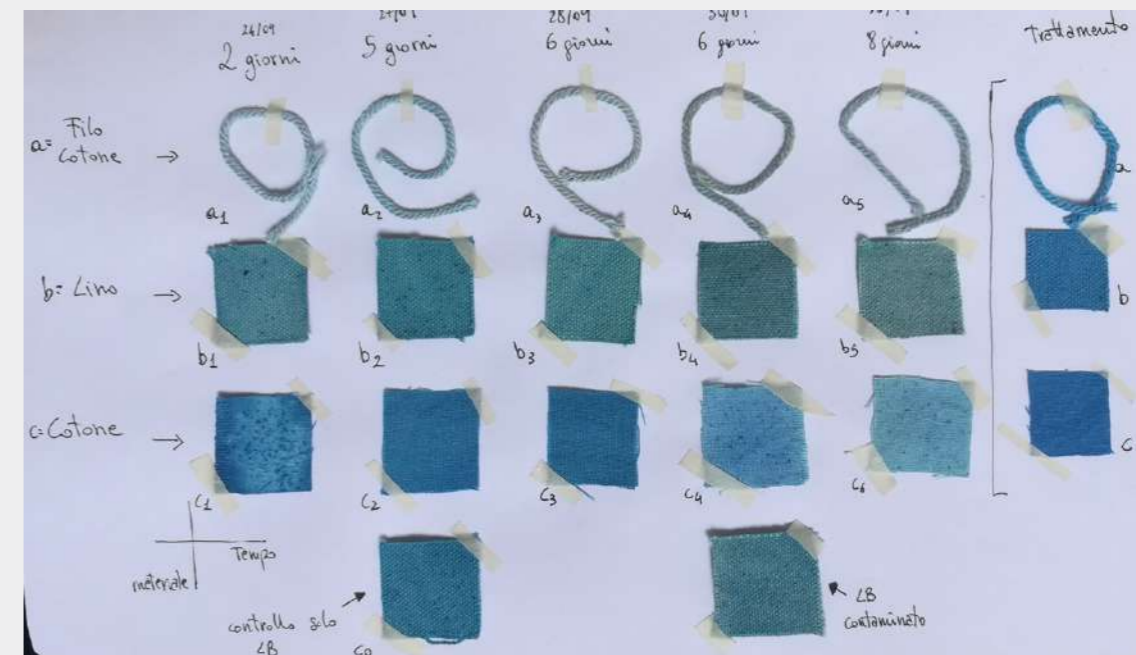
#Fig.29_#CfMb; #CtMb; #Cmb_ #CfLB; #CtLB; #CLB.
Campioni sottoposti a scolorimento tramite P.a.

Nell'immagine è possibile osservare i tre campioni di tessuto: La prima riga è costituita dai campioni immersi in terreno di coltura LB; La seconda riga è costituita dai campioni su cui è stato applicato il batterio P.a.; La terza riga è costituita dai campioni immersi in acqua. Tutti i campioni sono stati immersi per lo stesso periodo di tempo corrispondente a 4 giorni. Come si può notare il Campione di cotone corrispondente alla prima riga e seconda colonna ha subito uno scolorimento dovuto all'azione del batterio P.a. Esso si presenta scolorito in maniera disomogenea, maggiormente nella zona centrale, e presenta una leggera texture di piccoli puntini scuri.

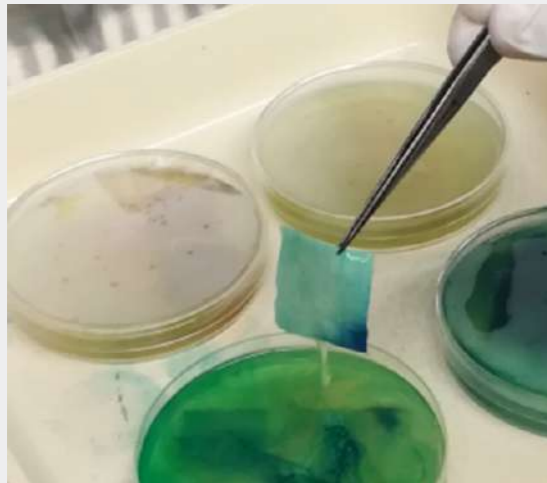


#Fig.30_Dettaglio del Campione su cui è maggiormente visibile l'effetto dello scolorimento. Le zone chiare e i puntini blu scuro sono il risultato dell'azione dei batteri che si sono nutriti del pigmento e hanno creato delle zone di accumulo di piocianina.

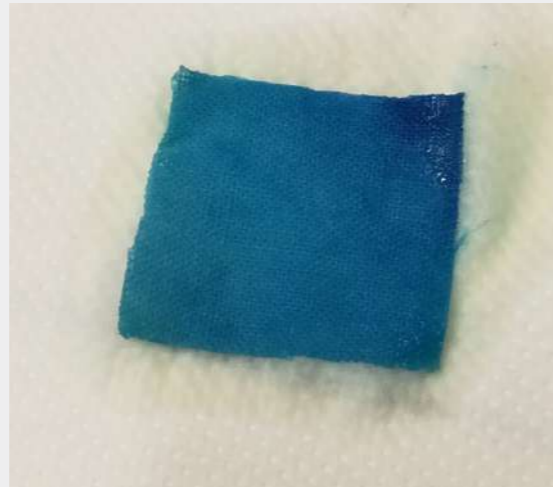
Esperimento #E.Sc.BludiMetilene Variabile Temporale



#Fig.31_ Dall'immagine è possibile notare come l'applicazione del processo per un periodo più lungo abbia un effetto maggiore, principalmente sui campioni in Cotone, sui quali si manifesta anche in maniera più evidente la texture puntinata, che va via via scemando all'aumentare del tempo di coltura. Per quanto riguarda il lino è possibile notare una variazione graduale del colore che da blu tende a diventare verde acqua. Ciò è dovuto al fatto che i batteri, oltre a svolgere azione di scolorimento, producono al tempo stesso la Piocianina che tinge il tessuto. Il fenomeno risulta evidente nel momento del ritiro dei campioni dal terreno di coltura. Come si è detto in precedenza, la Piocianina si manifesta dopo circa 60 secondi di esposizione all'ossigeno. I campioni scoloriti, nel momento della raccolta dal terreno di coltura si presentano infatti completamente bianchi. Dopo l'esposizione all'aria acquisiscono la colorazione mostrata nell'immagine, mentre la texture puntinata si manifesta dopo ore di esposizione. Ciò significa che il batterio applica una sorta di conversione tramite processo sottrattivo ed additivo allo stesso tempo: si nutre del pigmento sintetico e sfrutta quel nutrimento per produrre un pigmento naturale che sostituisce il precedente.

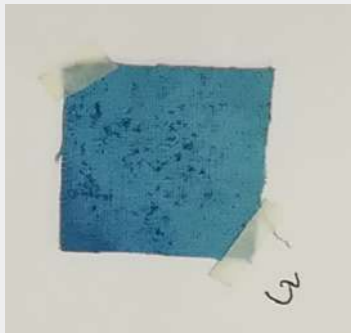


#Fig.31_ Campione sottoposto a scolorimento al momento del ritiro dal terreno di coltura;



#Fig.32_ Stesso campione della Fig. 31 dopo circa 60 secondi di esposizione a luce ed aria;

Le immagini mostrano lo stesso campione di tessuto al momento della raccolta (a sinistra) e dopo circa 60 secondi di esposizione all'aria (a destra). Si può notare come il colore nella prima immagine sia nettamente più chiaro, rispetto a quello successivo all'esposizione, in cui si manifesta la Piocianina. L'angolo più scuro, tinto con il Blu di Metilene resta invariato nelle due immagini ed aiuta a percepire meglio la variazione di colore.



Il campione dopo circa 120 minuti di esposizione a luce ed aria presenta la formazione di puntini scuri, dovuti alle modalità di aggregazione e crescita dei batteri. L'angolo in basso a sinistra mostra i residui del Blu di Metilene, sopravvissuto all'azione degli organismi, mentre il resto della superficie risulta abbastanza omogenea.

#Fig.33_ Stesso campione della Fig. 31 e 32 dopo circa 120 minuti di esposizione a luce ed aria;

Esperimento #E.Sc.

Coloranti sintetici generici

L'esperimento seguente è stato eseguito al fine di determinare se l'azione scolorente del batterio P.a. fosse applicabile anche ad altre tipologie di coloranti sintetici, non presi in considerazione dalla letteratura scientifica a riguardo.

Il protocollo utilizzato è stato il medesimo dell'esperimento precedente. Per ogni campione è stata eseguita una controprova di immersione in acqua e in terreno di coltura senza inoculo di batteri, per accertarsi che la causa dello scolorimento fosse imputabile ai batteri e non all'azione dell'immersione in liquido.



#Fig.34_ Campioni tinti con pigmenti sintetici generalmente utilizzati nel campo tessile, giallo, rosso e nero. L'immagine mostra: nella prima colonna i campioni tinti non trattati, nelle colonne successive i campioni trattati con P.a. nei range temporali rispettivamente di 2, 4 e 6 giorni.



#Fig.35_ La Figura mostra con più evidenza le aree scolorite dai batteri. In particolare nel colore Nero è particolarmente visibile il processo di Sottrazione di colore sintetico ed Addizione di colore naturale organico. Nel campione nero in alto a destra è possibile osservare una differenza nelle tonalità dello scolorimento. Lungo il bordo superiore il colore tende al marrone-rosso, mentre nella zona centrale il colore è più freddo, a causa della Piocianina (verde-blu) prodotta dai batteri che ha a sua volta tinto il campione.

Esperimento #E.Sc.Texturizzazione

Prove di Texturizzazione e creazione di Pattern

Sulla base delle conoscenze acquisite nella fase Esplorativa sono state applicate delle tecniche per ottenere una Texturizzazione dello scolorimento. La texture è stata ottenuta attraverso piegatura del tessuto. È possibile osservare come in prossimità delle pieghe sia avvenuta una azione scolorente più evidente. Ciò in conseguenza alla distribuzione dei batteri che si sono accumulati maggiormente lungo le pieghe. In tutti i campioni è possibile osservare il processo di sottrazione ed addizione di colore. Nel giallo esso è particolarmente evidente, tanto da conferire una colorazione blu-verde, distribuita secondo le modalità di aggregazione dei batteri.



#Fig.36_ Prove di texturizzazione. In questa Figura è possibile osservare in maniera molto più evidente il processo Sottrattivo ed Additivo di Colore, in particolare nel campione giallo su cui è possibile vedere chiaramente le sfumature blu-verdi conferite dalla Piocianina prodotta da P.a. Tale esperimento mostra come sia possibile dunque collaborare con i Batteri durante la fase di crescita e guidarli nella creazione di forme, anche se non completamente controllabili;



#Fig.37_ Dettaglio del Campione tinto con colorante nero da cui è possibile osservare la sfumatura bluastre conferite dalla Piocianina lungo le pieghe;

Esperimento #E.Sc.Texturizzazione

Prove di Texturizzazione e creazione di Pattern



#Fig.38_ Prove di texturizzazione. Campioni tinti con Blu di Metilene e sottoposti a scolorimento e tintura tramite P.a.

6.4 Analisi dei Risultati

Validazione delle Linee Guida

Alla luce delle sperimentazioni effettuate e dei risultati ottenuti è possibile affermare che l'attività sperimentale ha validato le Linee Guida per il Design che intende approcciarsi alla progettazione di Materiali e Produzioni Open-ended in collaborazione con organismi viventi. I parametri di intervento individuati si sono dimostrati utili alla comprensione del processo di crescita e alla messa a punto di procedure applicative in grado di fornire risultati interessanti dal punto di vista progettuale.

Nello specifico i risultati delle sperimentazioni possono essere sintetizzati nella definizione di protocolli di crescita che consentono di ottenere:

- **Gradazioni di Colore**

Attraverso l'intervento su *Parametri Interni*, ossia inerenti il materiale, o substrato di crescita, quali:
#Texturizzazione e #Tramatura.

Gli esperimenti a riguardo hanno portato a determinare che, maggiore è l'irregolarità della superficie del materiale, cotone nel nostro caso specifico, maggiore è l'adesione degli organismi e dunque la produzione di pigmenti;
#Trattamenti Superficiali

Gli esperimenti a riguardo hanno portato a determinare che è possibile, tramite dei trattamenti superficiali, inibire o intensificare l'adesione degli organismi al substrato e dunque ottenere differenti gradazioni di colore;

Attraverso l'intervento su *Parametri Esterni*, ossia inerenti le condizioni ambientali di crescita degli organismi, quali:

#Tempo di Crescita

Gli esperimenti a riguardo hanno portato a determinare che al variare della durata dell'applicazione del processo, varia l'intensità della colorazione.

- **Diverse colorazioni: Piocianin e Piorubina**

Attraverso l'intervento su *Parametri Esterni* quali:

#Variazioni del Ph

Gli esperimenti a riguardo hanno portato a determinare che al variare del Ph il batterio P.a. è in grado di produrre Piocianina, pigmento dal colore blu-verde (Ph acido) e Piorubina, pigmento dal colore giallo-rosso (Ph basico).

- **Controllo delle zone di adesione del colore al materiale**

Attraverso l'intervento su *Parametri Interni* quali:

#Trattamenti Superficiali

In grado di inibire l'adesione degli organismi al substrato di crescita, senza inibire la crescita stessa degli organismi, consentendo così di poter selezionare preventivamente le zone della superficie da tingere;

- **Creazione di Texture Colorate sui Tessuti**

Attraverso l'intervento su Parametri Interni quali:

#Piegatura del tessuto per guidare la crescita degli organismi.

Gli esperimenti a riguardo hanno portato a determinare che i batteri si aggregano lungo le linee di piega interne del tessuto, producendo maggiore quantità di pigmento, visibile ad occhio nudo. Il risultato si manifesta come linee, segni e puntini di colorazione più intensa che creano delle vere e proprie texture colorate sui tessuti.

- **Processo di Sottrazione ed Addizione di Colore, ossia conversione dei pigmenti sintetici in pigmenti naturali**

Attraverso l'Intervento su *Parametri Interni* ed *Esterni* quali:

#Piegatura del Tessuto per ottenere Trame e Texture

#Tempo di Crescita per ottenere diverse gradazioni di colore

Gli esperimenti a riguardo hanno portato a determinare che il batterio P.a. può scolorire i tessuti tinti con pigmenti sintetici e non e al tempo stesso depositare nuovo colore attraverso la produzione di pigmenti naturali.

Sebbene non tutti gli esperimenti abbiano portato a risultati soddisfacenti, essi hanno contribuito all'ampliamento della conoscenza del processo, fornendo informazioni che si sono rivelate utili nel

formulare nuove procedure e ipotesi di sperimentazioni. Nonostante le linee Guida Teoriche siano risultate indispensabili, esse da sole non sarebbero state sufficienti ad individuare le potenzialità dell'applicazione del processo, che si sono rivelate principalmente nella capacità di convertire pigmenti sintetici in pigmenti naturali, generando forme e texture che ne mostrano il carattere vivente. L'integrazione della Ricerca Teorica all'Attività Sperimentale può definirsi dunque imprescindibile nel caso di applicazione di Processi viventi nel campo del Design dei Materiali.

Analisi dei risultati e Possibili Applicazioni dal Punto di Vista Tecnologico

Tali protocolli risultano utili nell'applicazione del Processo di Crescita del batterio P.a. in sostituzione dei processi di tintura nel settore tessile; La conversione dei pigmenti sintetici in pigmenti naturali potrebbe inoltre costituire un interessante processo nell'ambito del riciclo di tessuti ed indumenti. Potrebbe infatti costituire un processo di rinnovamento estetico degli indumenti nel settore dell'usato, contribuendo a ridurre l'impatto ambientale e riducendo la percentuale di pigmenti sintetici. Il processo individuato consente di trattare superfici molto ampie con risorse minime e in spazi ridotti, tramite piegatura dei tessuti. Il campione più esteso ottenuto negli esperimenti, della misura di 200x 150 mm, è stato trattato in una piastra petri del diametro di 7 cm e ha richiesto l'utilizzo di 30 ml di soluzione LB, un quantitativo esiguo, se confrontato alle risorse utilizzate nei processi di tintura e finissaggio tradizionali che possono arrivare a 125 litri per chilogrammo di fibra di cotone. Inoltre il processo di tintura tradizionale richiede temperature elevate, il che comporta un ulteriore dispendio di energie (Parvinzadeh, Willoughby & Agrawal (2011)).

Analisi dei risultati dal Punto di Vista Culturale

Le Linee guida validate dalla ricerca sperimentale consentono al Designer di apportare un proprio contributo specifico nell'applicazione del processo di tintura batterica preso in esame. Attraverso l'attività di *tinkering* e di *trial and error* è stato possibile individuare modalità di applicazione del processo che vanno oltre la semplice tintura del tessuto. I risultati delle sperimentazioni mostrano come,

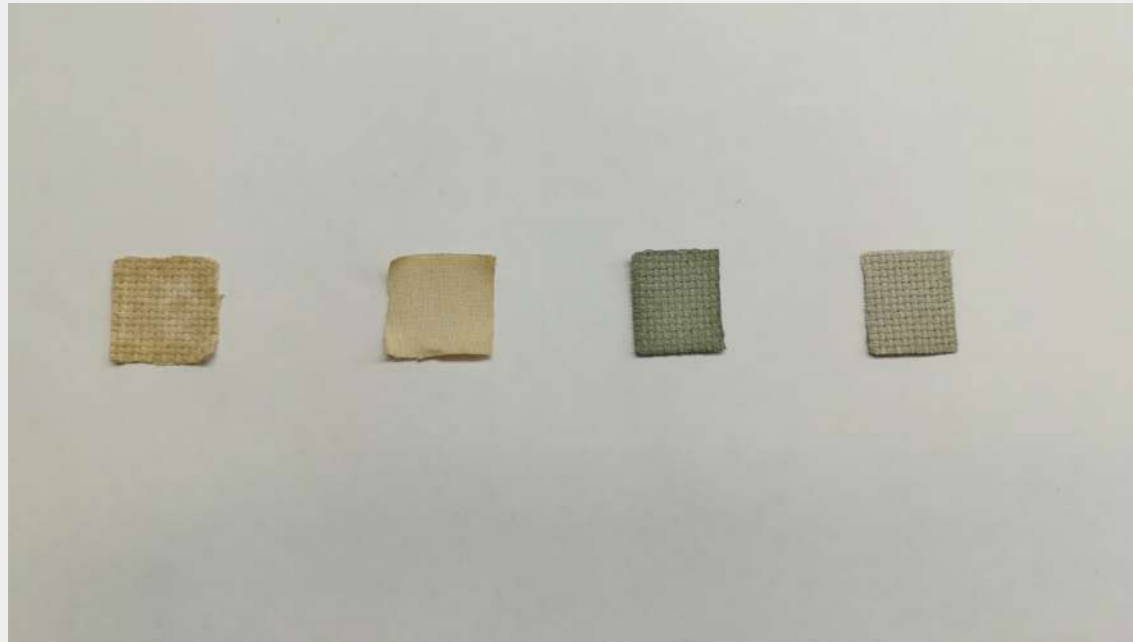
attraverso la pratica e l'acquisizione di una conoscenza profonda del processo, sia possibile per il Designer individuare potenzialità e limiti della collaborazione con organismi viventi, e che queste ultime possono essere sfruttate per ottenere risultati interessanti dal punto di vista estetico.

L'ottimizzazione, dal punto di vista tecnico, del processo preso in esame consisterebbe nell'estrazione del pigmento prodotto dai batteri e nella sua applicazione sui tessuti tramite il convenzionale bagno di colore. Tale ottimizzazione comporterebbe però la perdita degli aspetti estetici caratteristici del processo utilizzato in grado di raccontare non solo lo stesso processo di crescita degli organismi, che viene impresso sulla superficie del materiale, ma anche la trasformazione culturale che si cela dietro la collaborazione con tali organismi nella produzione di artefatti.

Indossare un abito che mostra delle irregolarità, delle imperfezioni formali, riconducibili all'azione degli esseri viventi che le hanno prodotte, costituisce un valore aggiunto per l'utente in quanto riconduce l'imperfezione alla causa che l'ha generata, attribuendogli dunque un valore semantico.

Nel caso specifico oggetto della ricerca, i tessuti, tramite le sperimentazioni, sono stati sottoposti a processi di invecchiamento precoce, i quali però risultano volontariamente visibili; si manifestano attraverso aree sbiadite, zone colorate, puntature e sfumature; essi sono il risultato di una sorta di "esasperazione" del processo di invecchiamento, che al tempo stesso però è in grado di rinnovare esteticamente il tessuto. In questo modo l'invecchiamento si manifesta tramite quelle che possono essere riconosciute come potenzialità e non come danneggiamento. Si ritiene dunque che i risultati della Ricerca possano essere definiti soddisfacenti nella misura in cui la dimensione temporale ha costituito uno strumento per il Design sia dal punto di vista tecnologico e sostenibile, che dal punto di vista estetico.

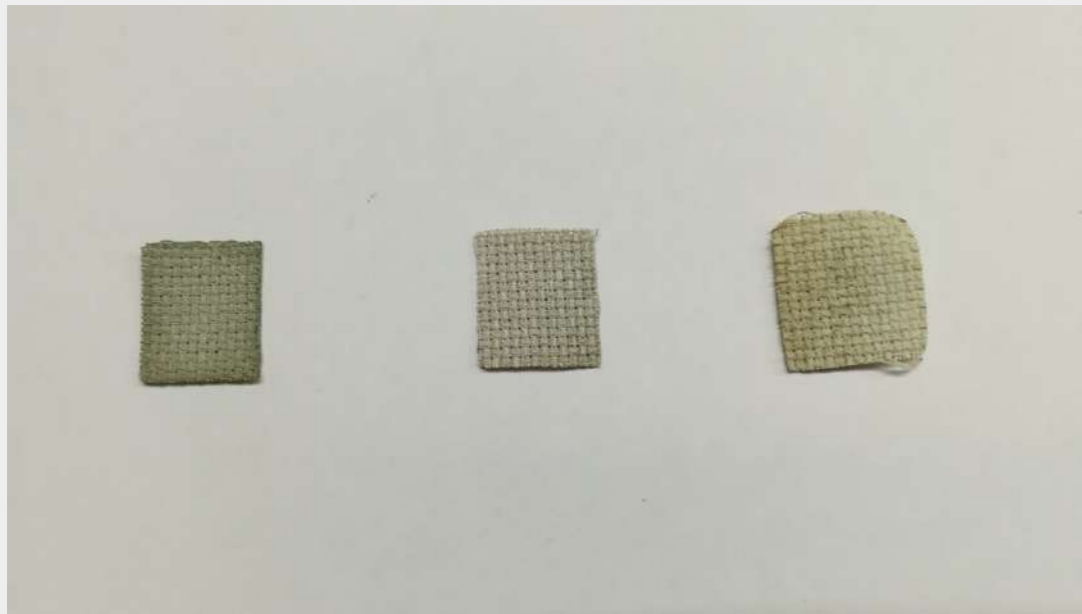
Variazioni di colorazione: Piocianina e Piorubina



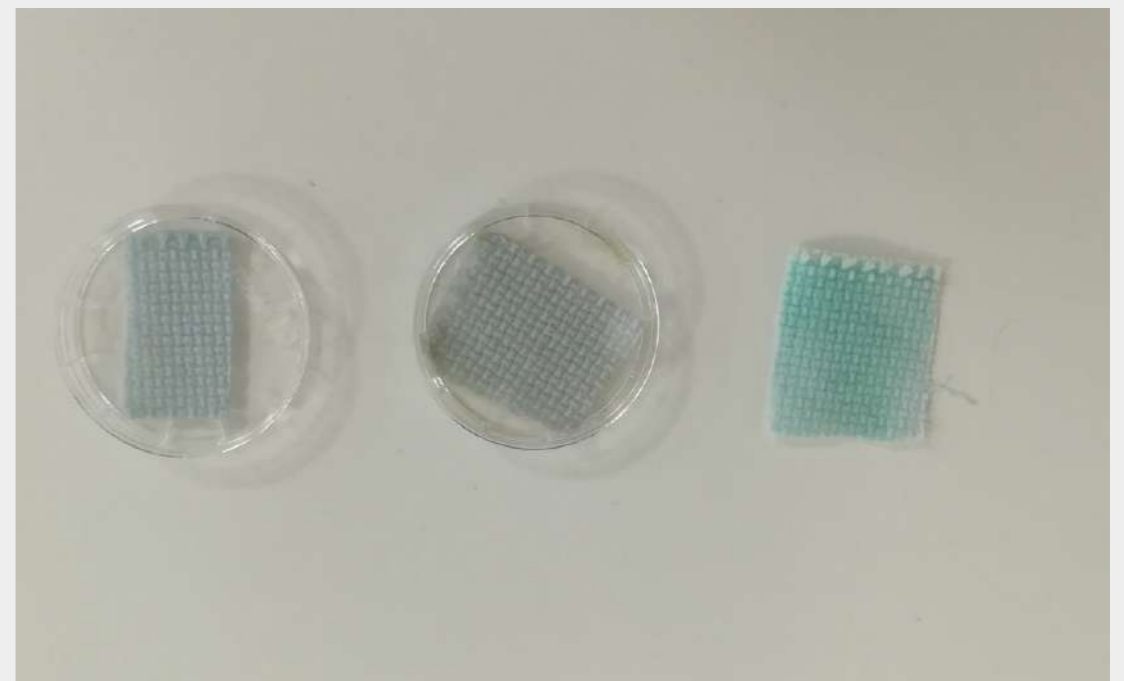
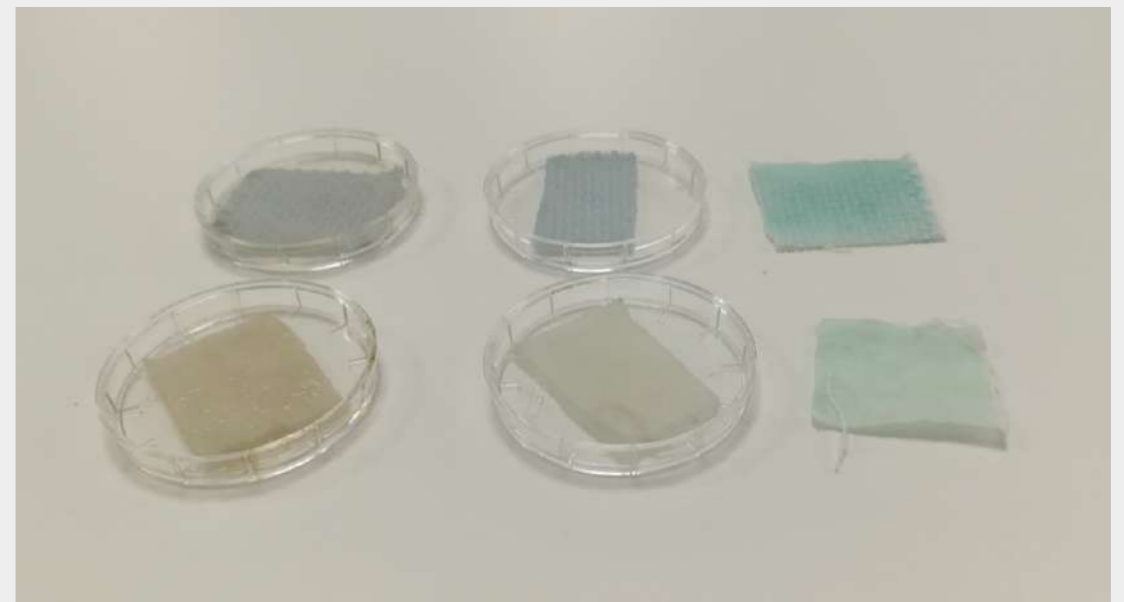
Variazioni di colorazione: Piocianina e Piorubina

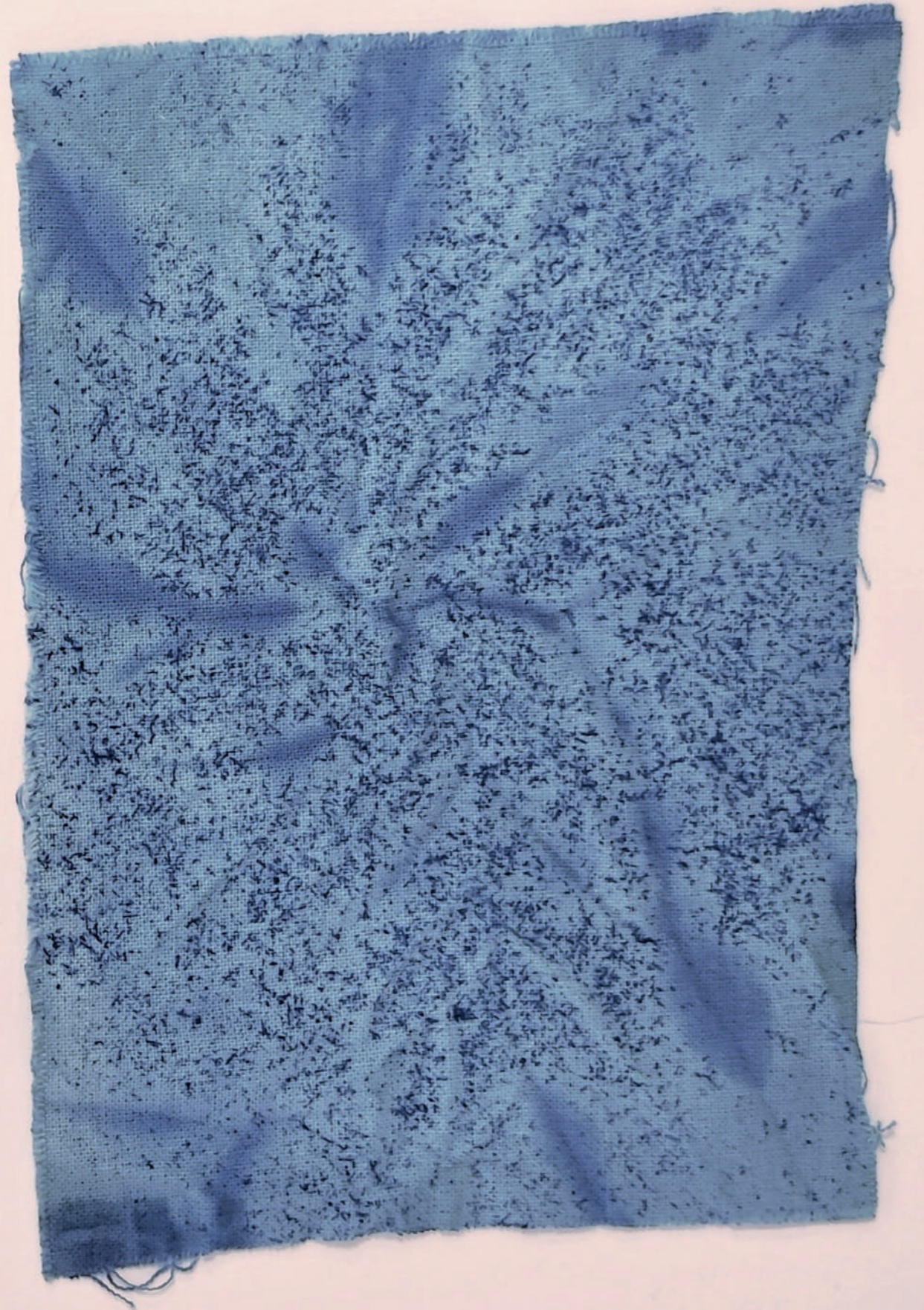
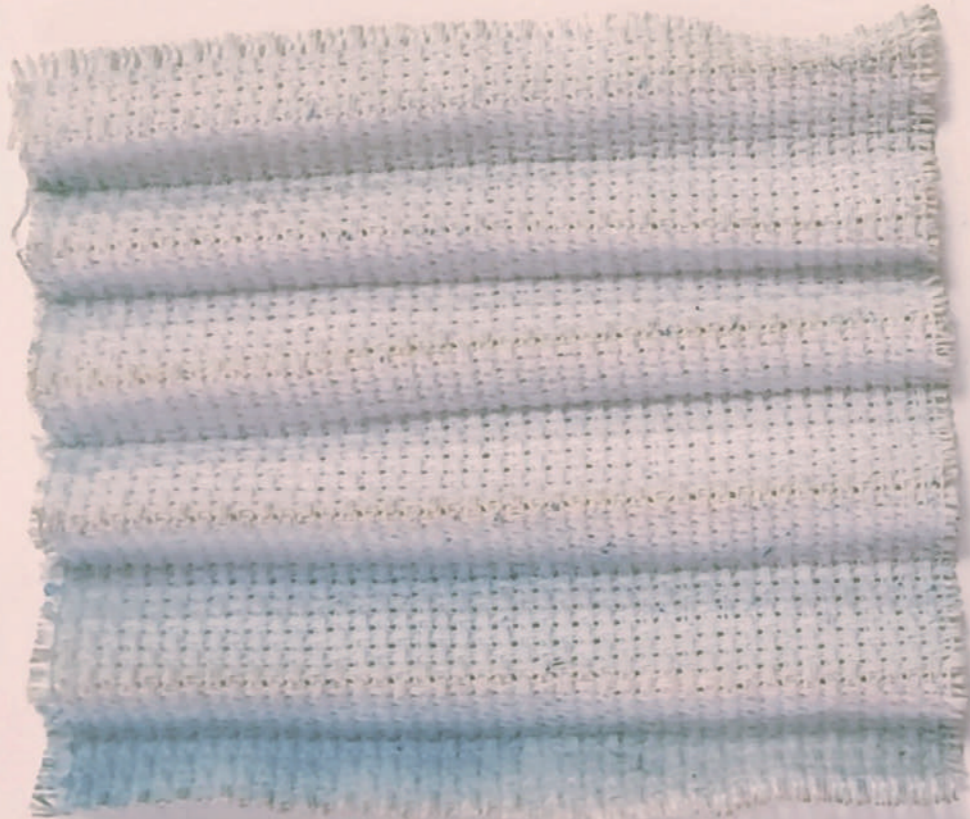
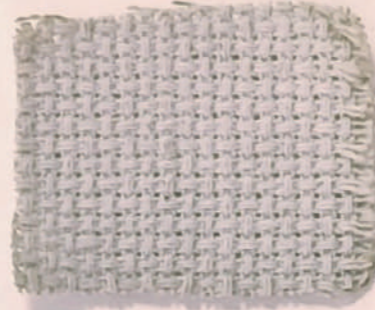
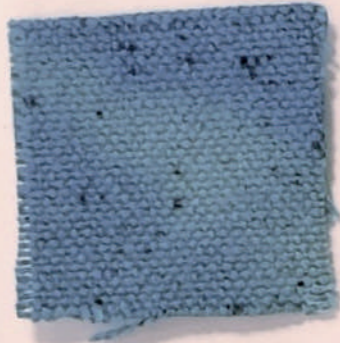
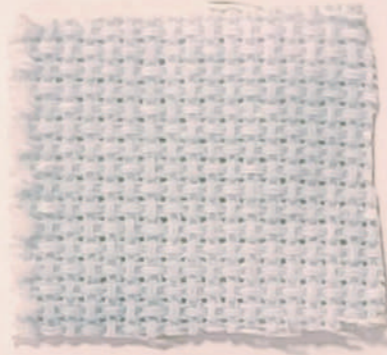
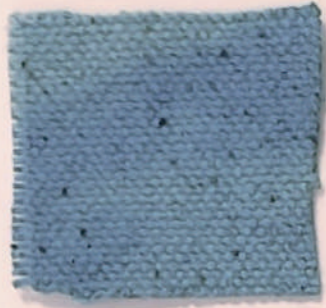


Gradazioni di colore: Tempo di crescita



Gradazioni di Colore: Tempo di crescita





La ricerca ha esplorato il tema delle trasformazioni materiche dovute all'azione del tempo, e nello specifico ai processi di Biodeterioramento ad opera di organismi viventi, considerati nocivi ed indesiderabili in quanto responsabili della compromissione delle proprietà estetiche e strutturali dei materiali.

L'accettazione del carattere mutevole della materia costituisce un requisito fondamentale all'interno del processo di transizione culturale richiesto nell'affrontare le questioni della sostenibilità. Il Design svolge un ruolo cruciale nell'accompagnare la popolazione attraverso tali cambiamenti, in quanto in grado di definire percorsi graduali di familiarizzazione e comprensione degli avanzamenti tecnologici e delle questioni etiche, sociali e culturali ad essi legate, traducendole in prodotti concreti. La diffusione e l'utilizzo di tali prodotti si auspica di contribuire ad un processo di sedimentazione dei valori e dei principi che ne hanno guidato la progettazione, andando a costituire un processo incrementale di cambiamento.

Questo doppio approccio, tecnologico e culturale, proprio del Design, è stato applicato nello svolgimento dell'attività ricerca, che ha definito le modalità in cui i Processi di Biodeterioramento costituiscono potenzialmente una risorsa dal punto di vista progettuale, sia in termini di Innovazione Tecnologica, che in termini di miglioramento della User Experience. Attraverso la definizione di tale potenzialità si è inteso innescare un processo di rivalutazione del biodeterioramento, e delle trasformazioni della materia in generale, che si è concretizzato nella definizione della categoria ibrida dei Materiali Open-ended.

Attraverso tale ibridazione viene riconosciuta alla materia la sua natura attiva, mutevole e autodeterminante, che non è più elemento passivo, plasmabile e inerte. Progettare Materiali Open-ended implica dunque conoscerne le proprietà, esplorarne la natura ed individuare metodi per valorizzarne le potenzialità, sia da un punto di vista estetico che funzionale. Il designer dunque non è più un form-giver, che assegna una forma prestabilita alla materia, senza tenerne in considerazione le proprietà, ma diventa un form-finder, che asseconda le sue naturali conformazioni, di cui i processi di Bio-

deterioramento sono parte. Esso non la domina dunque, ma collabora con la materia e i processi che ne determinano le trasformazioni; Esplora, comprende e conosce, per poi intervenire e guidare in maniera non invasiva.

Rivalutazione dei processi di Biodeterioramento

Gli esiti dell'attività di ricerca sul tema della rivalutazione dei processi di Biodeterioramento hanno mostrato come gli organismi coinvolti posseggano una serie di caratteristiche che li rendono una risorsa, piuttosto che esclusivamente una fonte di danno. Si è visto infatti come essi dispongano di diverse potenzialità da sfruttare in diversi ambiti, principalmente rispetto al risparmio di risorse energetiche, in quanto utilizzabili in sostituzione di processi di lavorazione come tintura e texturizzazione delle superfici. Sono in grado di produrre energia e depurare gli ambienti, attraverso processi di fotosintesi, e fungono da biosensori naturali per il monitoraggio degli agenti inquinanti presenti nell'aria.

Dal punto di vista della fruizione essi aprono scenari inediti di relazione con gli utenti, che ne modificano radicalmente le modalità d'interazione. L'accudimento, la cura, la riflessione entrano nella dimensione d'uso dei prodotti, elevando il loro status e il livello di coinvolgimento emotivo. Ciò porta a una maggiore consapevolezza sulla natura degli oggetti, sulla loro realizzazione e dismissione.

Complessità

Uno dei temi più ricorrenti emersi durante l'attività di ricerca è la questione della complessità. Anche se non affrontato in maniera esplicita, se non in relazione alle guide linea per il Designer nell'affrontare la gestione di processi viventi, il tema si è ripresentato più volte come oggetto di riflessione e ha costituito un riferimento nell'affrontare diverse questioni relative alle attività svolte. Un sistema complesso è costituito da una serie di elementi in stretta relazione tra loro, le cui interazioni generano gli andamenti generali che lo contraddistinguono. La caratteristica fondamentale dei sistemi complessi consiste nella dinamica per cui la conoscenza dei singoli elementi non fornisce alcun tipo di informazione utile a comprenderne l'andamento; esso infatti si manifesta tramite l'interazio-

ne delle sue parti (Minati, 2020). La questione della sostenibilità appartiene all'ordine dei sistemi complessi. La sua risoluzione implica infatti non solo una analisi completa di tutti i fattori che la costituiscono, ma soprattutto la comprensione delle relazioni che intercorrono tra di essi, attraverso un approccio Integrato che preveda la considerazione degli aspetti sociali, culturali e tecnologici, sia da un punto di vista individuale che collettivo. La ricerca in questo ha tentato di utilizzare un approccio che intende superare la consuetudine per cui gli aspetti tecnologici e gli aspetti culturali della produzione sostenibile sono considerati come due sfere sconnesse, separate e non comunicanti. Si è cercato di integrare i due aspetti, considerandoli come due facce della stessa medaglia, distinti, perché inerenti sfere diverse della progettazione, ma indispensabili l'uno all'altro per determinare una corretta prassi progettuale sostenibile.

Nell'affrontare la parte di ricerca sperimentale, il tema dei sistemi complessi è riemerso ed ha costituito un fattore risolutivo per alcune discrepanze riscontrate nell'attività pratica. La parte di attività sperimentale della ricerca è consistita infatti in una prima fase di consultazione della letteratura scientifica in ambito Biologico e Biotecnologico, funzionale all'individuazione delle linee guida per il Designer per interagire con i processi di crescita; una seconda fase di applicazione e validazione delle linee guida proposte, per determinare l'effettiva applicabilità di processi di biodeterioramento come strumento progettuale.

Sebbene sostenute da references e ricerche già messe in atto da altri ricercatori, la messa in pratica delle linee guida, individuate sul piano teorico, si è dimostrata molto più difficoltosa delle aspettative. Lavorare con organismi viventi ha implicato infatti un livello di imprevedibilità dei risultati molto elevato, in quanto il processo di crescita è soggetto all'influenza di numerose variabili che incidono sulla qualità dei risultati. La difficoltà principale è stata riscontrata nella riproducibilità di questi ultimi. Se infatti gli obiettivi delle sperimentazioni siano stati nella maggior parte dei casi rispettati → ad esempio texturizzazione, variazione di colore, ottenimento di due tipologie di pigmenti dal batterio – il controllo della qualità formale è risultato difficoltoso, se non impossibile. Applicando lo stesso protocollo per l'ottenimento del pigmento verde-blu (Piocianina) su diversi campioni, le probabilità di ottenere il medesimo livello di colorazione e di omogeneità sono pressoché nulle. Ogni esperimento è infatti il risultato dell'interazione di un sistema vivente complesso, ossia una colonia di organismi che cresce e prolifera in maniera autorganizzata. Risolvere un sistema complesso è d'altronde

impossibile. L'approccio da utilizzare non è infatti di risoluzione, ma di gestione del sistema, intervenendo su alcuni parametri ed ipotizzando i risultati. Rispetto al sistema di produzione tradizionale, che potremmo definire deterministico nella misura in cui ad una azione corrisponde una determinata reazione, unica e controllabile, reso sempre più preciso dall'avanzamento tecnologico, la produzione tramite organismi viventi richiede un cambiamento nell'approccio, non solo da parte degli utenti, ma prima di tutto da parte dei progettisti. Lo studio della teoria della complessità ha costituito dunque l'acquisizione di una nuova consapevolezza progettuale che contempla la non riproducibilità esatta dei risultati come elemento qualitativamente apprezzabile, in quanto testimonianza della natura vivente del processo.

La complessità dei processi viventi si manifesta dunque come qualità estetica della produzione sostenibile. L'esperienza del bello, identificato storicamente con tutto ciò che è regolare, simmetrico, proporzionato e controllato, viene sostituita dall'esperienza del sublime, contraddistinto dal concetto di caos, da irregolarità, asimmetria e sregolatezza (vedi capitolo 5). Osservando i risultati delle sperimentazioni è possibile riscontrare tali caratteristiche, principalmente nel processo di sottrazione e addizione dei colori ad opera dei batteri. Le forme disomogenee, i colori variabili, la presenza di texture puntinate irregolari, distribuite in maniera arbitraria, raccontano il processo di crescita, mostrano le zone di aggregazione degli organismi, la loro capacità di adattarsi all'interno delle pieghe dei tessuti e di modificarne l'aspetto. Si fanno testimonianza della vita impercettibile che ci circonda, attraverso un'impressione quasi congelata della loro esistenza. L'esperienza estetica diventa dunque riflessiva, coinvolgente e conoscitiva.

La dimensione temporale

Nei Materiali Open-ended la dimensione temporale svolge un ruolo fondamentale. Tale categoria di materiali ibridi muta ed evolve nel tempo, in risposta a stimoli ambientali o semplicemente in quanto implica l'integrazione di organismi viventi che crescono durante l'uso. Il cambiamento diventa dunque un elemento integrato nella progettazione, nonché strategia volta all'estensione della durata dei prodotti. È stata effettuata una distinzione tra Materiali Open-ended, che subiscono il cambiamento durante l'uso, e Produzioni Open-ended, in cui i processi di Biodeterioramento vengono utilizzati nella fase di produzione del materiale, mantenendo la loro natura "aper-

ta" in quanto i risultati differiscono a seconda delle variabili che intervengono nel processo di crescita. Nella fase di ricerca applicata è stata sperimentata l'applicazione di una Produzione Open-ended. Nella pratica i tessuti sono stati sottoposti a un processo di invecchiamento accelerato ad opera di un batterio responsabile del processo di Biodeterioramento. I risultati del processo di colorazione, dal punto di vista estetico, ad un primo sguardo possono risultare inconsueti, antichi e non abbastanza brillanti. Tuttavia, se osservati nell'insieme, presentano nelle tonalità, nelle forme e nelle gradazioni, una certa coerenza con il processo di invecchiamento precoce, che ben si accorda con le intenzioni della ricerca. In questo caso è stato dunque applicato un processo che invecchia il materiale, accelera gli effetti del corso del tempo su di esso, ma al tempo stesso lo rinnova, modificandone il colore e l'aspetto, dimostrandosi effettivamente uno strumento per il Design. I risultati mostrano come l'azione del tempo e le trasformazioni che esso provoca sui materiali e prodotti non siano necessariamente sintomo di danneggiamento e non conducano inevitabilmente alla dismissione precoce dei prodotti. Riconoscere nell'invecchiamento dei materiali un potenziale valore aggiunto dei prodotti potrebbe costituire un primo passo di un percorso teso alla rivalutazione del concetto di obsolescenza psicologica ed estetica.

La rivelazione della potenzialità del processo di scolorimento dei tessuti e di "conversione" dei pigmenti, ha ampliato lo scenario delle possibili applicazioni e corroborato l'ipotesi alla base della ricerca di riconsiderare i processi di invecchiamento in quanto potenziali strumenti di progettazione per il Design. In questo caso infatti, oltre al rinnovamento dal punto di vista estetico dei tessuti, il processo svolge un'azione utile di trasformazione di pigmenti sintetici in pigmenti naturali, rinnovando i capi anche dal punto di vista della sostenibilità.

È possibile dunque ripensare il concetto di invecchiamento ed immaginare una modalità di progettazione alternativa, in cui è contemplato il carattere effimero, provvisorio e dinamico della materia, comune a tutti gli elementi naturali, anche a quelli universalmente considerati permanenti, statici ed eterni; è possibile collaborare in un rapporto simbiotico con i sistemi naturali e le logiche che li governano senza la pretesa di soggiogarli; accettare con una nuova consapevolezza che spesso agenti biologici e materiali agiscono in contraddizione con il nostro operato, ma non necessariamente con ciò di cui abbiamo bisogno.

Il ruolo del Designer nell'intersezione tra Design e Scienza

La ricerca svolta e i risultati ottenuti sono la testimonianza di quanto il Design possa fornire un contributo tangibile nell'integrazione di processi Biologici al contesto produttivo. In questo caso specifico l'intuizione del trasferimento tecnologico di processi di biodeterioramento per la realizzazione di Materiali per il Design, da sola non sarebbe stata sufficiente, senza la strutturazione di un metodo costruito sulle conoscenze e competenze proprie del Design. L'intenzione di intervenire e sperimentare con il processo, nel tentativo di ottenere risultati fruibili, non solo dal punto di vista tecnologico, ma anche estetico e funzionale, ha guidato le sperimentazioni, fino al raggiungimento di risultati inaspettati. È fondamentale dunque che in questo nuovo scenario di ibridazione fra Design e Scienza, le competenze delle figure coinvolte non vengano snaturate, ma si instauri un rapporto di collaborazione basato su apertura e confronto. La riuscita degli esperimenti non sarebbe stata infatti auspicabile senza le competenze della dottoressa Schifano, che ha supportato tutta l'attività di ricerca laboratoriale. Al tempo stesso le competenze del Designer hanno consentito di tradurre i processi biologici in potenziali applicazioni concrete, travalicando i confini disciplinari.

Sviluppi futuri

Gli organismi responsabili dei processi di Biodeterioramento sono molteplici. Nell'ambito di questa ricerca è stato possibile effettuare lo studio soltanto di uno di essi, portando a risultati soddisfacenti. Questo è solo l'incipit esplorativo di un tema di grande interesse, che tocca i temi più caldi della contemporaneità, quali la questione della sostenibilità, l'integrazione di processi Biologici nei sistemi produttivi di beni materiali e la definizione di nuovi terreni d'azione per il Design. Le possibilità offerte sono diverse, dal perfezionamento del processo specifico su cui si è sperimentato, al fine di poter definire modalità applicative concrete ed efficaci; alla sperimentazione con altri organismi responsabili del processo di biodeterioramento. Il processo di tintura, scolorimento e conversione di pigmenti, risultato della ricerca, è attualmente sottoposto a valutazione per il conferimento di brevetto, in quanto potenzialmente applicabile nell'industria tessile.

References

- Ahsby M., Johnson K. (2002), *Materials and Design. The art and science of material selection in product design*, Elsevier.
- Akin, F., Pedgley, O., (2016) *Sample libraries to expedite*
- Alesina I., Lupton E. (2010), *Exploring Materials. Creative design for everyday objects*, Princeton Architectural Pr.
- Alexander Pope, "An Epistle to Lord Burlington" (1731), in *The Genius of the Place: the English Landscape Garden 1620-1820*, eds. John Dixon Hunt and Peter Willis (Cambridge: The MIT Press, 1990), p. 213.
- Ammayappan, Lakshmanan & Jose, Seiko & Raj, Arputha. (2016). *Sustainable Production Processes in Textile Dyeing*. 10.1007/978-981-10-0111-6_8.
- Annicchiaricco, S., Van Der Rossem, J. (2012), *O'Clock*.
- Antonelli P. (1995), *Mutant materials in contemporary design*, New York, MoMA The Museum of Modern Art.
- Antonelli P. (2008), *Design and the Elastic Mind*, MoMA.
- Antonelli P. (2018). *Broken Nature XXII Triennale di Milano*, Electa.
- Artcare, *The Care of Art and Artefacts in New Zealand*, 1998, Auckland Art Gallery Toi o Tāmaki, Auckland, New Zealand.
- Australian Library and Information Association, 1989, *Fumigation, Conservation of Library Materials*, Newsletter No. 5, p. 3.
- Australian Library and Information Association, 1989, *Fumigation, Conservation of Library Materials*, Newsletter No. 5, p. 3.
- Bachmann, K., (Ed.), 1992, *Conservation Concerns: A Guide for Collectors and Curators*, Smithsonian Institute Press, Washington.
- Baxter, W. L., Aurisicchio, M., & Childs, P. R. N. (2016). *Materials, use and contaminated interaction*. *Materials*
- Bell, D. (1974) *The Coming of Post-Industrial Society: A Venture in Social Forecasting*, London: Heinemann.
- Bhardwaj, V. and Fairhurst, A. (2010) 'Fast fashion: Response to changes in the fashion industry', *International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, 20(1), pp. 165–173. doi: 10.1080/09593960903498300.

Binswanger, M. (2001). Technological progress and sustainable development: What about the rebound effect? *Ecological Economics* 36(1)

Bovone L. (2014). Cultura Materiale e nuovi valori: il caso della moda etica. *SOCIOLOGIA DELLA COMUNICAZIONE*. 100-113. 10.3280/SC2015-050010.

Bovone, L. (2009). *Rappresentarsi nel mondo. Comunicazione, identità, moda*, Franco Angeli, Milano

Bramston D. (2009), *Materials Thoughts*, Bloomsbury Publishing.

Bridgens, B., Lilley, D., Smalley, G., & Balasundaram, K. (2015). Ageing gracefully to increase product longevity.

Brown, T. (2009), *Change by Design: How Design*

Bruno Munari, (2010) *Da cosa nasce cosa: appunti per una metodologia progettuale*, Editori Laterza

Burns, B. (2010) "Re-evaluating Obsolescence and Planning for It." In T. Cooper (ed.) *Longer Lasting Products: Alternatives to the Throwaway Society*, pp. 39–60

C.J. Barnes, T. H. C. C., B. Henson, C.H. Southee. (2004). Surface finish and touch—a case study in a new human factors tribology. *Wear*, 257, 740. (Material design e Material Experience)

Cadioli, M. (2006). American apparel in second life. *Digimag*, Issue 17. Retrived September 2020 <http://digicult.it/digimag/issue-017/american-appareal-in-second-life/>

Caple, C., (Ed.), 2011, *Preventive Conservation in Museums*, Routledge, London and New York.

Caple, C., (Ed.), 2011, *Preventive Conservation in Museums*, Routledge, London and New York.

Carolyn F. Strauss , Alastair Fuad-Luke (2010). *The Slow Design Principles A new interrogative and reflexive tool for design research and practice*

Catucci S., Ferrara M., Lucibello S. (2015). "Il ritorno dei materiali naturali: nuove tendenze autarchiche", *Ananke* n. 76.

Chapman, J. (2005). *Emotionally durable design. Objects, Experience and Empathy*. Routledge.

Chapman, J. (2012). Design to Reduce the Need to Consume. *Textile Toolbox*. Retrived Novembre 2020 <http://www.textiletoolbox.com/research-writing/design-reduce-the-need-consume-2/>

Chapman, J. (2013). *Meaningful Stuff: Towards longer lasting products. Materials Experience: fundamentals of*

Chiara Alessi, (2016) *Design senza Designer*, Universale Laterza

Chiara Alessi, *Dopo gli anni Zero: il nuovo design italiano*, Universale Laterza

Cleminshaw, D. (1989). *Design in Plastics.(Retroactive Coverage)*. Rockport Publishers, 5 Smith St, Rockport, Massachusetts 01966, USA, 1989. 239.

Computer Interaction. The Interaction Design Foundation, Aarhus, Denmark. Available online at http://www.interaction-design.org/encyclopedia/user_experience_and_experience_design.html.

Cooper, T. (2005). Slower Consumption. Reflections on Product Life Spans and the "Throwaway Society". *Journal of industrial ecology*.

Cornish E. H. (1987), *Materials and the Designer*, UK, Cambridge University Press.

Cowden, Phaedra & Liang, Tanner & Aherne, Julian. (2015). Mosses as bioindicators of air pollution along an urban-agricultural transect in the Credit River Watershed, southern Ontario, Canada. *Annali di Botanica*. 5. 39-46. 10.4462/annbotrm-13059.

Danin, A., Gerson, R., Marton, K. And Garty, J. (1982). Patterns of limestone and dolomite weathering by lichens and blue-green algae and their paleoclimatic significance. *Paleogeogr. Paleoclimatol.* 37, 221-233.

DeBritto, S., Gajbar, T.D., Satapute, P. et al. Isolation and characterization of nutrient dependent pyocyanin from *Pseudomonas aeruginosa* and its dye and agrochemical properties. *Sci Rep* 10, 1542 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58335-6>

Dent A., Sherr L. (2014), *Product Design*, Thames and Hudson.

DeSilvey, C. (2006). Observed decay: telling stories with mutable things. *Journal of Material Culture*, 11(3), 318-

Drazin A., Kuchler S. (2015), *The social life of materials. Studies in materials and society*, Bloomsbury Academic.

Dorfles G. (1996). *Le oscillazioni del Gusto*.

Earley, R. and Goldsworthy, K. (2018) *Circular Textile Design: Old Myths and New Models*, in: *Circular Textile Design: Old Myths and New Models*. Routledge

Eha Garg, Anurag Garg, Suparna Mukherji, (2020). Eco-friendly decolorization and degradation of reactive yellow 145 textile dye by *Pseudomonas aeruginosa* and *Thiosphaera pantotropha*, *Journal of Environmental Management*, Volume 263, 2020,

Erhardt, D. and Mecklenburg, M., 1994, Relative humidity re-examined, in *Preventive Conservation: Practice, Theory and Research*, Preprints of the Contributions to the Ottawa Congress, September, 1994, IIC, pp. 32-38.

Erhardt, D., Tumosa, C.S. and Mecklenburg, M.F., 2007, Applying science to the question of museum climate, in Padfield, T. and

Borchersen, K. (Eds), *Museum Microclimates. Contributions to the conference in Copenhagen, 19-23 November, 2007*, The National Museum of Denmark, pp 11-18 (www.microclimates.natmus.dk).

Erhardt, D., Tumosa, C.S. and Mecklenburg, M.F., 2007, Applying science to the question of museum climate, in Padfield, T. and Borchersen, K. (Eds), *Museum Microclimates. Contributions to the conference in Copenhagen, 19-23 November, 2007*, The National Museum of Denmark, pp 11-18 (www.microclimates.natmus.dk).

Ferrara M., Bengisu M. (2014), *Materials that change color. Smart materials, intelligent design*, Springer.

Ferrara M. (2017). *Ideas and the Matter*. List Editore

Fiorani E. (2000). "Leggere i materiali. con l'antropologia, con la semiotica", Milano, Lupetti

Fiorani E., Del Curto B. (2015) *La pelle del Design*. Milano. Laterza

Fisher, T. H. (2004). What We Touch, Touches Us: Materials, Affects, and Affordances. *Design Issues*, 20(4),

Fletcher, K. (2007). Clothes That Connect in J. Chapman and N. Gant (Eds.), *Designers, Visionaries And Other Stories: A collection of sustainable design essays*, London: Earthscan, pp118-132.

Fletcher, Kate. (2012). Durability, Fashion, Sustainability: The Processes and Practices of Use. *Fashion Practice: The Journal of Design, Creative Process & the Fashion*. Fontanille, J. (2002). La Patina e la connivenza in Marrone

G., Landowski E. *La società degli oggetti. Problemi di interrogatività*. Meltemi.

Geiser, K.; Commoner, B. *Materials Matter: Toward a Sustainable Materials Policy*; MIT Press: London, UK, 2001.

Giaccardi, E., Karana, E., Robbins, H., D'Olivio. (2014). Growing Traces on Objects of Daily Use: A Product Design Perspective for HCI. *The ACM Conference on Designing Interactive Systems (DIS 2014)*.

Goldsworthy, K. (2018). *Designed to disappear*. Franklin, K. & Till, C. *Radical Matter: Rethinking materials for a sustainable future*. Thames & Hudson

Grattan, D. and Michalski, S., 2009, *Environmental guidelines for museums – temperature and relative humidity (RH)*, www.cci-icc.gc.ca/crc/articles/enviro/controls-niveaux-eng.aspx

Guidelines for Environmental Control in Cultural Institutions, 2002, Heritage Collections Council, Canberra, ACT, Australia.

Hassenzahl, M., 2011. User experience and experience design. In: Soegaard, M., Dam, R.F. (Eds.), *Encyclopedia of Humane*

Hekkert, P., Leder, H., 2008. Product aesthetics. In: Schifferstein, H.N.J., Hekkert, P. (Eds.), *Product Experience*. Elsevier Science Publishers, pp. 259e285.

Hekkert, P., Snelders, D., Van Wieringen, P.C.W., 2003. 'Most advanced, yet acceptable': Typicality and novelty as joint predictors of aesthetic preference in industrial design. *British Journal of Psychology* 94, 111e124.

Hekkert, P., van Dijk, M.B., 2011. *Vision in Design: A Guidebook for Innovators*. BIS Publishers, Amsterdam.

Hekkert, P.P.M., 2006. Design aesthetics: principles of pleasure in design. *Psychology Science* 48, 157e172.

Hosey L., (2012). *The Shape of Green. Aesthetics, Ecology, and Design*. Island Press, USA.

Howes P., Laughlin Z. (2012), *Materials Matters. New materials in design*, London, Black Dog Pub.

Irace F. (2013). *Design & Cultural Heritage* pp. 12-15, in Daverio P., Trapani V. "Il design dei beni culturali. Crisi territorio identità" Milano, Rizzoli.

J. Fitch Marston, *Historic Preservation Curatorial Management of the Built World*, Charlottesville e London, Virginia UP 1990, p. 325.

Johnson, M., 2007. *The Meaning of the Body: Aesthetic of Human Understanding*. The University of Chicago Press, Chicago.

Jordan, P.W., 2000. *Designing Pleasurable Products: An Introduction to the New Human Factors*. Taylor & Francis,

Kahneman, D., Krueger, A.B., Schkade, D.A., Schwarz, N., Stone, A.A., 2004. A survey method for characterizing daily life

Karana E. (2009), *Meanings of Materials*, Lap Lambert

Karana E., Pedgley O., Rognoli V. (2014), *Materials Experience. Fundamentals of materials and design*, Elsevier.

Karana, E. (2004). *The Meaning of the Material: A Survey on the Role of Material in User's Evaluation of a*

Karana, E. (2009). *Meanings of Materials*, PhD Thesis. Delft, ISBN 9789051550559: TU Delft.

Karana, E. (2012). *Characterization of 'natural' and 'high-quality' materials to improve perception of bio-plastics*.

Karana, E., 2004. *The meaning of the material: a survey on the role of material in user's evaluation of a design object*. Paper Presented at the 4th International Conference on Design and Emotion.

Karana, E., 2009. *Meanings of Materials*, PhD Thesis. TU Delft, Delft.

Karana, E., Barati, B., Rognoli, V., & Zeeuw Van Der Laan, A. (2015). *Material driven design (MDD): A method to*

Karana, E., Hekkert, P., & Kandachar, P. (2010). A Tool for Meaning Driven Materials Selection. *Materials & Design*, 31(6), 2932–2941.

Karana, E., Hekkert, P., 2010. User-material-product interrelationships in attributing meanings. *International Journal of Design* 4 (3), 43e52.

Karana, E., Hekkert, P., Kandachar, P., 2010. A tool for meaning driven materials selection. *Materials and Design* 31, 2932e2941.

Karapanos, E., Zimmerman, J., Forlizzi, J., Martens, J.-B., 2010. Measuring the dynamics of remembered experience over time. *Interacting with Computers* 22, 328e335.

Kikkawa, Y. and Sano, C., 2008, *Preservation of Historic Paper in Japan*, in *Conservation and Access. Contributions to the London Congress*, 15 – 19 September, 2008, The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, p 266.

Kikkawa, Y. and Sano, C., 2008, Preservation of Historic Paper in Japan, in Conservation and Access. Contributions to the London Congress, 15 – 19 September, 2008, The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, p 266.

Klooster T. (2009), Smart Surfaces, and their application in architecture and design, Birkhauser.

La Rocca F. (2016), Design e delitto. Critica e metamorfosi dell'oggetto contemporaneo, Milano, Franco Angeli.

Lakoff, G., Johnson, M., 1980. Metaphors We Live by. Chicago University Press, Chicago.

Larson, R., Csikszentmihalyi, M., 1983. The experience sampling method. New Directions for Methodology of Social and Behavioral Science 15, 41e56.

Laurans, G., Desmet, P.M.A., Hekkert, P., 2012. Assessing emotion in human-product interaction: an overview of available methods and a new approach. International Journal of Product Development 16, 225e242.

Lee J. (2015), Material Alchemy. Redefining materiality within the 21st century, Bis Publisher.

Lee, John. (2015). Bioluminescence, the Nature of the Light.

Lefteri C. (2008), Ingredients, open publication on Issuu (https://issuu.com/leoh.h/docs/material_exploration)

Leroi Gouhran (1977). Il gesto e la parola, Torino, Einaudi Paperblacks, pp. 480.

Leydecker S. (2008), Nano Materials. In architecture, interior design and design, Springer Science & Business Media.

Leznicka, S., Strzelczyk, A., Wandrychowska, D. (1988). Removing fungal stains from stone works. VIth International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Torun, Suppl. Vol., 102- 110.

Living Artefacts: Conceptualizing Livingness as a Material Quality in Everyday Artefacts Elvin Karana 1,2,* , Bahareh Barati 1, and Elisa Giaccardi, 2020 London, UK.

Lucibello S. (2018). Esperimenti di Design. Ricerca e innovazione con e dei materiali, Design Experiences, LISt Lab.

Lucibello, Sabrina & Ferrara, Marinella & Langella, Carla & Cecchini, Cecilia & Carullo, Rossana. (2018). Bio-smart Materials: The Binomial of the Future. 10.1007/978-3-319-73888-8_115.

Lucibello Sabrina. (2005) Materiali@Design. Listlab editore

Maffei S. (2013), "Autoproduzione e Design italiano", Op.cit. n 146, Napoli, Grafica Elettronica.

Maffei, N. P., & Fisher, T. (2013). Historicizing shininess in design: finding meaning in an unstable phenomenon.

Mahomed, R.S. (1971). "Antibacterial and antifungal finishes," Chemical After treatment of Textiles, eds. H. Mark,

N.S. Wooding and S.M. Atlas. New York, London: Wiley Interscience. 507-552.

Manley, A. H. G., Lilley, D., & Hurn, K. (2015a, 17-19 June). Cosmetic Wear and Affective Responses in Digital

Manley, A. H. G., Lilley, D., & Hurn, K. (2015b). Wear and affect: cosmetic obsolescence of plastics in digital

Manzini E. (1986), La materia dell'invenzione. Materiali e progetto, Milano, Arcadia.

Manzini, E. (2004) Il design in un mondo fluido. In: P. Bertola e E. Manzini (Ed.). Design Multiverso: appunti di fenomenologia del design. Milano: Edizioni POLI.design. Il design in un mondo fluido, p.17-24.

McDonough, W., & Braungart, M. (2002). Cradle to cradle: Remaking the way we make things. New York, NY: North Point Press

Michalski, S., 1993, Relative humidity: a discussion of correct/incorrect values, in Preprints, ICOM Committee for Conservation 10th Triennial Meeting, Washington DC, pp. 624-629.

Moore, Nicholas & Flaws, Maribeth. (2011). Introduction: Pseudomonas aeruginosa. Clinical laboratory science : journal of the American Society for Medical Technology. 24. 41-2. 10.29074/ascls.24.1.41.

Museums Australia Inc. (NSW), 1994, Museum Methods: A Practical Manual for Managing Small Museums, Museums Australia Inc. (NSW).

Myers W., Antonelli P. (2012), Bio Design. Nature. Science. Creativity, MoMa.

Nobels, E., Ostuzzi, F., Levi, M., Rognoli, V., & Detand, J. (2015). Materials, Time and Emotion: how materials Odom, W., & Pierce, J. (2009). Improving with age: designing enduring interactive products. Paper presented at of Design, 9(2), 35-54.

Ostuzzi, F., Salvia, G., Rognoli, V., Levi, M., (2011b). The value of imperfection in industrial product. In: Cautela, Deserti, Rizzo, Zurlo (Eds.), Proceedings of DPPI11. Milano, Italy, 22e25 June, pp. 361-369.

Packard, V. (1960). The waste makers. Harmondsworth: Pelican.

Padfield, T and Borchersen, K., (Eds), 2007, Museum Microclimates: Contributions to the Copenhagen conference, 19-23 November 2007, National Museum of Denmark, www.microclimates.natmus.dk

Padfield, T, Erhardt, D. and Hopwood, W.R., 1982, Trouble in store, in N.S. Brommelle and G. Thomson (Eds), Science and Technology in the Service of Conservation, Preprints of the Contributions to the Washington Congress, 3-9 September, 1982, IIC, London, pp. 24-27.

Papanek, V. (1995). The green imperative: ecology and ethics in design and architecture. London: Thomas and Hudson.

Parvinzadeh Gashti, Mazeyar & Willoughby, Julie & Agrawal, Pramod. (2011). Textile dyeing. Surface and Bulk Modification of Synthetic Textiles to Improve Dyeability. 13.

Perullo N., (2020), La percezione aptica per un'estetica ecologica, *Aesthetica Preprint n 114*, maggio-giugno, pp. 137-151

Peters S. (2011), *Material Revolution. Sustainable and multi-purpose materials for design and architecture*, Birkhauser.

Pink S., Aldevol E., Lanzeni D. (2016), *Digital materialities. Design and anthropology*, Bloomsbury Academic.

post-industrial society (Bell, 1974).

Powerhouse Museum, 1994, *Caring for Heritage Objects*, Powerhouse Museum Research Series No. 3, Sydney.

Rajfur, M., Świsłowski, P., Nowaini, F. & Śmiechowicz, B. (2018). Mosses as Biomonitor of Air Pollution with Analytes Originating from Tobacco Smoke. *Chemistry-Didactics-Ecology-Metrology*, 23(1-2) 127-136.

Ribul M. (2014), *Recipes for Materials Activism*, open publication on Issuu (https://issuu.com/miriamribul/docs/miriam_ribul_recipes_for_material_a)

Ritter A. (2007), *Smart materials in architecture, interior architecture and design*, Birkhauser/Springer. (<http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-7643-8227-8>)

Rognoli V., Levi M. (2011), *Il senso dei materiali per il design*, Franco Angeli.

Rognoli, V. & Karana, E. (2013), (Chapter 11) E. Karana, O. Pedgley, V. Rognoli (Eds.), *Towards a New Materials Aesthetic Based on Imperfection and Graceful Ageing*. *Materials Experience: Fundamentals of Materials and Design* (first ed.), ButterworthHeinemann, Elsevier, UK (2013), pp. 145–153

Rognoli, V., Karana, E., (2014) *Toward a New Materials Aesthetic Based on Imperfection and Graceful Aging*, in Karana, E., Pedgley, O., Rognoli, V., (2014) *Materials Experience. Fundamentals of materials and design*, Elsevier.

Saito Y. (2007). *Everyday Aesthetics*. New York: Oxford University Press.

Sarkar, Shovon & Saha, Prianka & Sultana, Nigarin & Akter, Selina. (2017). Exploring Textile Dye from Microorganisms, an Eco-friendly Alternative. *Microbiology Research Journal International*. 18. 1-9. 10.9734/MRJI/2017/29861.

Schodek D., Ferreira P., Ashby M. (2009), *Nanomaterials, nanotechnologies and design. An introduction for engineers and designers*, Butterworth-Heinemann.

Sennett R. (2008). *The craftsman* (tr.it L'uomo artigiano, Milano, Feltrinelli, 2013, pp. 320)

Shukla, Vertika & Upreti, D. & Bajpai, Rajesh. (2014). Lichens to Biomonitor the Environment. 10.1007/978-81-322-1503-5.

Skedung, L., Danerl, K., John Kettle, Arvidsson, M., Berglund, B., & Rutland, M. W. (2011). Tactile perception: Finger friction, surface roughness and perceived coarseness. *Tribology International*, 44, Smart materials e materiali a intelligenza aggiunta:

Tasaki, A. D. B. a. L. H. (1992). The Role and Measurement of Attachment in Consumer Behavior. *Journal of Consu-*

mer Psychology, 1(2), 155-172.

Tétreault, J., 2003, *Airborne Pollutants in Museums. Galleries and Archives: Risk Assessment, Control Strategies, and Preservation Management*, Canadian Conservation Institute, Ottawa, Canada.

Tétreault, J., 2006, *Display and Storage Products Used in Museums*, Lecture Notes, Canadian Conservation Institute, Ottawa, Canada.

Tétreault, J., 2006, *Display and Storage Products Used in Museums*, Lecture Notes, Canadian Conservation Institute, Ottawa, Canada. the CHI'09 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems.

Thomson, G., 1986, *The Museum Environment*, 2nd Edition, Butterworths, London.

Thomson, G., 1986, *The Museum Environment*, 2nd Edition, Butterworths, London.

Time design. Design time., Electa, Milano.

Turkey.

Van Hinte E. (2003), *Material World*, Netherlands, Frame Publishers.

Van Hinte, E. (Ed.). (1997). *Eternally yours: Visions on product endurance*. Rotterdam, The Netherlands: 010

Van Nes, N., & Cramer, J. (2006). *Product lifetime optimization: a challenging strategy towards more sustainable consumption*

Vezzoli, C. The "materials" side of design for sustainability. In *Materials Experience: Fundamentals of Materials and Design*; Karana, E., Pedgley, O., Rognoli, V., Eds.; Butterworth-Heinemann: Oxford, UK, 2014; pp. 105–121

Volume 90, 15 January 2016

William Gilpin, *Three Essays on picturesque beauty; on picturesque travel; and on sketching landscape: to which is added a poem, on landscape painting* (1792)

Zafarmand, S. J., Sugiyama, K., & Watanabe, M. (2003). Aesthetic and sustainability: The aesthetic attributes promoting product sustainability. *The Journal of Sustainable Product Development*, 3, 173-186.

Nota per i Revisori: L'apparato iconografico è da considerarsi provvisorio ed in fase di miglioramento ed implementazione in vista della versione finale e definitiva dell'elaborato.

Materiali Open-ended

p. 244