



CONSUELO NAVA
DOMENICO LUCANTO

**DALL'ECO-DESIGN
ALLA PROTOTIPAZIONE**
UPCYCLING PER LA DECARBONIZZAZIONE





©

ISBN
979-12-218-1000-4

PRIMA EDIZIONE
ROMA 30 NOVEMBRE 2023

*Agli studenti
e ai giovani ricercatori
di ABITAlab*

INDICE

- 9 *Introduzione. Innovazione nel Design e Exaptation Tecnologica per la decarbonizzazione: un approccio narrativo*

I

GESTIONE CIRCOLARE E PROCESSI D'INNOVAZIONE IN UPCYCLING

2 I CAPITOLO I

Il progetto circolare e rigenerativo per la decarbonizzazione

1.1. Materiali Innovativi Biogenici, 23 – 1.1.1. *Metodologia Operativa*, 24 – 1.1.2. *Una rivoluzione Bio-Tech per l'innovazione dei miceli in architettura*, 25 – 1.1.3. *Tecnologie emergenti per la prototipazione dei materiali biogenici*, 27 – Informazioni – Descrizione sull'applicazione dei materiali a base di micelio, 30 – 1.1.4. *Regenerative Design per i materiali a base di micelio*, 32 – Experimental Box #1 – Appunti per la prototipazione informata di prodotti a base di micelio, 34 – 1.2. Upcycling Design, 39 – 1.2.1. *Metodologia Operativa*, 40 – 1.2.2. *UpCycling Design per una nuova naturalizzazione*, 41 – 1.2.3. *Tecnologie emergenti per la prototipazione dei materiali in upcycling*, 44 – Informazioni – Descrizione sull'applicazione dei materiali in upcycling, 50 – 1.2.4. *Regenerative Design per la decarbonizzazione*, 52 – Experimental Box #2 – Appunti per la prototipazione informata per l'upcycling di rifiuti plastici, 54 – 1.3. Advanced Circular Design, 59 – 1.3.1. *Metodologia Operativa*, 60 – 1.3.2. *Dall'industrializzazione dei processi, al progetto rigenerativo*, 61 – 1.3.3. *Dal progetto rigenerativo alla prototipazione per l'industrializzazione*, 64 – 1.3.4. *Tecnologie emergenti per la progettazione circolare*, 69 – Informazioni – Descrizione sull'applicazione di soluzioni in advanced circular design, 74 – 1.4. Una nuova tassonomia per l'eco-design circolare, 76.

II

**ECO_DESIGN IBRIDO E NATURALIZZAZIONE
DELLA TECNOLOGIA DELL'ARCHITETTURA**

81 **CAPITOLO II**

Eco-Design Ibrido: la configurazione biofilica tra progetto e prototipazione

2.1. Metodologia nella ricerca prototipologica, 84 – 2.2. Learning by Nature, 87 – 2.2.1. *Esplorazioni progettate per capire la natura*, 89 – 2.3. Simulate Nature, 93 – 2.3.1. *Esplorazioni progettate per imitare la natura*, 95 – 2.4. Nature Augment Design, 99 – 2.4.1. *Esplorazioni progettate per superare la natura*, 102 – Approfondimento #1 – Valutazione critica e assessment per la decarbonizzazione sui casi studio, 105.

III

**IL TRASFERIMENTO DEI PRINCIPI
DEL REGENERATIVE DESIGN ALLA PROTOTIPAZIONE**

131 **CAPITOLO III**

Dal design digitale alla fabbricazione digitale

3.1. Innovazione nei processi di upcycling dal progetto rigenerativo: approcci multiscalarari, 131 – Approfondimento #1 – Processo di sperimentazione e rilettura critica del progetto di ecodesign del prototipo GRS (a cura di E. Catalano), 133 – Approfondimento #2 – Tools, macchine e ibridazione di tecniche per il progetto Regenerative Venusio (a cura di D. Lucanto), 161.

187 **Bibliografia generale**

199 **Referenze bibliografiche**

INTRODUZIONE

INNOVAZIONE NEL DESIGN E EXAPTATION TECNOLOGICA PER LA DECARBONIZZAZIONE: UN APPROCCIO NARRATIVO

Regenerative design is about the pathway to a world where human and natural systems coexist and coevolve in harmony, and essentially when we're no longer doing harm to the planet.

Josef Hargrave
Global Foresight Lead, Arup

Il contesto

Questo testo condiviso con Domenico Lucanto, è la narrazione di quanto sperimentato attraverso la ricerca di frontiera e l'applicazione di studi teorici e esperienze in laboratorio, sui temi della circolarità dei processi e dell'upcycling, come design avanzato in ambito di minimizzazione degli impatti delle filiere del rifiuto, del controllo del GWP come contabilizzazione dell'impronta carbonica di flussi di materia prima e prima-seconda, di prove sperimentali su prototipi e dimostratori con l'uso di materiali appartenenti alla massa antropogenica e quelli riferiti alla biomassa naturale.

Il tema della decarbonizzazione è affrontato tentando di rispondere a quattro domande come di seguito proposte, nella loro descrizione che ne anticipa una discussione ancora aperta, con riferimento ad un profilo di innovazione radicale (Nava, 2019, 2022, 2023), per cui “la dimensione dell'obsolescenza del prodotto non è vista come una caduta prestazionale dei valori funzionali dello stesso, ma come l'attesa del prodotto nuovo e successivo, più avanzato”. Lo scarto e lo sfrido divengono il deposito ancora attivo di energia e materia, pronti ad essere risorse per un nuovo ciclo di vita.

Pertanto la loro possibile capacità di divenire valore positivo, li candida a definire le condizioni di circolarità per contenere l'impronta carbonica e quindi concorrere alla decarbonizzazione dei processi trasformativi in genere.

Il livello di ricerca sulle esperienze condotte in ambito internazionale, su settori anche differenti dall'architettura e dalle tecnologie innovative, ha aumentato la possibilità di rintracciare dati e informazioni da altre discipline, assimilabili a nuovi processi da integrare e riferire agli ambiti di interesse. Il lavoro condotto per "comprendere, simulare e innovare" alcuni processi che avvengono già in natura o comunque in filiere di produzione di tipo trasformativo della materia, è proprio della ricerca sull'eco-design e delle sue capacità di innescare processi avanzati circolari. Lo stesso processo di stoccaggio della CO₂, è riferibile all'upcycling di gas climateranti liberi in atmosfera, che possono essere catturati per nutrire nuovi sistemi naturali o artificiali e istruendo nuovi funzionamenti, possono trasformare gli impatti in misure di nuovo adattamento.

La possibilità di trasferire alcuni principi propri del regenerative design all'eco-design, per la progettazione digitale di modelli, poi realizzati come prototipi in laboratorio, secondo l'esperienza presentata in questo testo, rappresenta un'ulteriore capacità a disposizione, che può divenire strumento di pre-design e di controllo per qualificare detta condizione di adattamento. Nella sostanza si auspica una nuova capacità funzionale della materia biogenica e naturale e una possibile naturalizzazione della materia antropogenica, e in questo contesto di riuscire a far agire l'eco-design come dispositivo informativo e di servizio dei processi avanzati di upcycling, applicabili a tutte le filiere di trasformazione che investono la vita dei sistemi dell'ambiente costruito.

L'assioma guida "dati-risorse-informazioni", riferito alle attività di ricerca condotte in ABITAlab, in particolare in questa esperienza, viene rintracciato nelle tecnologie emergenti dell'upcycling e della stampa 3d o comunque del manufacturing, quale validazione delle scelte e delle esplorazioni di tipo preadattivo spesso rispondono, con nuove aperture culturali e scientifiche, al significato dei problemi di cui si è tentata la comprensione, attraverso la simulazione e la sperimentazione progettuale, per soluzioni capaci di assolvere al compito fondamentale della "contabilizzazione

ambientale” dei processi di trasformazione, in tutti i percorsi di design e dopo il “fine vita” dei primi cicli produttivi.

Le questioni

Le ragioni di tale ricerca, consegnano al testo il compito di indagare intorno a quattro questioni ponendosi quattro domande:

1. Può il design riparare il pianeta?
2. I rifiuti si possono ri-processare?
3. I materiali si possono coltivare?
4. L'Upcycling per la decarbonizzazione è una forma di preaptazione tecnologica?

1. Il Design avanzato di tipo sostenibile o ecologico o ancora rigenerativo, come lo abbiamo ridefinito collocandolo nella sua missione di scopo, quando ambisce a divenire “eco-design”, rintraccia le sue condizioni progettuali nei tipi del design del prodotto (*design per interagire*) e nel design dell'informazione (*design della sostenibilità*). Adesso occorre chiedersi se è quindi all'eco-design che affidiamo la responsabilità di muovere innovazione, oltre l'esattazione tecnologica, per sperimentare soluzioni e processi utili alla decarbonizzazione del nostro pianeta. Se la “riparabilità” dei sistemi naturali e artificiali possa avvenire con le azioni mirate e capaci di un design ecologico, che di fatto esplora, imita, supera gli stessi processi naturali in esaurimento o in condizioni di degrado.

Se guardiamo allo stato di carbonizzazione del nostro pianeta è evidente che in termini di efficacia delle azioni di ripristino, recupero e riparazione dei sistemi naturali e artificiali compromessi, per quantità delle emissioni climalteranti e inquinanti, le azioni puntuali possono apparire vane. Il percorso europeo per la neutralità climatica verso il 2050, per esempio, fa emergere come “le emissioni nette” dei maggiori settori produttivi (trasporti, industria, energia, terziario...) avrebbero bisogno di politiche diriduzione delle produzioni impattanti molto vigorose. Il dato certo è che comunque, parallelamente ai processi interni alle filiere di trasformazione, occorre lavorare “sulla massa biologica, naturale o naturalizzata, al fine di ottenere strutture capaci di produrre e servire, in condizioni

di reversibilità, seconda e terza vita nei cicli di funzionamento, positività energetica e ambientale” (Nava, 2023). Sapere che nel 2037, avverrà il punto di cross-over in cui la massa antropica supererà la biomassa vivente globale, non può che impegnare i settori connessi alle trasformazioni dei processi produttivi e di vita, verso nuove forme di uso e captazione delle risorse, di gestione dei cicli di vita, di adattamento dei contesti in cui agiscono i prodotti di tali attività di filiera. “*L’architettura senza scarti e le tecnologie adattive per la decarbonizzazione*”, devono istruire nuovi percorsi di organizzazione funzionale della vita di sistemi antropici e naturali, ricollocando la loro posizione in un pianeta che con i suoi sistemi ambientali ha già ampiamente mostrato segnali di collasso; atmosfera, oceani, suoli hanno bisogno di essere riattivati nel loro ruolo fondamentale di primi biodigestori e pozzi naturali, nuovi dispositivi di preadattamento che competono al pari delle tecnologie più avanzate, adoperate dall’ecodesign più evoluto.

Inoltre il design rigenerativo, fa dell’approccio ecologico e sociale il carattere distintivo della sua capacità trasformativa e di transizione, con la tendenza a collocare l’efficacia dei servizi ecosistemici come lo spazio teorico e di codificazione per una nuova metrica. Eppure pare che la vera sfida verso la transizione sia quella capace di definire nuovi assetti teorici e applicativi, di interesse anche delle tecnologie per come intese, lavorando su un approccio rigenerativo fondato sull’approccio socio-ecologico.

2. I rifiuti si riprocessano da tempo, ma non sempre producono nuove filiere sostenibili e attivano catene del valore di tipo simbiotico, verso l’ecologia delle trasformazioni. Il design avanzato ed ecologico, serve proprio nel momento in cui, processi di riciclo e upcycling, divengono necessari per innescare nuovi cicli di vita e di gestione di risorse, recuperate in termini di materia ed energia.

Nel caso degli scarti di natura antropogenica, con particolare riferimento ai materiali per le costruzioni, le produzioni industrializzate, la necessità di avviare processi di trasformazione a zero impatto, fin dallo loro primo ciclo e consentire che i flussi materiali e energetici possano essere controllati, per ricollocarsi in sempre nuovi processi funzionali, di fatto modifica il settore stesso della produzione di componenti e

sistemi e innova tanto la pratica del progetto, quanto quella della trasformazione di materie prime e prime-secondarie. I temi del design per il disassemblaggio, il rapporto tra quantità di materia e configurazione del prodotto, dai concetti di prodotti monomateriali a materiali ibridi e avanzati, entrano a ragione nella condizione di “ri-processabilità dei rifiuti e degli scarti”, dal primo concept di design del prodotto, componente e sistema. Inoltre tutto il settore degli strumenti e delle tecnologie, del manifatturiero, per attivare processi di lavoro sul recupero delle materie dagli scarti, oppure per il trattamento dei rifiuti, diventa sempre più vicino all’ingegnerizzazione meccanica e logistica dei processi e alla capacità di macchine e cicli di lavorazione di colloquiare con l’ambito del design, per comprendere le necessità future dello stesso, di fornire prodotti e beni ad alte prestazioni di circolarità. Nell’architettura delle città circolari e adattive, questo significa, modificare le strategie di trasformazione dell’ambiente costruito e considerare la città stessa come la cava di tutti i flussi energetici, di risorse e di materia che governano tanto le fasi realizzative, quanto di uso e dismissione. L’Urban Mining, non produce scenari della dismissione, ma è esso stesso strategia di trasformazione delle città e dei territori, governata da un’azione continua e strategica delle operazioni affidate all’eco-design circolare.

Nel caso degli scarti provenienti da biomassa naturale, il ciclo proprio dei materiali biogenici, negli ecosistemi dove vivono e crescono, attiva una vera e propria condizione auto-rigenerativa e produttiva, capace di fornire energia e materia come risorse per cicli di vita di filiere differenti da quelle proprie. La partecipazione della materia naturale, alle trasformazioni della città, supera il concetto stesso di integrità dei sistemi naturali con quelli artificiali e in chiave più connessa alla produzione di prestazioni, aumenta le capacità stesse di tutti i sistemi antropogenici per renderli ancora più pronti all’attivazione di processi circolari, in tutti i cicli di vita in cui sono coinvolti per la minimizzazione degli impatti da rifiuto o scarto. Le tecnologie digitali, offrono la possibilità di lavorare con materiale naturale e biogenico, per comprenderne le caratteristiche, la versatilità all’ibridazione, quando attraverso i processi di ecodesign e di prototipazione, consentono la realizzazione di modelli digitali e di modelli fisici, dimostratori dell’innovazione nella ri-processazione dei nuovi prodotti, provenienti dalle filiere dello scarto o del rifiuto.

3. I materiali si possono coltivare da sempre. È indubbio, che dovendo lavorare con le prestazioni della materia prima–seconda, in scenari di upcycling, si torna a dare molto rilevanza ai processi di generazione della materia prima, dall'estrazione della risorsa vergine, fino alla sua trasformazione in materiale emesso da filiera produttiva. Fondamentalmente in questi anni, partendo proprio dall'unità minima del "mattoncino", si è tentato di sostituirlo, alleggerendone la sua materialità, per tentare di aumentare l'intensità carbonica, come capacità di stoccare la CO₂ e ridurre gli impatti delle filiere da costruzione sull'ambiente. Ma quando ci si riferisce "ai materiali da coltivare", si fa riferimento al contesto naturale in cui crescono i materiali di "natura biogenica"(a), o quelli di ibridazione bio–based (b).
 - a. Un modo importante per l'industria di contribuire alla transizione ecologica è quello di sostituire i materiali da costruzione convenzionali con materiali biogenici, che richiedono meno energia per essere prodotti e legano il carbonio atmosferico nella loro crescita, catturando e immagazzinando così efficacemente il carbonio al loro interno, per poi trasformarlo in risorsa per crescere o essere a sua volta convertita in altra forma. Nel testo è stato dato largo spazio ai materiali biogenici riferiti al micelio, anche per la sua versatilità nell'applicazione in differenti comparti industriali. Più di recente, la biomassa fungina ha trovato diverse applicazioni nei rivestimenti adesivi, nella costruzione di rivestimenti per il legno, nei pannolini usa e getta, nell'imballaggio di alimenti, nei materiali da costruzione in cartone, nei materiali da costruzione di pannelli di fibra, membrane di filtrazione e fogli di biopolimeri da cui si possono ricavare tessuti per l'abbigliamento e sostituti della pelle. Fondamentalmente, la meccanica di un particolare micelio si basa sulla natura biochimica dei suoi filamenti e sull'organizzazione topologica dei filamenti all'interno della rete. In generale, la natura fibrosa dei filamenti micelici è alla base dell'applicabilità della biomassa fungina in molte di queste applicazioni industriali. È stato osservato che le proprietà fisico–chimiche, meccaniche e termodinamiche dei biomateriali derivati dai miceli sono competitive con molti materiali convenzionali, permettendone l'uso con successo nel settore del cuoio, dell'edilizia, dell'architettura, del tessile e imballaggio, tra gli altri. I biocomposti di micelio in architettura in grado di sostituire strutture di mattoni, sono da anni utilizzati nelle loro più svariate configurazioni.

Il progetto pioniere Hy-Fi, realizzato dal team di The Living con il supporto di Ecovative, azienda americana, di fronte al MoMA di New York è di fatto una torre biodegradabile. Il “mattone di funghi” viene coltivato come fosse una pianta: si mescolano le bucce di mais sminuzate con il micelio che sarebbe l'apparato vegetativo sotterraneo che fruttifica producendo i classici funghi, e che è formato da un intreccio infinito di filamenti sono le ife. A seguire c'è la sperimentazione di Ginger Krieg Dosier, sul mattone di sabbia e batteri, inserito in uno stampo e poi alimentato con una soluzione nutritiva. Ancora, i bio-Blocks (in attesa di brevetto), presentati alla Biennale di Architettura di Chicago dallo studio di architettura Skidmore, Owings & Merrill (SOM) che adottano come sostituto del cemento, le microalghe, che sequestrano naturalmente l'anidride carbonica e subiscono un processo di biocementazione fotosintetica; secondo le stime offerte dallo studio, il materiale sarebbe capace di ridurre le emissioni globali di CO₂ dell'8%. In Germania invece, dove raccogliere la posidonia oceanica non è vietato e non è specie protetta, le sue fibre sono utilizzate in sfere per costituire materiali isolanti. Il materiale isolante di posidonia prende il nome dalla NeptuTherm eK, che lo sta già commercializzando e distribuendo con successo, insufflandolo come si fa per il sughero sciolto.

- b. Le preoccupazioni per il cambiamento climatico e l'esaurimento delle risorse fossili sono i fattori che spingono ad aumentare gli sforzi per una transizione globale dai prodotti a base fossile a quelli biobased. Lo sviluppo di sistemi di bioenergia e bioprodotto, tuttavia, deve affrontare sfide in termini di utilizzo delle risorse, impatto ambientale e costi di produzione. Per questo diviene fondamentale identificare le aree chiave per ridurre i costi e gli impatti ambientali dei prodotti biobased (quali biochimici, bioplastiche, bioadesivi, bicarbonati, nanocellulosa, biochar e carbone attivo, i PCM biobased...).

Una particolare condizione di interesse, proprio per il loro carattere di “coltivabilità”, destano i materiali a cambiamento di fase (PCM), di tipo “biobased” /bPCM, che sono considerati i materiali più ecologici e a basso costo, perché provengono da risorse ecologiche e riciclabili. Ad esempio, gli scarti agroalimentari e di biomassa sono utilizzati principalmente per produrre bPCM che includono materiali di scarto come olio di soia, olio di palma, olio di palmisto, olio di cocco e grasso

animale. La letteratura indica che i vantaggi dell'uso di bPCM rispetto ad altri tipi di PCM includono, ma non solo, la minimizzazione delle problematiche ambientali, la promozione della sostenibilità e la riduzione dell'impronta di carbonio. Al contrario, l'uso di PCM a base di petrolio, come la paraffina, contribuisce al riscaldamento globale attraverso la combustione indiretta di combustibili fossili. Tuttavia, lo sviluppo sostenibile, richiede PCM rinnovabili che possano garantire la conservazione delle risorse naturali e dell'energia per raggiungere gli obiettivi di sviluppo sostenibile (SDGs). Di conseguenza, i bPCM stanno guadagnando una notevole attenzione da parte di ricercatori e professionisti in tutto il mondo, poiché i componenti non commestibili delle colture alimentari e i sottoprodotti delle industrie agroalimentari vengono riutilizzati come potenziali PCM.

In conclusione, possiamo riferire quanto sia importate, anche in questo caso, come per i processi di upcycling da rifiuto, l'adozione di tecnologie digitali, unitamente alla chimica di questi "nuovi materiali viventi", possano utilizzare il campo di sperimentazione della prototipazione, come contesto produttivo innovativo dove indagare nuove possibilità di materia, forma, struttura e profilo prestazionale ad alta intensità di carbonio e bassa impronta. *Non si tratta di un processo di artificializzazione della natura*, ma di una nuova modalità di design ibrido e di condizione performativa della materia e delle sue possibilità riparatrici verso quei sistemi che spesso la generano, trasferendo un nuovo concetto di architettura organica, di costruzioni biomimetiche, per struttura e comportamento.

4. Il riferimento tra fenomeni e processi generativi biologici e innovazioni tecnologiche, segue i concetti di esattazione, più propriamente di "esattazione tecnologica". Il campo di applicazione alla circolarità dei processi per scenari di adattamento, impone peraltro una condizione di particolare riconoscimento per tutte le più utili formulazioni di "resilienza trasformativa". È facile interpretarne tale necessità alla luce di quanto discusso fin qui. L'upcycling, per gli scenari di cambiamento, realizza "la circolarità nella transizione", per specifiche forme di adattamento, andando oltre i più battuti confini teorici e sperimentali dello stesso. Il termine *exaptation* è stato introdotto come correttivo alle argomentazioni eccessivamente adattative

della biologia evolutiva (ad esempio, Barve & Wagner, 2013; Gould & Vrba, 1982; Pigliucci & Kaplan, 2000), ma in un parallelo diretto con il preadattamento biologico, Mokyř (1990) ha osservato che “molte grandi invenzioni sono state preadattive [preaptive nei termini di Gould], nel senso che sono state progettate per risolvere un piccolo problema locale e si sono trasformate in qualcosa di completamente diverso. Sulla base di questo lavoro, le preaptazioni tecnologiche sono innovazioni sviluppate per uno scopo e poi cooptate per un altro. L’Upcycling, quindi, supera il concetto stesso di esattazione tecnologica (valida per il recycle, per esempio), per ripercorrere il concetto di preaptazione, interpretando il significato e il valore per cui, un secondo e terzo ciclo di vita consentono la realizzazione di nuovi prodotti e sistemi, con un certo livello di innovazione, che si rivolge anche a tecnologie differenti da quelli esistenti, in un campo dell’innovazione molto evoluto. Quindi con l’upcycling, molte delle sue nuove forme, possono avvenire anche esplorando in un campo assolutamente non prevedibile e pertanto sconosciuto, rendendo l’upcycling una pratica molto vicina ai sistemi più naturali, biologici, piuttosto che tecnologici. Di qui le ragioni che hanno spinto gran parte di questo testo a mettere in evidenza la forte relazione prototipologica tra processi di upcycling e materia biogenica e strutture naturali. Il valore narrativo di tali esperienze è sempre capace di esprimere nuovi linguaggi. L’architettura senza scarto è anche l’architettura degli scarti, così come per anni l’architettura dimentica dei comportamenti naturali, ha prodotto un’innovazione scarica di significati volti al benessere dei nostri sistemi antropici, biofisici ma anche naturali. In logica di decarbonizzazione, l’upcycling e le filiere strategicamente prodotte con la sua applicazione, si pongono come il nuovo sistema paradigmatico e funzionale per un “eco–design driven innovation”; occorre quindi comprenderne fino in fondo le capacità e possibilità sperimentali per organizzare un nuovo sistema di definizioni e soluzioni in ambito di progetto rigenerativo e bioclimatico, secondo una ritrovata espressione transdisciplinare.

CONSUELO NAVA

Responsabile scientifico ABITAlab

Dipartimento Architettura e Territorio – dArTe

Università Mediterranea di Reggio Calabria

I

**GESTIONE CIRCOLARE
E PROCESSI D'INNOVAZIONE IN UPCYCLING**

